

Fundamentos de las **INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES (IDE)**

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

Miguel A. Bernabé-Poveda
Carlos M. López-Vázquez



UPM

Press

POLITÉCNICA



Miguel A. Bernabé-Poveda

ma.bernabe@upm.es

Doctor en Ciencias de la Educación (UNED, 1994). Licenciado en Bellas Artes (Universidad de la Laguna, España, 1982). Ingeniero Técnico en Topografía (Universidad Politécnica de Madrid, 1969). Catedrático de Escuela Universitaria. Ex-Director del Grupo de Investigación Mercator (UPM) y Presidente de la Red LatinGEO. Ha formulado y participado en proyectos y docencia relacionados con IDE, Visualización de la información geográfica, Cartotecas virtuales, Cartografía aérea y Representación del tiempo cronológico, entre otros.



Carlos M. López-Vázquez

carlos.lopez@ieee.org

Doctor en Geoinformática (Royal Institute of Technology, Estocolmo, Suecia, 1997). Magister en Mecánica de los fluidos aplicada (1993) e Ingeniero Industrial-opción Mecánica (1987), ambos por la Universidad de la República, Uruguay. Investigador Nivel I de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación. Senior Member de la IEEE. Profesor de la Maestría en Ingeniería (perfil Geomática) de la Universidad ORT. Encargado del Laboratorio LatinGEO-Uruguay, y secretario de la Red LatinGEO. Director-Gerente de The Digital Map Ltda. Ha sido responsable técnico del proyecto ClearingHouse en Uruguay, y consultor en el proyecto IDE-UY. Ha formulado y participado en proyectos académicos relacionados con IDE, así como en docencia en el área de Cartografía Numérica, Calidad de Datos y Gestión de Incertidumbre.

FUNDAMENTOS DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES

Miguel A. Bernabé Poveda
Carlos M. López Vázquez
(Eds.)

Coordinadores de Bloques

Oscar Abarca
Analía Argerich
Miguel A. Bernabé
Tatiana Delgado
Diego Erba
Carlos M. López
Juan E. Rickert





UPM Press es la editorial digital de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).Calle del Pastor, nº 3.
28003 Madrid.

Teléfono:+34 91 533 99 78.

www.upmpress.es / upmpress@fgupm.es.

UPM Press promueve la excelencia en investigación y educación mediante la publicación de libros en las áreas científicas de la Universidad Politécnica de Madrid.

UPM Press colabora en el mantenimiento y uso responsable del medio ambiente no produciendo stocks ineficientes al editar bajo demanda.

Título: Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales.

Autores: Miguel Ángel Bernabé Poveda y Carlos Manuel López Vázquez.

SERIE CIENTÍFICA UPM Press, 596 pág. (17 x 24 cms).

Editado y publicado por UPM Press, 1ª edición, año 2012.

Impreso en España por Ulzama Digital. www.ulzama.com

AVISO LEGAL. Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de la obra por cualquier procedimiento mecánico o electrónico de esta obra sin el permiso escrito de los titulares del copyright.

© del texto: Autores de cada capítulo.

© Realización editorial, técnica y contenidos de esta edición: UPM Press, 2012.

© Diseño de cubierta: Servicio de Programas Especiales y Diseño Gráfico de la Universidad Politécnica de Madrid.

ISBN 978-84-939196-6-5

Depósito Legal: -M-25791-2012

ÍNDICE

<i>Prólogo</i>	11
<i>Prefacio: ¿Por qué este libro?</i>	17
BLOQUE 1: COMPARTIR LA INFORMACIÓN.....	29
<i>Capítulo 1. Compartir datos geográficos</i>	31
1.1. ¿Se necesita la cartografía?.....	32
1.2. La globalización.....	33
1.3. Publicar datos públicos.....	35
1.4. ¿Porqué compartir información geográfica?.....	36
1.5. Algunos ejemplos de información compartida	39
1.6. Conclusiones.....	40
<i>Capítulo 2. Compartir: la solución está en las infraestructuras de datos espaciales (IDE)</i>	41
2.1. ¿Qué es una IDE?.....	42
2.2. Los elementos de una IDE	43
2.3. ¿Quién puede generar una IDE?	45
2.4. ¿Quién puede usar las IDE?	47
2.5. El modelo cliente-servidor.....	49
2.6. Proyectos IDE en el mundo.....	51
2.7. Conclusiones.....	52
<i>Capítulo 3. Componentes de una IDE</i>	55
3.1. ¿Cómo se organiza un proyecto IDE?	56
3.2. El componente político	57
3.3. El componente tecnológico	58

3.4. El componente geográfico	60
3.5. El componente social.....	63
3.6. Conclusiones.....	64
BLOQUE 2: LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	67
<i>Capítulo 4. Características de la información geográfica</i>	<i>69</i>
4.1. Introducción	70
4.2. Datos e Información Geográfica	71
4.3. La información geográfica georreferenciada	73
4.4. Conclusiones.....	81
<i>Capítulo 5. La toma de datos geográficos</i>	<i>83</i>
5.1. Introducción	84
5.2. Geodesia, Topografía y GNSS	85
5.3. Fotogrametría.....	88
5.4. Teledetección.....	90
5.5. Modelos Digitales del Terreno	92
5.6. Conclusiones.....	93
<i>Capítulo 6. El tratamiento de los datos geográficos.....</i>	<i>95</i>
6.1. Introducción a los SIG. Definiciones.....	96
6.2. Información vectorial. Conceptos generales.....	98
6.3. Información raster. Conceptos generales.....	101
6.4. Comparación entre formato raster y vector.....	103
6.5. Conversión del formato raster al formato vector	104
6.6. Aplicaciones	105
<i>Capítulo 7. Almacenamiento de la información geográfica.....</i>	<i>107</i>
7.1. Introducción	108
7.2. Información geográfica vectorial.....	109
7.3. Información geográfica raster o de cuadrícula	111
7.4. Bases de Datos Espaciales	112
7.5. Conclusiones.....	116
<i>Capítulo 8. La explotación de la información geográfica.....</i>	<i>117</i>
8.1. Introducción	118
8.2. Análisis espacial y el manejo de IG.	118
8.3. Métodos de análisis de primer orden para identificar y comparar patrones en da tos vectoriales.....	124
8.4. Análisis de redes	127
8.5. Conclusiones.....	129

<i>Capítulo 9. La representación de la información geográfica.....</i>	<i>131</i>
9.1. Introducción	132
9.2. Visualización de la información geográfica.....	135
9.3. Algunos errores frecuentes en la representación cartográfica.....	140
9.4. Conclusión.....	142
<i>Capítulo 10. Documentación de la información geográfica: los metadatos.....</i>	<i>145</i>
10.1. Introducción	146
10.2. Los metadatos geográficos en el marco de las IDE	146
10.3. Los metadatos geográficos como un proceso de gestión de información.....	148
10.4. Importancia de la gestión de la calidad de los metadatos geográficos.....	150
10.5. Utilidad de los metadatos geográficos para la gestión de IG	152
10.6. Conclusiones.....	153
<i>Capítulo 11. Metadatos de la información geográfica: normativas, implementación y publicación</i>	<i>155</i>
11.1. Introducción	156
11.2. Conceptos básicos	157
11.3. Los metadatos geográficos en el marco de las IDE	158
11.4. Normas de metadatos.....	158
11.5. Herramientas para la gestión de metadatos	162
11.6. Ideas clave para implementar metadatos	163
11.7. Publicación de metadatos: el catálogo.....	163
11.8. Conclusiones.....	165
<i>Capítulo 12. Toponimia y nomenclátors.....</i>	<i>167</i>
12.1. Introducción	168
12.2. La Toponimia.....	168
12.3. Los Nomenclátors Geográficos.....	171
12.4. Elementos de un Nomenclátor Geográfico	173
12.5. Utilidad de los nomenclátors	174
12.6. Directrices básicas para la elaboración de un nomenclátor geográfico.....	176
12.7. Conclusiones.....	177
<i>Capítulo 13. Interoperabilidad semántica de la información geográfica: caso general.....</i>	<i>179</i>
13.1. Introducción	180
13.2. Contextualización de la interoperabilidad semántica.....	181
13.3. Recursos semánticos	184
13.4. Ontologías en el ámbito geográfico.....	188
13.5. Conclusiones.....	189
<i>Capítulo 14. Interoperabilidad semántica de la información geográfica: caso de la geometría.....</i>	<i>191</i>
14.1. Introducción	192

14.2. Conflación geométrica de datos vectoriales.....	194
14.3. Programa de Mejora de Exactitud Planimétrica (ProMEP)	197
14.4. Conclusiones.....	201
<i>Capítulo 15. La autenticidad e integridad de la información geográfica</i>	<i>203</i>
15.1. Introducción	204
15.2. Tecnologías implicadas: firma digital y marca de agua.....	207
15.3. Conclusiones.....	215
<i>Capítulo 16. Información espacial aportada por voluntarios</i>	<i>217</i>
16.1. Introducción	218
16.2. Geografía digital, un espacio de colaboración	218
16.3. La Web 2.0 y los datos geográficos.....	220
16.4. Consideraciones finales.....	224
BLOQUE 3: LOS ESTÁNDARES PARA LAS IDE	227
<i>Capítulo 17. Interoperabilidad y estandarización de la información geográfica</i>	<i>229</i>
17.1. Introducción	230
17.2. Estandarización	230
17.3. Conclusiones.....	237
<i>Capítulo 18. Modelos de datos para las IDE.....</i>	<i>239</i>
18.1. Introducción	240
18.2. Modelos y bases de datos.....	240
18.3. Lenguajes de modelado de datos.....	247
18.4. Norma ISO 19107	251
18.5. Conclusiones.....	252
<i>Capítulo 19. ISO/TC 211 y las normas de la información geográfica</i>	<i>253</i>
19.1. Introducción	254
19.2. El Comité técnico ISO/TC 211 y la Serie ISO 19100	254
19.3. Marco y modelo de referencia.....	256
19.4. Normalización de los servicios de información geográfica	259
19.5. Normalización de la administración de datos.....	260
19.6. Normalización del modelo de datos y operadores	262
19.7. Normalización de perfiles	262
<i>Capítulo 20. Open Geospatial Consortium (OGC).....</i>	<i>265</i>
20.1. Introducción	266
20.2. El Open Geospatial Consortium	266
20.3. Introducción a los estándares de OGC	267
20.4. Estándares OGC para visualizar datos	270

20.5. Estándares OGC para el acceso a datos.....	271
20.6. Estándares OGC para codificación de datos	272
20.7. Estándares OGC para catálogos y registros	273
20.8. Estándares OGC para el procesado de datos	274
20.9. Conclusiones.....	274
<i>Capítulo 21. Lenguajes Geoespaciales.....</i>	<i>275</i>
21.1. Introducción	276
21.2. Servicios, protocolos y lenguajes geoespaciales	276
21.3. Lenguaje Extensible de Marcado (XML)	278
21.4. Lenguaje de Marcado Geográfico (GML)	280
21.5. El Lenguaje de Marcado Keyhole (KML)	283
21.6. Conclusiones.....	285
<i>Capítulo 22. Arquitectura de una IDE.....</i>	<i>287</i>
22.1. Introducción y definiciones	288
22.2. Arquitectura basada en estándares OGC y normas ISO	290
22.3. Modelo de arquitectura básica para una IDE.....	292
22.4. Servicios adicionales en la arquitectura de una IDE.....	296
22.5. Ejemplos de arquitecturas de IDE en Latinoamérica y España.....	297
22.6. Conclusiones.....	298
<i>Capítulo 23. Introducción a las Arquitecturas Orientadas a Servicios en el contexto de IDE.....</i>	<i>299</i>
23.1. Introducción	300
23.2. Principios de la Arquitectura Orientada a Servicios.....	300
23.3. Modelo de referencia de servicios en SOA	301
23.4. SOA como paradigma de IDE.....	305
23.5. Servicios geoespaciales	306
23.6. Conclusiones.....	307
BLOQUE 4: LOS GEOSERVICIOS DE UNA IDE.....	309
<i>Capítulo 24. Introducción al software libre para las IDE.....</i>	<i>311</i>
24.1. ¿Qué es el <i>software</i> libre?	312
24.2. Ventajas, mitos y realidades del <i>software</i> libre	315
24.3. Geomática libre.....	316
24.4. Conclusiones.....	320
<i>Capítulo 25. Hardware para un nodo IDE.....</i>	<i>321</i>
25.1. Introducción	322
25.2. Centro de proceso de datos (CPD).....	322
25.3. Entornos de desarrollo, preproducción y producción.....	326
25.4. Arquitectura de sistemas. Redundancia y escalabilidad	327

25.5. Sistemas de almacenamiento.....	328
25.6. Tareas del equipo de operación	330
25.7. Conclusiones.....	332
<i>Capítulo 26. Los geoservicios mínimos de una IDE.....</i>	<i>333</i>
26.1. La necesidad de definir un conjunto de servicios mínimos.....	334
26.2. Los datos mínimos	336
26.3. Los geoservicios mínimos	337
26.4. El <i>software</i> mínimo, del lado del servidor.....	338
26.5. El <i>software</i> mínimo, del lado del cliente	342
26.6. El prototipo de geoportal	342
26.7. Conclusiones.....	344
<i>Capítulo 27. CSW y WMS: Localizar y visualizar mapas e imágenes.....</i>	<i>345</i>
27.1. Introducción	346
27.2. El servicio de catálogo (CSW)	346
27.3. El servicio de visualización de mapas e imágenes	349
27.4. Integración de los clientes de catálogo y visualización	353
27.5. Conclusiones.....	354
<i>Capítulo 28. WFS y WCS: Servicios de Información Geográfica en la Web</i>	<i>357</i>
28.1. Introducción	358
28.2. Las fuentes de información geográfica	358
28.3. El servicio web de entidades geográficas (WFS)	359
28.4. El servicio web de coberturas (WCS).....	364
28.5. Algunas fuentes de información.....	367
28.6. Conclusión.....	368
<i>Capítulo 29. Otros geoservicios: procesos y sensores en la Web</i>	<i>371</i>
29.1. Servicios de proceso remotos	372
29.2. El estándar WPS.....	373
29.3. Introducción a SWE.....	376
29.4. Utilidad de SWE.....	377
29.5. Especificaciones OGC.....	377
29.6. Conclusiones.....	378
<i>Capítulo 30. Ampliación al servicio web de geoprocesamiento.....</i>	<i>381</i>
30.1. Introducción	382
30.2. Evolución de los servicios de procesamiento geoespacial distribuido	383
30.3. Servicios de procesamiento geoespacial distribuido OGC.....	384
30.4. Estándar de servicio web de procesamiento (WPS).....	385
30.5. Algunos servicios disponibles en IDE reconocidas	388
30.6. Conclusiones.....	390

<i>Capítulo 31. Los geoportales. Perspectiva desde la usabilidad</i>	393
31.1. Introducción	394
31.2. Diseño Centrado en el Usuario.....	395
31.3. La usabilidad de los geoportales.....	399
31.4. Conclusiones.....	402
BLOQUE 5: ACTUACIONES Y NUEVOS RETOS	405
<i>Capítulo 32. Aplicaciones típicas de las IDE</i>	<i>407</i>
32.1. Introducción	408
32.2. Casos de aplicación	408
32.3. Conclusiones.....	421
<i>Capítulo 33. Una aplicación específica de las IDE: la información aeronáutica</i>	<i>423</i>
33.1. Introducción	424
33.2. La información aeronáutica.....	424
33.3. La gestión actual de la IA.....	427
33.4. El concurso de las IDE en la transición hacia una gestión global.....	429
33.5. Conclusiones y perspectivas futuras.....	433
<i>Capítulo 34. Educación y formación en el contexto de las IDE</i>	<i>435</i>
34.1. Introducción	436
34.2. La Educación en el desarrollo de las IDE.....	436
34.3. Formación en IDE	439
34.4. Conclusiones.....	442
<i>Capítulo 35. Evaluación de una IDE desde su caracterización hasta su impacto en la sociedad</i>	<i>443</i>
35.1. Introducción. La evaluación de una IDE: conceptos y realidades.....	444
35.2. ¿Qué significa la evaluación de una IDE?.....	444
35.3. Evaluar para mejorar	446
35.4. Caracterización de la IDE (Línea Base).....	446
35.5. Evaluación del desempeño de la IDE.....	448
35.6. Evaluación del uso de productos y servicios de la IDE	449
35.7. Evaluación del impacto de la IDE	449
35.8. Un enfoque pragmático.....	450
35.9. Conclusiones.....	452
<i>Capítulo 36. Las IDE y el Gobierno Electrónico: esbozando perspectivas futuras</i>	<i>453</i>
36.1. Introducción	454
36.2. Infraestructura de Datos Espaciales.....	454
36.3. Gobierno Electrónico	456
36.4. IDE y GE: Algunas consideraciones	459
36.5. Conclusiones.....	461

<i>Capítulo 37. El programa GeoSUR: contribución efectiva para el desarrollo de las IDE en América Latina</i>	463
37.1. Introducción	464
37.2. Arquitectura de GeoSUR	466
37.3. El portal regional de América Latina.....	467
37.4. La red de geoservicios para despliegue de información.....	468
37.5. La red de geoservicios para descripción de información	469
37.6. Geoservicios regionales de procesamiento de datos	469
37.7. Conclusiones.....	471
<i>Capítulo 38. CP-IDEA: Actualidad y perspectiva cercana</i>	473
38.1. Introducción	474
38.2. Las IDE en el Mundo.....	474
38.3. Creación del CP-IDEA	475
38.4. Los Objetivos del CP-IDEA.....	476
38.5. Composición del CP-IDEA.....	476
38.6. Estructura	477
38.7. Relaciones de CP-IDEA con otras organizaciones.....	477
38.8. Las IDE en las Américas.....	479
38.9. Presente de CP-IDEA.....	479
38.10. Conclusiones.....	481
<i>Capítulo 39. Próximos retos tecnológicos y políticos de las IDE</i>	483
39.1. Introducción	484
39.2. Tendencias tecnológicas de las IDE en el contexto de las TIC.....	484
39.3. Desafíos políticos de las IDE	489
39.4. Conclusiones.....	490
<i>Listado de Figuras y Tablas</i>	493
<i>Acrónimos</i>	501
<i>Glosario de Términos</i>	515
<i>Lista de Autores</i>	517
<i>Referencias Bibliográficas</i>	535
<i>Referencias a páginas web</i>	569
<i>Finis coronat opus</i>	595

PRÓLOGO

La gestión científica del conocimiento de la información territorial, o lo que es lo mismo, de los fenómenos naturales y sociales que pueden ser ubicados espacialmente, considerando la distribución espacial de los mismos y las interrelaciones que se producen entre ellos, ha experimentado una evolución continua, paralela a la evolución de la humanidad.

El conocimiento de la información territorial lo tratan diversas disciplinas científicas, pero la forma de manifestar los resultados de éstas tiene, casi siempre, como factor común la utilización de la representación cartográfica, basada en ciencia cartográfica. La Cartografía es una ciencia, y un arte, que auxilia a otras disciplinas científicas a expresar el conocimiento que aportan sobre fenómenos naturales o sociales que se pueden ubicar espacialmente. En este sentido la representación cartográfica siempre tiene una finalidad ligada a la ciencia, arte o técnica a la que sirve, así distinguiremos mapas topográficos, mapas turísticos, mapas edafológicos, mapas demográficos, etc.

La Cartografía, y los mapas, han evolucionado en forma continua, junto con las restantes ciencias y técnicas, pero como disciplina científica, a través de los tiempos, ha experimentado cambios paradigmáticos directamente relacionados con el sentido del servicio que prestan.

Desde su inicio la Cartografía, y su instrumento el mapa, tiene como finalidad aportar información geográfica que ayude a la toma de decisiones. Pero sus características principales son que aporta una gran cantidad de información de la manera más concisa posible, tanto que la manera tradicional de representar el mapa con toda la descripción de un territorio en una hoja de papel, permite que éste pueda transportarse, doblarse, guardarse y, si se quiere, esconderse; y, simultáneamente, lo hace utilizando un “lenguaje de comunicación” que exige de su usuario una capacidad de lectura e interpretación del mismo, por lo que el mapa nace orientado a un uso y como herramienta para la transmisión del conocimiento te-

rritorial. En consecuencia, el inicio del uso de los mapas pone en marcha el paradigma de la cartografía al servicio del conocimiento de un usuario, o grupo de usuarios, y, en definitiva, el mapa como instrumento de poder o conocimiento específico. Este paradigma, por el que los mapas constituyen instrumentos de poder, se ha extendido desde la época prehistórica hasta mediado el siglo XX.

La metodología que utiliza la Geografía, como ciencia que estudia la descripción de la Tierra, que utiliza el mapa como instrumento natural para expresar el resultado del análisis geográfico, se basa en localizar los fenómenos de interés, y analizar su distribución y las conexiones y relaciones existentes entre ellos, así como su variación en el tiempo. Pero también otras ciencias necesitan situar los fenómenos que tratan y, sobre todo, establecer la localización de los mismos, y analizar su distribución y las conexiones y relaciones existentes entre ellos, siendo por tanto el mapa herramienta fundamental en las mismas. Por tanto, la Cartografía siempre ha constituido una ciencia horizontal utilizada por otras muchas ciencias que, mediante una labor de análisis y síntesis fundamental, ayuda en la comprensión del territorio y de los sucesos que sobre él acontecen. El mapa tiene la virtud de comunicar “de un solo vistazo” la información sintética que se pretende comunicar, y solamente ella. Esto hace de los mapas una herramienta imprescindible para la toma de decisiones.

Durante el siglo XIX, la disponibilidad de una producción sistemática de cartografía facilitó la extensión del uso de la disciplina cartográfica como instrumento para el análisis y presentación de información temática, y esto ayudó a que se produjera un cambio en el paradigma en la prestación de servicios cartográficos, ya que los mapas pasan a servir para que, en el ámbito de otra Ciencia, otros cartógrafos especializados interpreten, abstraigan y modelicen la información temática propia de dicha Ciencia, la ubiquen y la representen cartográficamente en la forma más adecuada para dicha información. Podemos decir que en el siglo XIX comienza la socialización del uso de la cartografía.

Pero el proceso cartográfico requiere la consideración del hecho geográfico, la interpretación del fenómeno geográfico mediante el que se manifiesta, la abstracción y modelización del fenómeno en un objeto geográfico representable cartográficamente, y su simbolización cartográfica adecuada con la finalidad de destacar el fenómeno en el conjunto del mapa. Todo este proceso de abstracción y síntesis geográfica requiere un conocimiento y metodología muy específicos, que hacía necesaria la intervención en él del cartógrafo. Pero en la segunda mitad del siglo XX, la aplicación de las Tecnologías de la Información (TI) a la gestión y análisis de datos, con la capacidad de gestión de grandes cantidades de datos y la rapidez y repetibilidad en la realización de dicha gestión y análisis, ha facilitado espectacularmente los procesos que la desarrollan y, en consecuencia, la toma de decisiones. Así, el desarrollo y aplicación de los sistemas de información, como método o secuencia de procedimientos de modelado de información captada del mundo real que nos permite obtener una nueva información útil para la toma de decisiones, ha permitido que sean los sistemas informáticos quienes asuman el papel de almacenar organizadamente y procesar

la información para, mediante un adecuado análisis y procesamiento, extraer resultados que ayudarán a la toma de decisiones. Ahora bien, cuando la información de entrada que maneja un Sistema de Información es información geográfica, por tanto correspondientes a fenómenos geográficos que tienen existencia en un marco específico espacial, el Sistema se denomina Sistema de Información Geográfica.

Por tanto, con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se ha pasado al paradigma de la información geográfica al servicio del conocimiento, y bajo el control directo, de aquellos usuarios, o grupos de usuarios, que son capaces de introducir en los sistemas informáticos esta capacidad de análisis y gestión mediante los sistemas de información geográfica. Pero, conforme ganan en complejidad los sistemas y, sobre todo, se requiere de más variedad y cantidad de información geográfica de entrada procedente de fuentes exteriores, el usuario final del Sistema pasa a depender más de los especialistas en las tecnologías de la información y de las comunicaciones y de las organizaciones responsables de los datos de entrada exteriores. Y lo que es peor, estamos en un paradigma en el que, mediante el Sistema de Información Geográfica, trabaja “la máquina”; pero ésta no se comunica directamente con “las máquinas” que gestionan los sistemas de información geográfica que producen y mantienen la información geográfica que constituye parte de la entrada de datos a nuestro sistema. En definitiva estamos en un paradigma de Sistemas de Información Geográfica que constituyen islas, y el enlace entre ellas requiere de la intervención humana. Este no es la situación óptima, ya que si ponemos a trabajar a las máquinas pongámoslas a trabajar por completo, comunicándose entre ellas.

La alternativa a la acumulación de información en un sistema, con los problemas que esto conlleva, es la interoperación de los sistemas mediante la Red Internet.

Pero esto, que dicho así parece sencillo, requiere unas condiciones mínimas que aseguren la interoperabilidad. Por tanto, la solución es establecer la Red interoperable de Sistemas de Información Geográfica, mediante el cumplimiento de normas y especificaciones pactadas, a través de organizaciones internacionales de estandarización, entre todos los proveedores de datos y servicios geográficos y los usuarios de los mismos. Este tipo de Red de Sistemas se denomina Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) cuando está estructurada de forma que permite acceder vía Internet a:

- Datos georeferenciados distribuidos en diferentes sistemas de información geográfica, conforme a un mínimo de protocolos y especificaciones normalizadas.
- Los metadatos que proporcionan información sobre dichos datos (quién los ha generado, para qué, bajo qué condiciones pueden ser utilizados por otros, con qué calidad se han generado, etc.).
- Servicios proporcionados a partir de los datos accesibles en la Infraestructura; bien proporcionados por los productores de los datos o por otros proveedores de servicios.

Este acceso debe permitir la interoperabilidad; esto es, la realización de servicios combinados y encadenados a partir de los datos y servicios básicos disponibles en la Infraes-

estructura. Esta capacidad de publicar los datos propios y, sobre todo, de interoperar con los datos y servicios publicados por otros supone un cambio radical del paradigma de la ciencia cartográfica, en cuanto a prestación de servicios, pasando a constituirse en eje de la misma la interoperabilidad de los servicios de información geográfica.

Pero no basta con conseguir la interoperabilidad en base a la interacción humana que busca, selecciona e interopera; el cambio de paradigma se habrá alcanzado cuando sean los propios sistemas de información que utilizan información geográfica, los que busquen, seleccionen e interoperen los datos y servicios de información geográfica disponibles en las infraestructuras de datos espaciales, para conseguir completar los procesos para los que se han concebido, entregando al usuario del sistema información de base geográfica ya elaborada en la forma adecuada para su toma de decisión.

Esta forma de trabajar interoperando y aprovechando los servicios de información geográfica que proporcionan otros, está cambiando la mentalidad y los modelos de actuación en relación con la información geográfica. De la consideración del valor intrínseco del dato geográfico se está pasando a la consideración del valor de los servicios que se pueden proporcionar a partir de dichos datos geográficos. Esto lleva a tomar conciencia de que el valor del dato no debe frenar el desarrollo de la cadena de servicios, de valor añadido, que tengan como origen dicho dato, ya que los pocos análisis de impacto que se han realizado hasta la fecha corroboran que es muy superior el beneficio económico que se genera en esa cadena de servicios de valor añadido que el valor de los datos geográficos necesarios para dichos servicios, que normalmente viene dado por su coste de generación y actualización.

Este cambio de modelo de actuación, en Europa, se ve apoyado por la aprobación de figuras legales que impulsan el acceso público a los datos geográficos:

- Directiva Europea Reutilización de la Información del Sector Público, transpuesta al marco legal español por la Ley 37/2007, de 16 de noviembre, sobre reutilización de la información del sector público, que obliga a:
- Directiva 2007/2/CE INSPIRE, de 14 de marzo, por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea, que obliga a los Estados Miembros a establecer al menos un portal nacional de infraestructura de datos espaciales que permita el acceso a todos los datos y servicios de información geográfica considerados por dicha Directiva.

También se ve apoyado por el hecho de que, al facilitarse de forma muy significativa la interoperabilidad de los servicios de información geográfica, es necesario considerar fuertemente la conveniencia de armonizar la información geográfica generada por distintos productores, lo que en muchos casos se traduce en planes o programas de producción conjunta de información geográfica.

Pero, sobre todo, el cambio de paradigma que implican las Infraestructuras de Datos Espaciales -al ser su fundamento el trabajo en Red y la interoperación- es el cambio del “egoísmo” del Sistema de Información Geográfica creado y mantenido para resolver el problema específico de una organización, al entorno de colaboración, compartición e inte-

roperación de la Infraestructura de Datos Espaciales, en la que su sustancia se basa en que todos aporten datos y servicios, aprovechen los aportados por otros, y utilicen y desarrollen las normas y estándares que aseguran la interoperabilidad entre ellos.

Esto lleva a que en el entorno de las Infraestructuras de Datos Espaciales se constituyan redes colaborativas de conocimiento y desarrollo, de forma que lo que uno aporta a la red otro lo aprovecha y desarrolla a su vez, consiguiéndose una difusión del conocimiento y avance tecnológico y metodológico mucho más rápido.

El presente libro Fundamentos de IDE es un magnífico ejemplo de esto. Su finalidad es colaborar a ampliar la red de conocimiento y uso de las infraestructuras de datos espaciales, ayudando a los que inician su andadura con los servicios accesibles a través de estas redes. Pero, sobre todo, trata de poner en común, y en español, el conocimiento y el saber hacer de diversos expertos iberoamericanos en las materias, tecnologías, estándares y métodos necesarios para las infraestructuras de datos espaciales. Como estas mismas, el libro es una obra colectiva y colaborativa, en la que cada autor aporta una parte de conocimiento y experiencia, pero es la suma de lo aportado por todos ellos lo que da al lector interesado en esta materia una perspectiva global de que es, de cómo le puede ayudar y de que puede aportar él a una infraestructura de datos espaciales.

Los 39 capítulos del libro plantean y analizan los diversos aspectos que se deben conocer y utilizar, como productores de datos y servicios, para desarrollar e interoperar con las infraestructuras de datos espaciales. La utilización de las infraestructuras de datos espaciales como usuarios de sus servicios es mucho más sencilla, y cualquier usuario habituado a Internet puede utilizarlas sin necesidad de conocimientos específicos. Pero, en cualquier caso, también para ellos sería bueno conocer lo que plantea este libro, ya que todos podemos hacer un mejor uso de cualquier recurso que se ponga a nuestro alcance si tenemos ocasión de conocer sus características detalladamente.

Madrid, enero de 2012

Sebastián Mas Mayoral

smas@fomento.es

Director del Centro Nacional de Información Geográfica de España

Presidente del Comité Técnico de Normalización

AEN/CTN 148 “Información Geográfica Digital” (AENOR)

PREFACIO: ¿POR QUÉ ESTE LIBRO?

Miguel A. Bernabé ¹, Carlos López-Vázquez ²

¹LatinGEO, Grupo de Investigación Mercator, Universidad Politécnica de Madrid, España.

²Laboratorio LatinGEO del Servicio Geográfico Militar y la Universidad ORT, Uruguay

¹ma.bernabe@upm.es ²carlos.lopez@ieec.org

0.1 Para dar a conocer las IDE

Muchos fenómenos geográficos que influyen en la **toma de decisiones** sobre el territorio no tienen relación con las artificiales fronteras humanas. Su estudio, en base a la cartografía existente que los determina, se dificulta si las cartografías de las regiones o países por los que se extiende el fenómeno no son comparables. Ese estudio, en casi todos los casos, lleva consigo un enorme trabajo de homogeneización previa. Ejemplos sencillos de fenómenos transfronterizos son el de las migraciones de animales salvajes, el de la expansión de una epidemia, la lluvia ácida provocada por emanaciones, la contaminación de las aguas, etc. En esos y otros casos, el seguimiento del fenómeno e incluso la toma de decisiones para comprenderlo y dominarlo, tiene que ver con la información geográfica disponible. Si esa información está disponible, es adecuada, es oportuna, está homogeneizada, etc., se habilita el estudio correspondiente y la toma de decisiones necesaria; si no está es posible que se impida esa toma de decisiones o que el resultado sea erróneo.

0.1.1 Homogeneizar la información geográfica para compartirla

Es por lo tanto claro que, para que la gestión de un **fenómeno geográfico transfronterizo** (dentro o fuera de un estado único) sea lo más acertada posible, es necesario **disponer de la información geográfica más actual y homogénea** a lo ancho del territorio. Aparece la necesidad de **acceder y compartir** la información geográfica proveniente de distintos organismos, del mismo o diferente país y por lo tanto aparece la necesidad de homogeneizarla. Deben homogeneizarse los formatos de intercambio; deben unificarse y crearse diccionarios multilingües enlazados que permitan saber el nombre de las cosas; se necesitan ontologías que definan escrupulosamente los conceptos; es necesario crear estándares que garanticen la consistencia de la información geográfica sea cual sea el medio por el que se adquiere, almacena o gestiona. Gracias a las normas del Comité Técnico ISO TC/211 y a los desarrollos

del Open Geospatial Consortium (OGC), hay una ruta trazada para lograr una homogeneización de la información geográfica... si es que puede accederse a ella.

Cuando se accede a la misma queda inmediatamente en evidencia la enorme **disparidad entre las características de la información geográfica de los distintos países**. Por lo general, cada país dispone de un servicio nacional de información geográfica que se encarga de la toma de datos y creación de los mapas básicos del país y una serie de agencias especializadas que confeccionan, basándose en la cartografía anterior, las cartografía temáticas que les interesa. Tanto los mapas “nacionales” básicos (por ejemplo los MTN 1:50000 o 1:25000), como los mapas temáticos realizados por las agencias especializadas (mapas edafológicos, de usos del suelo, etc.) no suelen tener relación con los mapas de los países cercanos. No es extraño ver que la cartografía de dos países vecinos no sólo no concuerda en escalas, sino que no concuerda geométrica ni semánticamente; lo que un país llama “carretera” el de al lado lo define como “ruta nacional”; lo que para un país es importante y está pulcramente representado, para el vecino no lo es y peor, las actualizaciones de la información geográfica en ambos países no son parejas. Los esfuerzos sostenidos de organismos como el IPGH han ido disminuyendo algunas de estas diferencias, pero la conversión masiva de información de papel a formato digital ha creado nuevas divergencias.

La disparidad puede ocurrir incluso dentro de un mismo país. La información geográfica (IG) recogida por un ministerio puede utilizar criterios, proyecciones, formatos, categorizaciones, etc. aparentemente similares a las de otra institución pública o privada, pero ocultando diferencias sutiles que hacen difícil su uso conjunto. El establecimiento de las IDE es la respuesta del Estado para lograr acuerdos de acceso e intercambio de información, así como también para especificaciones técnicas comunes y acciones coordinadas de recolección y mantenimiento de datos.

0.1.2 Las IDE se pondrán en marcha en todos los países

La Orden Ejecutiva 12906 emanada del Presidente Bill Clinton en 1994 señala que “La Información Geográfica es crítica para promover el desarrollo económico, mejorar nuestra gestión de los recursos naturales y proteger el medio ambiente” y fue el pistoletazo de salida para que se pusieran en marcha mecanismos que a través de Internet permitieran a las distintas administraciones estatales y federales de USA acceder a la información geográfica más actual almacenada en las dependencias de la institución encargada de gestionarla. Otras regiones siguieron el ejemplo y la Directiva INSPIRE del Parlamento y del Consejo de Europa, acorde con el camino iniciado en USA, es de obligado cumplimiento desde mayo del 2007. El acceso a la información geográfica de todos los países de Europa, es ahora posible con distinto tipo de privilegios. De manera parecida ocurrió en los países de Iberoamérica. Instituciones nacionales y regionales como el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) o el Comité Permanente para las IDE de las Américas (PC-IDEA) coordinadores de la información geográfica en Iberoamérica, apoyaron el establecimiento de estas infraestructuras.

0.1.3 El establecimiento de las IDE exige tecnologías concretas

Para disponer de la información geográfica allá donde sea necesario, deben existir algunas posibilidades técnicas y disposiciones políticas relacionadas con el acceso a los datos. Técnicamente el problema de compartir datos de manera ubicua está solucionado. La red de Internet y el modelo cliente-servidor han demostrado que es una arquitectura suficientemente robusta como para tomarla de referencia. Las posibilidades del almacenamiento de datos y programas en “**la nube**” (*el cloud computing*) permiten ya avanzar en la implantación de infraestructuras capaces de dar soporte a la localización, acceso, descarga, etc. de información geográfica: un Sistema de Información Geográfica en la Web. En cambio, las circunstancias políticas son más complejas (definición y adopción de políticas de acceso, dominio, uso y propiedad de los datos), y son las que pueden retrasar la implantación de una infraestructura de datos espaciales en un país. Pero, en cualquier caso ¿Cómo se inicia el proceso? ¿Qué es eso de la IDE y qué repercusiones tiene para un país? ¿Cómo se instalan los geoservicios? ¿Quién se responsabiliza de eso? ¿Dónde se forma el personal? ¿Cómo se hace?

0.1.4 ¿Cómo se pone en marcha una IDE?

Con la orden de Clinton se pone en marcha un proceso de aprendizaje colectivo que empuja a los países desarrollados a desarrollar las herramientas necesarias. Las medidas para poner en marcha una IDE implican la colaboración de distintos profesionales (informáticos, cartógrafos, topógrafos, geodestas, expertos en sistemas, geógrafos, economistas, gestores del territorio y otros) que deben agruparse, trasvasar y compartir sus conocimientos para alcanzar los objetivos. En el mundo sajón la geografía no es una “carrera de letras”. Allí la geografía, dispersa por múltiples departamentos universitarios, dispone de formación informática y estadística que permite a sus egresados moverse con gran libertad en un mundo tecnológico, no como simples usuarios, sino como diseñadores y desarrolladores de *software*. Aparecen en su oferta académica titulaciones diversas con énfasis en geoinformática, en geomática, especializaciones relacionadas con la gestión de bases de datos espacio-temporales y con la puesta en marcha de infraestructuras informáticas dedicadas a la gestión de los datos geográficos. Por el contrario, ese tipo de formación no es fácil de encontrar en los países latinos con sus tradicionales carreras “cerradas” que impiden que las innovaciones en nuevos campos traspasen fácilmente su protección corporativa (¿que inventen ellos!). En nuestros países no se entiende bien la invasión de un campo profesional de una ciencia (por ejemplo la invasión del campo geográfico o del campo topográfico) por parte de colectivos ajenos. No hay tradición en la interrelación de los estudios y eso dificulta o retrasa la incorporación de nuevos conceptos y habilidades en carreras tradicionales.

Tampoco hay una gran actividad universitaria latina en los foros internacionales donde se discuten y maduran las nuevas ideas relacionadas con la información geográfica. Un solo dato para reflexionar: a enero de 2012, de los cerca de 450 socios del OGC (el principal entorno de innovación en cuestiones geomáticas), sólo una universidad de México y cuatro de España aparecen como socios. No hay ninguna del Caribe, ni de Centro-Sud América.

Parece que no hubiera mucho interés académico en ese ámbito; sin embargo varios directores de institutos geográficos de América, el IPGH y el CP-IDEA aceptaron la invitación a colaborar como redactores con este libro apoyando con su presencia la importancia que tienen esos nuevos conceptos. Da la sensación de que hay más interés en las geoinstituciones latinas que en la propia academia.

0.1.5 Dónde aprender a poner en marcha una IDE

Dos problemas aparecen relacionados con esta cuestión en la academia. Por un lado, no está generalizada la incorporación de materias relacionadas con la geo-informática, en las carreras que deberían ser las encargadas de suministrar expertos en información geográfica a las geoinstituciones; por otro, aunque en nuestros países hay un uso generalizado de los SIG en las carreras de geografía, de donde debe salir la población más especializada en información geográfica, hay una cierta carencia de contenidos informáticos relacionados con la programación. Entonces, ¿dónde y cómo se aprenden las habilidades necesarias para comprender y poner en marcha las IDE?

Esas reflexiones conducen a afirmar que debe fomentarse la participación directa del profesorado en los foros internacionales donde surgen las ideas y se accede a la información sobre IDE, y que hay que disponer de textos de estudio y material para crear cursos, ya sean on-line o presenciales para que la población interesada de habla hispana pueda actualizarse en su propio idioma.

Este Libro responde a la necesidad expresada en el entorno de la Información Geográfica en España e Iberoamérica de incorporar al quehacer profesional las nuevas herramientas geomáticas relacionadas con la gestión a través de internet de la información existente sobre un territorio.

El libro se ha documentado y presentado con un formato típicamente científico, y tiene como vocación ser un primer texto en castellano que sirva para la docencia básica en los entornos universitarios, para la información de los georresponsables y para dar a conocer al curioso qué es lo que hay detrás del término IDE. Al ser un libro sobre fundamentos, que debe servir a una amplia variedad de profesionales con diferente formación, se ha huido de tecnicismos que exijan un conocimiento especializado y se ha pretendido que el libro ponga las bases para futuros textos más especializados.

0.2 La estructura del Libro

La elección del contenido de los capítulos, su extensión y su estructura ha sido motivo de reflexión y discusión entre los equipos universitarios e institucionales implicados en la redacción. Se ha buscado proporcionar al lector un cuerpo de conocimientos coherente y rotundo, no un conjunto de conocimientos que, con formato de libro, muestre contenidos aislados y sin ligazón entre ellos.

0.2.1 Los contenidos y estructura del libro

Los contenidos y estructura del libro están basados tanto en la experiencia de más de seis años impartiendo cursos de especialización para Iberoamérica, cursos de grado en las ca-

rreras de grado y posgrado de la UPM, cursos para actualización profesional, cursos financiados por instituciones públicas, etc., como en la redacción y participación en Proyectos Europeos, del Plan Nacional de I+D, CYTED, AECID y en proyectos financiados por otros organismos interesados en la implantación de IDE en Iberoamérica.

Para facilitar la lectura a lectores con distintos niveles de interés, se ha impuesto **una estructura homogénea** a todos los capítulos. Se ha redactado al principio de cada capítulo una especie de resumen que permita al lector informarse de forma elemental del contenido completo del capítulo y continuar con el resto del texto si busca una información más profunda. Cada capítulo, expresamente solicitado a expertos en la materia, además de la estructura homogénea, tiene una extensión limitada. Todos los capítulos disponen de bibliografía y webgrafía que se muestra al final del libro para una información adicional.

0.2.2 Los grandes bloques de información del Libro

El libro se ha dividido en **cinco grandes apartados o bloques**. Cada bloque ha sido coordinado por un académico relacionado con las IDE. Dentro de cada bloque los capítulos conforman un núcleo coherente.

Esos bloques son los siguientes:

- 1.- Introducción general a las IDE.
- 2.- La información geográfica.
- 3.- Los estándares para las IDE.
- 4.- Los geoservicios.
- 5.- Actuaciones y futuro de las IDE.

Esta división, hecha con anterioridad a la redacción de cada uno de los capítulos, pretende dar una panorámica general de todas las cuestiones relevantes relacionadas con las IDE desde el punto de vista de sus fundamentos. Algunas cuestiones críticas para la puesta en marcha de las IDE como la cuestión política, no se han quedado fuera del contexto de este libro y se ha solicitado a los máximos responsables de las IDE en Iberoamérica su colaboración (IPGH, CP-IDEA), así como al IGN de España sin cuya implicación, experiencia y revisión hubiera sido difícil la edición de este libro.

0.2.3 El Bloque 1: Compartir la información

Este bloque plantea el nuevo paradigma de las IDE, basadas en compartir e interoperar. Establece las componentes que deben tenerse en cuenta en una IDE ya que ésta consta de una **componente geográfica**, datos y servicios geográficos, y sus metadatos, y de una **componente tecnológica**, basada en una arquitectura cliente-servidor y en unas normas y estándares que aseguran la interoperabilidad, y permiten que se pueda compartir la IG procedente de diversas fuentes a través de Internet. En la IDE hay que considerar también su **componente social**: quiénes son sus actores (productores de datos, proveedores de servicio, desarrolladores de *software*, colaboradores en la definición de estándares y normas, intermediarios y usuarios finales), y cuál es la comunidad hacia la que se orienta. Y si la IDE

es compleja e implica instituciones y entidades diversas, por ejemplo de una organización compleja, o de un país, o continente, es necesario considerar la **componente política** que mediante iniciativas y actuaciones legales establezcan y regulen su desarrollo.

El bloque trata de exponer la necesidad, tanto a nivel global como regional, nacional y local, de facilitar el acceso a la información geográfica actualizada a todas las Instituciones para que sirva de soporte a la toma de decisiones sobre el territorio. Esa necesidad implica el hecho de compartir la información entre regiones y países, algo inconcebible hace unos pocos años cuando la información geográfica era tenida como un secreto nacional. En este bloque se pone énfasis también en definir, de una manera extensiva, el concepto de Infraestructuras de Datos Espaciales.

0.2.4 El Bloque 2: La información geográfica

Puesto que las IDE se basan en la información geográfica, que tiene unas características especiales y puesto que el Libro está dirigido a un amplio abanico de profesionales que por formación pueden no estar directamente relacionados con las características de este tipo de información (informáticos, economistas, abogados, gestores del territorio, etc.) es necesario informar sobre sus características y operaciones, en particular, la transformación de datos necesaria desde espacios tridimensionales habituales en la Tierra en otros planos como la pantalla de un ordenador o un mapa en papel tradicional.

El interesado en las IDE debe conocer los procesos y técnicas relacionados con la toma de datos, desde los métodos topográficos y geodésicos a los relacionados con sensores e instrumentos aerotransportados así como el tratamiento relacionado con la posterior visualización de los fenómenos geográficos.

Esos procesos de toma de datos acaban siendo colecciones de datos que deben ser almacenados. Por esta razón debe existir un capítulo dedicado al almacenamiento de la información geográfica pues los sistemas tradicionales de gestión dependen de cómo esté definida y almacenada. El hecho que se defina la información de manera vectorial (como generalmente se define la que sale de un sistema de dibujo asistido) o en forma de pixels (como se define la que proviene de imágenes de satélite o de fotografías), conduce a que se utilicen unas potencialidades u otras del *software* de manejo. El usuario de esta información geográfica busca respuestas a preguntas que pueden ser hechas a los conjuntos de datos disponibles. El análisis es el procedimiento lógico que permite establecer unidades geográficas elementales conformadas por el conjunto de datos, registros, unidades ambientales, unidades administrativas, etc. y que describen adecuadamente el problema que se quiere resolver y el Capítulo 8 trata de incidir sobre esta cuestión.

Los resultados de esos análisis se representan generalmente sobre mapas y gráficos. No es difícil comprobar que muchos mapas son difíciles de leer (demasiada información, inadecuado uso de los elementos gráficos, equivocada elección de colores, etc) y que muchos gráficos no tienen la estructura que facilita su comprensión visual por lo que el Capítulo 9 trata de exponer la síntesis de la semiología aplicada a la representación cartográfica.

Una vez que se dispone de información geográfica, ya sea en forma alfanumérica o en forma de mapas, deben crearse mecanismos que faciliten su catalogación y faciliten su búsqueda aportando el máximo de información sobre ella. Los capítulos 10 y el 11, tratan sobre los metadatos de la información geográfica, una cuestión candente en la actualidad debido a la enorme cantidad de datos disponibles y a la necesidad de diferenciarlos y localizarlos. La cuestión de la catalogación de la información geográfica, que ha estado alejada de los currícula universitarios, se integra en ellos lentamente debido a su importancia para facilitar las búsquedas de datos, lugares, etc. Por ejemplo, el mismo sitio dispone a veces de nombres bien diferentes como es el caso de La Haya, Den Haag, Gavenhage, The Hage o incluso de citas con sobrenombres como la Tacita de Plata (Cádiz), la Pérfida Albión (Inglaterra), el Granero del Mundo (Argentina), la Sultana del Valle (Cali) y muchas más. Todos esos nombres exigen que, para localizarlos, exista un nomenclator que enlace todas las posibles acepciones existentes a un mismo lugar con sus coordenadas. El Capítulo 12 trata de estas cuestiones que están relacionadas tanto con la interoperabilidad semántica descrita en el Capítulo 13, que está encargada de asegurar que el significado de los contenidos de la información se entienda de la misma manera por cualquier sistema, facilitando la posibilidad de intercambiarla y compartirla, como con el Capítulo 14 que expresa cómo la geometría de los objetos provenientes de diferentes conjuntos de datos, pueden diferir tanto que, en ocasiones, incluso violentan las relaciones topológicas (calles en el agua, puentes sin ríos, etc.). En esos casos, ¿es auténtica la información? ¿hay equivocaciones o errores? La sostenibilidad de una IDE está fuertemente ligada a la posibilidad de ofrecer datos y servicios con garantías sólidas para que las diferentes partes puedan operar con ellos con seguridad, como se afirma en el Capítulo 15 que trata de estas cuestiones.

Disponer de datos actualizados y de calidad facilitará la toma de decisiones acertadas, y propiciará la confianza en la IDE. Estas exigencias de calidad y de actualidad de la información geográfica, se ve como una cuestión crítica ante la aparición de una nueva forma de capturar geodatos basada en voluntarios (Capítulo 16). Las enormes posibilidades de proyectos basados en datos generados por voluntarios como el proyecto OpenStreetMap basado en la información tomada por particulares mediante sus navegadores GPS, han sido una herramienta de primer orden para la ayuda en casos de desastres como el terremoto de Haití. Es necesario analizar la importancia que esto puede tener, fundamentalmente para aquellos países donde todavía no existe una información oficial de capas básicas, como puede ser la capa de vías de comunicación.

0.2.5 El Bloque 3: Los estándares para las IDE

Una vez que se ha hecho énfasis en la necesidad de compartir la información, los siete capítulos de este bloque muestran el panorama disponible para garantizar la interoperabilidad de la información geográfica (que puede definirse como la capacidad de intercambiar y usar información entre diferentes actores) y la normativa que debe respetarse para cumplir con ese objetivo. El organismo más importante en la estandarización es la Organización Inter-

nacional de Estandarización (ISO). El Capítulo 19 expone muy sintéticamente los trabajos del Comité Técnico (ISO TC/211) “Geomatics” que fue el encargado de estandarizar la información geográfica. Adicionalmente a las tareas de ISO de estandarizar, un consorcio de organizaciones, empresas, instituciones y universidades, conocido como Open Geospatial Consortium (OGC) creada en 1994 y que agrupa a cerca de 450 socios (enero 2012), tiene como misión promover el uso de estándares y tecnologías abiertas en el área de sistemas y tecnologías de la información geográfica y afines. El OGC mantiene el programa de especificación de estándares, el programa de experimentación en interoperabilidad y el programa de adopción, siendo muchos de sus resultados asumidos por la propia ISO. La importancia que tiene el OGC en la estandarización a nivel global se expone en el Capítulo 20.

Una vez estandarizada la información y descritas las herramientas, cuando los ordenadores y los programas de *software* necesiten intercambiar datos, se debe disponer de lenguajes y establecer los protocolos o métodos de comunicación. Para este intercambio de información se usan los denominados “lenguajes de marcado”, siendo GML y KML los más conocidos como se explica en el Capítulo 21, y este intercambio se basa en una arquitectura propia de la IDE, definida por ISOTC/211 y OGC, que se documenta en el Capítulo 22, que soporta y garantiza las comunicaciones entre todos los usuarios de la IG. Para los más interesados se ofrece en el Capítulo 23 una introducción a las arquitecturas orientadas a servicios, uno de cuyos casos típicos son las IDE.

0.2.6 El Bloque 4: Los geoservicios de una IDE

Se conoce así a los servicios descritos por alguna de las especificaciones OGC. Hay en la actualidad múltiples opciones tanto comerciales como de código abierto que permiten garantizar la puesta en marcha de una IDE. El Capítulo 24, dedicado al *software* libre que está disponible para las IDE, afirma que hay muchos puntos en común entre la filosofía IDE y la del *software* libre. Si en las IDE se habla de compartir datos, con todas las ventajas que ello conlleva, en el *software* libre se habla de compartir tecnología. Presentamos estas soluciones en un capítulo específico pues hay una buena mayoría de instituciones que no accederán a financiaciones específicas antes de echar a caminar y la lectura del capítulo evidencia que ya hay IDE absolutamente basadas en *software* libre.

Pero si el *software* está solucionado y ya se sabe qué herramientas son las mínimas necesarias para disponer de una IDE en funcionamiento, ¿qué ocurre con el *hardware*? El Capítulo 25 define a grandes rasgos el equipamiento físico que permite cumplir con los niveles de servicio mínimos que se describen en el Capítulo 26 apuntando a orientar las primeras acciones de los promotores de la IDE (generalmente personas inquietas que trabajan en instituciones aisladas), para poder armar un prototipo con sabor local que pueda ilustrar sus argumentaciones y satisfacer así las expectativas de los usuarios y las aplicaciones cliente descritas en el capítulo anterior.

Los geoservicios mínimos necesarios en una IDE deben dar respuesta a las necesidades de los usuarios. Como mínimo, se necesita localizar un mapa mediante una herramienta

de búsqueda especializada y una vez localizado, el usuario quiere verlo con el máximo de posibilidades técnicas (aumentar, disminuir, desplazar, activar, transparentar, etc). La Directiva INSPIRE incluye una definición de los servicios de localización y visualización que se consideran críticos. En el Capítulo 27 se describe brevemente el funcionamiento de los servicios de catálogo (CSW) para localizar mapas y del servicio de visualización de mapas (WMS).

Sin embargo el estándar WMS anterior no permite disponer de los archivos que conforman el mapa, por lo que a los requisitos habituales de los usuarios hay que añadir la posibilidad de obtener, ya sea en formatos vectoriales o raster, la información de la que proviene el mapa que se visualiza. En el Capítulo 28 se describen los dos estándares definidos por OGC para compartir datos geográficos en la Web: el servicio web de objetos geográficos (o features) (WFS) que permite la gestión de información discreta o vectorial, y el servicio web de coberturas (WCS), que proporciona los métodos necesarios para compartir datos continuos o tipo raster.

Ya se ha indicado en el Bloque 2, al hablar de la toma de datos, que una gran parte de ellos puede ser recogidos por medio de sensores. Estos sensores pueden ser aertotransportados o ser estables sobre la superficie del terreno. La habilitación de redes de sensores (SWE) es otra iniciativa reciente de OGC que, mediante un conjunto de especificaciones, permiten utilizar su información a través de la Web (estaciones meteorológicas, medidores de contaminación, controladores de tráfico, detectores de incendios, de presencia, mareógrafos, localizadores de posición, lectores de RFID, etc.), utilizando protocolos y formatos estándares como se describe en el Capítulo 29.

Las descritas con anterioridad son las herramientas básicas que aparecen en los geoportales. Este geoportal debe permitir que el usuario sea capaz de encontrar la información rápidamente, lo que implica que éste debe estar diseñado siguiendo normas de usabilidad. Estas normas que son habituales en los ambientes comerciales, son raras en los geoportales donde se albergan las IDE. El Capítulo 31 se dedica a motivar a los responsables de los geoportales informando de cuestiones elementales al respecto.

0.2.7 El Bloque 5: Actuaciones y nuevos retos

Este Bloque trata de mostrar experiencias de aplicación puestas en marcha usando las IDE en el entorno iberoamericano. Las IDE no sólo son aplicables a los entornos de las instituciones oficiales relacionadas con la información geográfica de un país sino que pueden aplicarse a entornos mucho más específicos como la información medioambiental, al control de flotas, a la creación y gestión de cartotecas virtuales, la gestión de riesgos de desastres naturales, etc. como se muestran en el Capítulo 32 y en el 33, mostrándose en este último las posibilidades de gestión de la información geográfica de una institución aeronáutica.

Se ha citado más arriba la importancia que tiene la información geográfica y la conveniencia de que sea utilizada por la población en general, por lo que es necesario que los

geoportales cumplan ciertos estándares de usabilidad. Esta usabilidad debe ser vista como la conveniencia de que al geoportales pueda accederse con distintos intereses (profesional, educativo, ocio, turismo, etc.). Un camino rápido para que la IG sea utilizada por el gran público es la introducción de la herramienta en el quehacer de los jóvenes, ya sea en base a juegos o en un formato adecuado para su uso. La posibilidad de uso de las IDE como herramienta formativa tanto en entornos universitarios como en la educación secundaria se expone en el Capítulo 34 y la manera de evaluar los procesos, el uso, el funcionamiento y el impacto en la sociedad se expone en el Capítulo 35. Este capítulo da pie al Capítulo 36 que muestra la gran relación existente entre el Gobierno Digital y las IDE, mostrando los avances de éstas últimas en los países de la región Iberoamericana.

Como responsables de esta obra, quisimos tener la opinión de los máximos representantes de la información geográfica en España e Iberoamérica acerca de la conveniencia de disponer de un libro como éste, por lo que se solicitó la colaboración al Instituto Panamericano de Geografía e Historia, un organismo perteneciente a la Organización de Estados Americanos, dedicado a la generación y transferencia de conocimientos que tiene como una de sus misiones la de mantener actualizados a investigadores e instituciones científicas del continente procurando su constante modernización. Este organismo se implicó en la redacción del Capítulo 37 explicando una de sus iniciativas más importantes relacionada con las IDE a nivel regional: el Programa GeoSUR. De manera similar, los responsables del Comité Permanente de la IDE de las Américas, colaboraron en la redacción del Capítulo 38 aportando su visión, como coordinadores de los esfuerzos nacionales para la implementación de las IDE en los países de Iberoamérica, de su actualidad y su futuro. Este futuro se analiza desde el punto de vista tecnológico en el Capítulo 39, último del Libro, poniendo sobre la mesa cuestiones como la Nube, las redes sociales, la computación ubicua, o los nuevos modelos sociales como el que se ha dado en llamar “sociedades espacialmente capacitadas”

0.3 ¿A quién va dirigido este libro?

El título del libro ya indica que son Fundamentos por lo que va dirigido, en primer lugar a un entorno universitario, que se acerca a esta materia por primera vez. El libro va dirigido a servir de soporte a las asignaturas de Infraestructuras de Datos Espaciales que ya se imparten en muchas de las universidades con estudios de grado en Geomática y Topografía. También va dirigido a las Facultades de Geografía pues pensamos que sus egresados, como se ha citado más arriba, deben estar entre los futuros responsables de la información geográfica de los países.

Se ha tenido cuidado en que el libro sea realmente de “fundamentos” y, puesto que hay distintas formaciones en los profesionales que tienen que ver con el territorio, hemos querido utilizar un lenguaje asequible a todos los que se acerquen por primera vez a esta materia. A este respecto, creemos que el libro será interesante para los urbanistas, los gestores territoriales, los economistas que, en instituciones gubernamentales, deciden sobre cuestiones es-

paciales; los científicos que tratan con fenómenos georreferenciables, y en general para todos los que, según el repetido mantra que dice que el 80% de las bases de datos almacenadas en las administraciones son georreferenciables, tratan con esas bases de datos.

El libro está también dirigido y pretende concienciar a los responsables de la información geográfica de las administraciones a todos los niveles, desde el director de un IGN hasta el responsable del territorio del último ayuntamiento. Creemos que la puesta en marcha de las IDE en cada una de las instituciones mejorará la gestión territorial, siendo ese uno de los objetivos de cualquier administración.

Finalmente no queremos dejar de citar expresamente a los políticos en cuyas manos está que la información geográfica, casi siempre financiada con dinero público, pueda ser utilizada por el ciudadano, ya sea para visualizarla o ya sea para saber dónde está, qué calidad tiene, de qué año es, cuanto cuesta y dónde comprarla. El hecho de que los datos espaciales financiados por una institución sean accesibles a otra institución del país, ya sería en muchos casos un gran avance. El hecho de que la información geográfica de un país se pueda compartir con otro vecino, no debería ser un milagro.

0.4 La elección de los autores

Salvo contadas excepciones, en cada capítulo se convocó para la redacción a un profesional reconocido o a un estudiante de doctorado, con el fin de asegurar la máxima actualización en el tema. Para avalar el texto así formulado se recurrió a invitar también a un autor con el grado de doctor (en muchos casos, el tutor del doctorando) así como un representante del sector gubernamental de una institución con responsabilidad directa o indirecta en los tópicos del capítulo. Ello dio un balance novedoso a los capítulos, casi todos ellos con tres autores, ya que éstos intercambiaron puntos de vista que difícilmente pueden apreciarse a la vez en un documento de único autor. Cada uno de los bloques fue coordinado por académicos relacionados con las IDE de la Universidad Nacional del Litoral y de la Universidad Nacional de Catamarca (Argentina), de la Universidad ORT de Montevideo (Uruguay), del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría (Cuba), de la Universidad Nacional (Venezuela) y de la Universidad Politécnica de Madrid (España).

No queremos terminar este prólogo sin agradecer los generosos trabajos de revisión. En primer lugar a dos personas que, además de participar en la redacción de varios capítulos, han realizado la revisión técnica de la casi totalidad del libro. Se trata de Antonio F. Rodríguez Pascual, ingeniero geógrafo del IGN, tenaz impulsor de la IDE de España y a Miguel Ángel Manso Callejo, profesor titular de la UPM que es el referente del Laboratorio LatinGEO de Madrid, donde se ha gestado la idea de este libro. Por último agradecer la revisión que Juan Carlos Niebla, de NUMEN, Consultoría Informática S.L. realizó sobre un ejemplar de la primera tirada del libro.

BLOQUE 1

COMPARTIR LA INFORMACIÓN

No es difícil encontrar casos en los que diferentes administraciones, sin contacto entre ellas, generan información geográfica ya existente o contratan servicios para obtener un producto que ya está disponible por otra, produciendo gastos innecesarios. Tampoco es raro el hecho de que la información geográfica producida por un organismo público, permanezca ajena al resto de los organismos de la misma administración, ya sea por falta de información u otras causas. Estas circunstancias generan una serie de inconvenientes, además del sobregasto ya mencionado, que van desde el desconocimiento de la ubicación de la información más actualizada, a la multiplicidad de formato en los que se encuentra almacenada la información en cada institución productora y desde luego a la manera de compartirla de una forma rápida en caso de necesidad. Es recomendable que no exista información geográfica duplicada y que la existente esté homogeneizada.

Por otro lado, la existencia de fenómenos geográficos que son ajenos a las fronteras humanas, conduce a que las decisiones que deben tomarse para prevenir posibles desastres o consecuencias no deseadas, no se limiten a los territorios de un país sino a la zona de influencia del fenómeno. Los ejemplos en los que se puede constatar la inoperancia de políticas nacionales si otros países vecinos no toman medidas similares son múltiples. Son paradigmáticos los casos relacionados con la caída de lluvia ácida generada en países sin normas medioambientales que cae sobre países que cuidan pulcramente su medio ambiente; o el caso de aguas infectadas, mermadas o incluso sobreutilizadas por un país o una región que trasmite sus carencias al resto de las regiones por las que discurre o debería discurrir. En esos casos parece imprescindible que las políticas que se tomen vayan argumentadas sobre datos espaciales compartidos. Este primer bloque pone el acento en explicar la necesidad de compartir datos y cómo, como consecuencia de esa necesidad, se han puesto en marcha iniciativas que se conocen con el nombre de Infraestructuras de Datos Espaciales.

CAPÍTULO 1

COMPARTIR DATOS GEOGRÁFICOS

Sebastián Mas¹, Antonio F. Rodríguez¹, Miguel A. Bernabé²

¹Centro Nacional de Información Geográfica, IGN de España

²LatinGEO, Grupo de Investigación Mercator, Universidad Politécnica de Madrid, España.

¹{smas, afrodriguez}@fomento.es, ²ma.bernabe@upm.es

Resumen. La necesidad de información geográfica para la casi totalidad de las actividades humanas, ha conducido a enormes esfuerzos para su captura, almacenamiento, tratamiento, análisis y visualización. La cartografía y su producto más conocido, los mapas, han sido la respuesta tradicional a la necesidad de disponer de una idea, a escala reducida, de las distintas realidades que ocurren sobre un territorio (la realidad edafológica, topográfica, climatológica, etc.). Desde la década de los 60 del siglo XX, los Sistemas de Información Geográfica (SIG¹), mediante su potencia de análisis y de cálculo, han facilitado dicho trabajo. Para los SIG, el análisis en base a las diferentes realidades del terreno no tenía mayor problema: cada realidad estaba almacenada en una capa descrita en su base de datos y el sistema podía responder a preguntas en las que estaban implicadas varias capas. Sin embargo, el sistema era mejorable. Entre los importantes aspectos por resolver estaban, por ejemplo, la diversidad de formatos geográficos, la imposibilidad de disponer en tiempo real de datos absolutamente actualizados o el coste de la información geográfica (IG). Era necesario desarrollar estrategias, estándares, políticas y herramientas para que las consultas sobre bases de datos estatales pudieran realizarse con los datos más actuales, buscándolos allá donde se encontraran, y que éstos y los sistemas que los manejaran fuesen interoperables a través de Internet. Los gobiernos iniciaron al final de la década de los 80 un camino basado en la colaboración que ha permitido poner nuevos modelos de trabajo basados en conceptos éticos distintos: en el acceso ubicuo a la información y en la liberación progresiva de los datos que se han financiado con dinero público. Este nuevo tipo de actuaciones se concretó, en el mundo de la IG, a través de la creación de espacios web en los que el ciudadano tiene acceso a la información generada por las administraciones públicas, con las limitaciones impuestas por la ley: se crearon las Infraestructuras de Datos Espaciales o IDE. Se expone en el capítulo cómo la necesidad de compartir IG potenció el nacimiento de las IDE y las dificultades que se han tenido que vencer para ponerlas en marcha, debido a la diversidad de formatos de los datos, de los modelos de datos, a la inexistencia de terminologías comunes para llamar a las cosas y que las máquinas las entiendan, al enorme volumen que caracteriza la IG, y a las políticas sobre datos que dificultan su disponibilidad a voluntad.

Palabras Clave: Cartografía, Información Geográfica, Globalización, Compartir, Colaborar, Ética hacker, Datos Abiertos, Open Data.

(1) La definición de todos los acrónimos se recoge en la página 501.

1.1 ¿Se necesita la cartografía?

La cartografía es algo necesario en un gran número de actividades humanas importantes que resultan esenciales para nuestro bienestar. Cuando se llega a una ciudad o a un país desconocido, lo primero que se recibe en el hotel es un mapa de la ciudad, para poder orientarse y saber llegar de un sitio a otro. Algo parecido pasa cuando se sale con el coche de viaje, se intenta estudiar la distribución de algo, se quiere saber qué tiempo va a hacer en un lugar determinado o cuando se intenta comenzar a aprender algo de un país: lo primero es mirar un mapa.

Si se amplía un poco la visión, la IG en forma de mapa, de fotografía aérea, de SIG, de mapa electrónico en pantalla..., es esencial para el estudio y la gestión de problemas que tienen lugar en un espacio geográfico que no puede abarcarse mediante los sentidos, por ser demasiado amplio y complejo. En ese caso, se necesita un modelo simplificado del mundo real que sea manejable y fácilmente inteligible. Este modelo primero tomó la forma de mapa en papel y posteriormente se transformó en imágenes electrónicas que se consultan a través de una pantalla de ordenador.

Prácticamente se puede decir que cualquier actividad humana o fenómeno natural, puede estudiarse o preverse mediante la cartografía adecuada (véase la fig. 1.1). La IG, los mapas, son necesarios para casi todo y se ha demostrado su enorme utilidad en la ayuda y reconstrucción de grandes zonas devastadas por catástrofes naturales, como inundaciones, terremotos, tsunamis o mareas negras.



Figura 1.1. Mapamundi en el que los países se han reubicado de manera que la superficie presente el valor de la población actual (año 2010). (fuente: <http://bigthink.com/ideas/25109>)

Por otro lado, la IG, es algo tan básico que puede afirmarse que es «la infraestructura de las infraestructuras» (Canas, 2001), porque sobre ella se diseñan, planifican, construyen y gestionan otras grandes infraestructuras, como carreteras, vías de ferrocarril, presas, puentes, puertos...

Y por último, el cerebro procesa de manera mucho más rápida y eficaz las imágenes que la información alfanumérica (Roldán, 2009). Por eso es mucho más eficaz ver un mapa, en papel o en una pantalla, que leer un escrito que contenga toda la información cartografiada, o que una tabla con los valores de las variables que definan el territorio.

Por todo ello, el ser humano, esté donde esté, desde siempre ha confeccionado mapas como lo demuestra la variedad de ellos realizados por diferentes culturas primitivas y actuales [1]. Hoy continúa la tradición por medio de los SIG y visualizadores en la web, y parece que continuará siendo así en el futuro, para que pueda conocerse y gestionarse mejor el mundo en el que vivimos.

1.2 La globalización

Las fronteras administrativas, a veces tan ajenas a las naturales, no imponen sus restricciones a migraciones de aves e insectos que dispersan epidemias (Garret, 2007), a vientos que transportan semillas (Muñoz *et al.*, 2004) y lluvias ácidas, a flujos de agua que recorren países y a otros muchos fenómenos. La naturaleza tiene una vocación global y aunque parte de la humanidad, haya sido localista, otra parte, la que tiene que ver con la transferencia de ideas y bienes, hace tiempo que abrió las puertas de las fronteras, fomentando una paulatina homogeneización cultural y económica. La globalización, entendida como un incremento cualitativo de la intercomunicación e interdependencia entre todas las partes consideradas y en todos los rincones del planeta, constituye un proceso dinámico que está cambiando nuestras vidas en todos sus aspectos (Pratt, 2007). En ese sentido, parece particularmente relevante la tesis sostenida por Friedman (2005), que considera más relevante para definir el inicio del siglo XXI el día 9 del 11, el día que cayó el muro de Berlín, que el día 11 del 9, el día de los atentados contra las torres gemelas de Nueva York. Según Friedman, lo verdaderamente relevante y positivo es que con el muro de Berlín, cayeron las barreras informativas y el mundo está hoy más conectado que nunca.

El mundo de la IG, como se verá más adelante, no ha sido ajeno a estos cambios y parece que la transparencia de las administraciones, entre las que se encuentran las relacionadas con la IG, es la cualidad de hoy en día (Melle, 2007). Asimismo, parece que las naciones, al más alto nivel, se han dado cuenta de que si las aguas, los insectos, las aves y las nubes circulan libremente por los países transportando libremente con ellos problemas y soluciones, la IG que describe esos fenómenos y que permite preservar la biodiversidad, que se usa para predecir cambios climáticos, incrementar la productividad de la agricultura o perseguir los delitos, también debe liberarse para que sea posible tomar decisiones adecuadas sobre el territorio en el que ocurren (Gore, 1998). Esa globalización parece presentar varias características novedosas, entre las que se citan:

1.2.1 La importancia de las soluciones colaborativas

El matemático John F. Nash obtuvo el Premio Nobel de Economía en 1994 fundamentalmente por demostrar matemáticamente que, en ciertas condiciones muy generales, la libre

competencia de los egoísmos individuales de los miembros de una colectividad no produce la mejor solución para la comunidad, como preconizaba el mercado libre de Adam Smith, sino que cuando cada individuo actúa guiado por lo que él cree que es el bien común, se consiguen mejores soluciones para la colectividad.

El *software* libre, la Wikipedia, las licencias *Creative Commons*, los *Mashups* son ejemplos de soluciones colaborativas. En el campo de la IG, la *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) [2], trabajando de forma colaborativa, ha conseguido desarrollos que permiten gratuitamente, o con costes mínimos, poner en marcha soluciones geomáticas con un alto grado de eficacia. La utilidad de esas soluciones colaborativas puestas en marcha en entornos delicados puede verse en el video [3] donde se presentan soluciones alternativas a problemas antiguos.

1.2.2 Los nuevos modelos de negocio

Sorprendentemente para muchos, están apareciendo productos y servicios gratuitos o de bajo coste, como la prensa gratuita que curiosamente, según Ferrán (2008) no está claro que perjudiquen a la prensa de pago sino que modifican y multiplican su oferta. La popularización de Wikipedia ha hecho que se revendan más enciclopedias en papel que nunca mientras que la venta tradicional de enciclopedias nuevas ha caído en picado [4]. Es evidente que hay una cierta economía basada en la gratuidad. La interacción de *Google* con la mayoría de ciudadanos consiste en que ha regalado un buscador excelente aunque su negocio está en otra parte, la publicidad, invisible para la mayoría de usuarios. No es de extrañar que la misma empresa haya extendido sus herramientas (*Google Maps*, *Google Earth*) hacia el entorno geográfico, no sólo en busca de negocios propios, sino potenciando la creación de beneficios para otros mediante la cesión de su API (*Panoramio*, *Wikilog*, *Tagzania*, *Geoviviendas*, etc.).

1.2.3 Una nueva ética

El nuevo fenómeno de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE), hace que se espere de la empresa privada un cierto comportamiento moral, que respete el medio ambiente, que implante políticas de manos limpias, que no explote mano de obra barata en el Tercer Mundo, etc. El filósofo español José Antonio Marina lo ha resumido muy bien: «Las empresas, como personas jurídicas, tienen los mismos deberes éticos que las personas físicas y su responsabilidad no acaba cuando han pagado todos sus impuestos». Se espera que se comporten honorablemente.

A nivel individual, ha aparecido también una nueva ética, la ética hacker, definida por Peka Himmanen que tiene una innegable relación con la información a través de la web y en particular con la IG (Himmanen, 2004).

Las IDE son la consecuencia de aplicar los principios y filosofía de la globalización a la IG, incluyendo una nueva ética y un nuevo planteamiento que se resume en una sola frase: «si compartes, siempre ganas más.» (Rovira, 2004).

1.2.4 La filosofía *Open Data*

Las administraciones obtienen sus datos del erario público. Sin embargo, todavía hay algunas que vuelven a cobrar a sus administrados los datos que necesitan. Como consecuencia de la globalización, de la tendencia de los usuarios a utilizar los datos disponibles en la Red y de ciertas iniciativas supranacionales, como la Directiva INSPIRE [5] en el caso de IG europea, los gobiernos han comenzado a publicar en Internet los datos que gestionan. Así han nacido las iniciativas *Open Data* (datos abiertos) en Estados Unidos [6] y en Gran Bretaña [7], que luego se han expandido por otros. Sin embargo, todavía hay mucha resistencia a la publicación de datos de la Administración.

1.3 Publicar datos públicos

El título de esta sección parece un poco contradictorio. ¿Es que los datos públicos (generados por los gobiernos) no son acaso públicos (es decir, públicamente accesibles)? Lo cierto es que no siempre es así. Hay enormes volúmenes de información de todo tipo, incluida la IG, que se gestiona por las administraciones pero que no siempre está disponible para los ciudadanos y la sociedad. A veces, cuando lo está, las condiciones prácticas de acceso impiden su utilización. Sin embargo, si una autoridad pública recoge y elabora cartografía en el ejercicio de sus funciones con financiación que proviene de los impuestos que pagan los ciudadanos, ¿hasta qué punto tiene derecho a impedir el acceso de los ciudadanos a esa cartografía apelando precisamente los derechos de autor?

A grandes rasgos, existen tres procedimientos desde un punto de vista técnico para publicar información en la web: (a) publicar datos legibles solamente por humanos, (b) permitir descargas de ficheros, y (c) implementar geoservicios legibles por humanos y por máquinas.

1.3.1 Publicar datos en una página web

Al publicar datos en una página web, una persona puede leerlos en pantalla. Sin embargo, es complicado que un sistema informático consiga acceder a la información y entenderla. Ese es el mecanismo utilizado hasta hace poco tiempo, por ejemplo, por la Agencia Española de Meteorología, entidad pionera en la publicación de datos de temperaturas, precipitaciones, presión atmosférica y humedad del aire en páginas web, hasta que la tecnología le ha permitido modificar su política de datos [8] y mejorar los mecanismos de publicación.

a) Permitir la descarga de un fichero

Un método que permite un mayor grado de utilidad consiste en habilitar la descarga de un fichero que contiene los datos en cuestión en formato estándar abierto y fácilmente interoperable. Los usuarios pueden obtener el fichero y cargarlo en su sistema para explotarlo con su propia aplicación. El problema es la actualización; cada vez que se actualizan los datos, es necesario avisar al usuario, y que éste vuelva a descargar el fichero después. El Instituto Nacional de Estadística de España (INE) [9], es uno de los organismos que utiliza esta vía desde los años 90, ofreciendo una larga lista de datos de población y actividad económica.

b) Implementar un servicio web

Se puede aumentar el grado de utilidad poniendo en funcionamiento un servicio web que publique la información con una interfaz estándar. Un servicio web no es más que una aplicación que se ejecuta en un servidor accesible en Internet, que cuando recibe una petición responde con la respuesta solicitada. Si los formatos, tanto de la petición como de la respuesta están estandarizados, es sencillo integrarlos en una aplicación como si de una subrutina o una función externa se tratase. Incluso cualquier programador puede abrir una página web que interroge al servicio y muestre los resultados.

Ejemplos de servicio web pueden ser cualquiera de los que la Dirección General del Catastro de España tiene dispuestos en su página web [10], que son conformes con el estándar SOAP (Standard Object Access Protocol) y que, por ejemplo, proporcionan los nombres de todos los municipios de una provincia o los de las calles de un municipio dado. La información puede leerse por personas, los sistemas la procesan fácilmente y siempre se accede a la versión más actualizada.

Estos tres mecanismos son de complejidad y eficacia creciente. Evidentemente, no son excluyentes entre sí.

1.4 ¿Porqué compartir información geográfica?

La generación de productos geográficos, que incluye la adquisición, depuración y tratamiento de datos geográficos, es un proceso caro, costoso y complejo.

La publicación de un mapa topográfico nacional a escalas pequeñas (1:25.000 o 1:50.000) exige realizar la geodesia, hacer vuelos fotogramétricos, completar la restitución, formar el mapa y controlar la calidad del resultado. Todo ello implica el concurso de diversos equipos experimentados y bien organizados, una inversión considerable y años de trabajo.

Una vez obtenido el producto y teniendo en cuenta la enorme inversión realizada, lo lógico es difundir los datos resultantes todo lo que sea posible para rentabilizar los recursos invertidos. Esto modifica el modo de pensar habitual que se concreta en la frase de Francis Bacon «la información es poder». Esta sentencia que resume el hecho de monopolizar la información como un recurso valioso, es contraria a la visión que sintetiza el lema «si compartes siempre ganas más» citado con anterioridad. El hecho de que la información fluya y se difunda todo lo posible constituye una fuente de riqueza y actividad para un país y su economía. Diferentes políticos de tendencias diversas parecen estar de acuerdo en este principio (Gore, 1998), (Bachelet, 2005) respaldados en varios estudios (ver capítulos 36, 37, 38 y 39).

1.4.1 Dificultades para compartir IG

Uno de los problemas habituales entre los usuarios de IG y que más recursos (tiempo, dinero, esfuerzo...) consume, es el intercambio de datos geográficos entre distintos sistemas. Se dice que los informáticos emplean más de la mitad de su tiempo en hacer cambios de formato, cosa especialmente cierta cuando se trata de datos geográficos (Oliva y Quesada,

2006). Las dificultades para compartir datos geográficos aparecen fundamentalmente en los formatos, en los modelos, en el volumen a compartir y en las políticas de uso.

a) La diversidad de formatos de los datos

Debido al gran volumen de la IG basada en coordenadas, suele almacenarse y transferirse utilizando formatos específicos. Tradicionalmente, dichos formatos han sido soluciones particulares a la medida de cada sistema. Cada compañía de *software* (*ESRI, AutoDesk, Intergraph, MapInfo*, etc.) ha dispuesto de su propio formato (*SHAPE, DWG, DGN, MID, MIF, TAB,...*). Los cambios de formato entre unos y otros sistemas eran a menudo complicados y exigían con frecuencia un formato de intercambio que funcionaba como estándar de facto (tal era el caso del formato *DXF*). El paso de un formato a otro implicaba, casi siempre, pérdida de información.

Dada la trascendencia del intercambio de datos, la solución al problema de la normalización y estandarización de formatos geográficos se atacó desde iniciativas globales. Con ese fin se creó en 1989 la Comisión de Normas para la Transferencia de Datos Espaciales en el seno de la Asociación Cartográfica Internacional. Posteriormente, en 1991 en el Comité Europeo de Normalización se creó el Comité Técnico CEN/TC 287. Enseguida, en 1994 la Organización Internacional de Normalización (ISO) creó el Comité sobre Geomática e Información Geográfica ISO/TC211. Todas esas iniciativas han promovido el uso de formatos estándar para el intercambio, pero actualmente cobra cada vez mayor relevancia otra forma de trabajo, el uso de servicios web en remoto que no precisan siempre del intercambio de datos. Esta línea está liderada por el *Open Geospatial Consortium* (OGC) [11] que actúa de forma coordinada con los ya mencionados ISO/TC211 y CEN/TC 287, por medio de un Consejo Consultivo (Ariza y Rodríguez, 2008).

b) La dificultad de comunicación entre modelos

Un **modelo** es una representación simplificada de la realidad (Gutiérrez y Gould, 1994). La realidad geográfica es muy rica y variada, de manera que pueden alcanzarse diferentes modelos de la misma realidad con sólo tener en cuenta distintos aspectos. Por ejemplo, para el medioambientalista las aguas terrestres pueden clasificarse de manera elemental en limpias y contaminadas; para el químico, pueden ser duras y blandas; para el higienista serán potables y no potables, y para el geólogo serán superficiales y subterráneas. Incluso la terminología utilizada por los sistemas para describir los mismos elementos, debe ser conforme a criterios homogéneos persiguiendo la interoperabilidad semántica entre los datos (Manso et al., 2009). Por ejemplo, es posible encontrar un sistema que gestiona líneas, puntos y polígonos, mientras que otro gestiona curvas, nodos y superficies. Un sistema contiene ríos, rías, canales, lagos, charcas, embalses, albuferas y acuíferos, y otro contempla cursos de agua, láminas de agua, reservorios y aguas subterráneas. Saber si esas categorías son equivalentes, o si unas incluyen a otras no es empresa fácil. El mapeo o confrontación de modelos conlleva horas de trabajo y no es una tarea fácilmente automatizable.

c) El volumen de IG

La IG proveniente de imágenes es intrínsecamente muy voluminosa, mucho más que la información alfanumérica. Por ejemplo, sólo la cobertura completa de toda España (500.000 km²) de ortofotos de 50 cm. de resolución, puede ocupar cerca de 2 Tb en formato de compresión ECW; mientras que la información alfanumérica, los datos vectoriales del mapa topográfico de toda España, incluyendo curvas de nivel, suponen algo más de 8 GB en formato shape. Otro ejemplo es el que proporciona Moreira (2006): la IG integrada en el Sistema de Información Ambiental de la Comunidad Autónoma de Andalucía (SinambA), consistente en 4.300 capas vectoriales de información, 1.400 grids, 1.900 mapas de evaluación, más de 15.000 imágenes de satélite, ortofotos y vuelos de múltiples fechas, suman en total más 6 terabytes de información geográfico-ambiental.

d) Las limitaciones de algunas políticas de datos

Se sabe que producir IG es algo costoso que implica un gran esfuerzo y dedicación, y que «la información geográfica es crítica para promover el desarrollo económico, mejorar nuestra gestión de los recursos naturales y proteger el medio ambiente» (Clinton, 1994). A menudo, los productores de datos geográficos se resisten a difundirlos libremente y los gobiernos ceden a la tentación de cobrar por ellos para financiar en parte las grandes inversiones necesarias para tener cartografía de detalle, de calidad y actualizada frecuentemente. Sin embargo, desde la publicación en 1994 de la Orden Ejecutiva 12906 por la que se creaba la Infraestructura Nacional de Datos Espaciales de Estados Unidos (NSDI), cuya finalidad principal era la de crear un sistema que permitiera compartir la IG disponible en las instituciones oficiales del país, han aparecido otras iniciativas globales, regionales, nacionales y locales que propugnan compartir datos geográficos.

La iniciativa *Global Spatial Data Infrastructure* (GSDI) [12] promueve, a nivel mundial, la cooperación internacional para apoyar el desarrollo de IDE nacionales e internacionales.

En Europa, la Directiva INSPIRE de mayo de 2007 [5] fomenta la creación de una IDE europea en la que los datos sean homogéneos y la información pueda compartirse. Existen similares iniciativas en todos los continentes.

En el caso de las Américas, el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) [13] es el que, como impulsor del Comité Permanente para las IDE de las Américas (CP-IDEA) [14], fomenta la creación de una IDE continental, para que los países puedan compartir los datos de sus áreas de influencia común.

A nivel nacional, una gran mayoría de los países desarrollados o en vías de desarrollo ya tienen en marcha iniciativas para homogeneizar y compartir sus datos. En España, la Ley 14/2010 [15] traspone la Directiva Europea INSPIRE y organiza la IDE de España.

Todas estas iniciativas son el resultado de la creación de políticas de datos que potencian compartir la información para mejorar la toma de decisiones sobre el territorio.

1.5 Algunos ejemplos de información compartida

Aunque se ha afirmado que la IG es muy costosa en términos de recursos económicos y temporales, la falta de comunicación entre las distintas administraciones de un mismo país, y el desconocimiento de los recursos disponibles por cada una de ellas, conduce a la duplicación de mucha información, lo que repercute muy negativamente en las arcas públicas. Algunas iniciativas pretenden optimizar esa situación.

1.5.1 El proyecto PNOA

En España, se empezaron a utilizar masivamente las ortofotos de gran resolución en los años 90 como un método fiable para obtener una visión detallada y fiel del territorio, para la toma de decisiones en su gestión y administración: concesión de subvenciones agrarias, actualización del catastro, inventario forestal, etc. En pocos años se dio la circunstancia de que una misma zona se cubría con ortofotos por distintas Administraciones y organismos (Instituto Geográfico Nacional, Ministerios, Comunidades Autónomas, Institutos de Investigación, Diputaciones Provinciales, Ayuntamientos, etc.). En algún caso se repitió la misma cobertura hasta 3 y 4 veces, con pequeñas variaciones, en el mismo año. El derroche de recursos que originaba esta manera de actuar era enorme.

El Instituto Geográfico Nacional lideró desde finales de los años 90 el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) [15], en el que se produce una única cobertura de ortofotos de toda España cada 2 años, de 50 y 25 cm. de resolución, con especificaciones negociadas y consensuadas, financiada en un 67 % por el Gobierno Nacional y en un 34 % por los Gobiernos Regionales. El resultado final es un conjunto de datos compartido por todas las administraciones, en el que todas resultan económicamente beneficiadas y que, además, se publica en la red en forma de servicios estándar de visualización y de descarga.

1.5.2 Otros proyectos en España

En España, tras el éxito del PNOA, han florecido otros proyectos de producción cartográfica colaborativa, basados en compartir los costes y el producto final, como:

- *CartoCiudad*: Un sistema de información de callejero y rutas, basado en datos oficiales de la Dirección General del Catastro, el Instituto Nacional de Estadística, el Instituto Geográfico Nacional y Correos. Los datos están disponibles a través de servicios web de mapas, aplicaciones de consulta y servicios de descarga. [16]
- *SIOSE*: Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España, cuyo objetivo es «integrar la información geográfica de las Bases de Datos de coberturas y usos del suelo de las Comunidades Autónomas y de la Administración General del Estado». [17]
- *PNT*: El Plan Nacional de Teledetección tiene como objetivo fundamental «proporcionar las imágenes de satélite necesarias para permitir el desarrollo a nivel nacional, coordinando la adquisición de las imágenes de manera conjunta entre Ministerios y Comunidades Autónomas, realizar los tratamientos básicos necesarios y distribuirlas

de manera gratuita a todas las Administraciones Públicas, tanto estatales como locales, universitarias y Organismos públicos de investigación.» [18]

1.6 Conclusiones

La cartografía es el resultado de un esfuerzo para representar el territorio y lo que sobre él acontece, y debe servir para que la sociedad pueda tomar decisiones sobre un fondo geográfico. Para que eso pueda llevarse a cabo, deben existir mecanismos que permitan consultar la IG y obtener respuestas a problemas espaciales. Un mecanismo que se ha demostrado eficaz son las Infraestructuras de Datos Espaciales o IDE, que tecnológicamente puede definirse como proyecto colectivo implantado por una comunidad de actores, consistente en un conjunto de recursos orientados a compartir IG en la web de manera abierta y estandarizada. Es muy importante el apoyo político que permita acceder a datos institucionales a través de la Red, con las limitaciones de uso que el dueño de la información imponga, pero tendiendo siempre a la máxima liberación posible.

La puesta en marcha de esa infraestructura permitirá que organizaciones, instituciones e incluso países puedan compartir fácilmente los datos accediendo a la IG más actualizada.

El principal problema, solucionados los problemas técnicos relacionados con la falta de estandarización y del acceso ubicuo a la información, se encuentra en la voluntad política de compartir la información en aras de una mayor eficiencia. Se cree firmemente que la IG compartida es un motor de planificación y desarrollo, y la manera más eficiente para compartirla son los servicios web estandarizados. En distintas regiones del planeta los gobiernos han impulsado su puesta en marcha y en particular ha sido la directiva INSPIRE en Europa la que ha obligado a todos los países a implantar su IDE y compartir datos geográficos. En América, a falta de una ley supranacional que obligue a los países, están siendo los esfuerzos del IPGH y del PC-IDEA los que trabajan para que todos los países tengan su propia IDE, de manera que puedan englobarse en una IDE regional y mundial.

CAPÍTULO 2

COMPARTIR: LA SOLUCIÓN ESTÁ EN LAS INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES

Paloma Abad Power¹, Miguel A. Bernabé², Antonio F. Rodríguez Pascual³,

^{1,3}Centro Nacional de Información Geográfica, IGN de España

²LatinGEO, Grupo de Investigación Mercator, Universidad Politécnica de Madrid, España.

¹pabad@fomento.es, ²ma.bernabe@upm.es, ³afrodriguez@fomento.es

Resumen. Para tomar decisiones adecuadas sobre el territorio, los gobiernos necesitan disponer de una IG actualizada y conocer sus características de calidad, accesibilidad y disponibilidad. Dar respuesta a esta cuestión y fomentar el uso de la IG en la industria y en la sociedad, ha potenciado el desarrollo de soluciones que aprovechan las posibilidades que ofrece Internet. La solución ha cristalizado en lo que se ha dado en llamar IDE, que es un conjunto de datos, tecnologías y acuerdos políticos que permiten a ciudadanos e instituciones acceder de forma ubicua a la IG almacenada en servidores institucionales y privados a través de Internet, con las limitaciones de acceso y uso que el propietario de la información disponga. Para que esto pueda ocurrir, (a) los datos deben estar documentados (con sus metadatos); (b) las tecnologías deben estar estandarizadas, de manera que sea cual sea el sistema informático que se utilice, se pueda acceder a los datos, gestionarlos y conjugarlos con el objetivo de obtener respuesta a preguntas espaciales; y finalmente (c) debe haber una voluntad política que anime y facilite la creación de tales infraestructuras. Las IDE, como nueva herramienta, cambian radicalmente el comportamiento social. Se ha evolucionado del decimonónico aforismo que afirmaba «el que quiera saber, que se vaya a Salamanca» al nuevo corolario que afirma que «si compartes siempre ganas». La clave diferencial de esta nueva herramienta es la cooperación. Algunos países como Estados Unidos, pionero de la iniciativa IDE, partían de una posición privilegiada para llevar a cabo este ideal, pues los formatos de sus archivos geográficos, plantillas y estándares geográficos eran comunes a todo el país; la puesta en marcha de su IDE era por lo tanto, sencilla. En el caso de Europa, con diferentes tipos de estándares cartográficos, hubo que unificar no sólo intereses, sino además homogeneizar las cartografías para que hubiese continuidad entre las de un país y las de sus vecinos. La Directiva INSPIRE, de obligado cumplimiento para todos los países de la Unión, aceleró el proceso. La mayoría de los países del planeta vieron la ventaja de disponer de sus datos y compartirlos a través de Internet, y la iniciativa se expandió por los cinco continentes. En el caso de Latinoamérica, al no existir una legislación regional que obligue a las naciones a poner en marcha sus IDE de manera homogénea, el proceso parece ser más lento que en Europa. Sin embargo, instituciones como el IPGH que fomenta la creación de IDE en los países de la zona; asociaciones como el CP-IDEA cuyo objetivo es promover el establecimiento de las IDE en todos los países miembros y fomentar el intercambio de información espacial y la colaboración; y algunos esfuerzos financieros como el de la Confederación Andina de Fomento (CAF) que apoya al proyecto GeoSUR, están conduciendo a que haya un movimiento bastante consolidado para el establecimiento de IDE nacionales y regionales. La puesta

en marcha de estas infraestructuras y su mantenimiento exigen un personal preparado técnicamente. Al basarse las IDE en un conjunto de conocimientos que rompe las barreras tradicionales de los contenidos propios de las carreras universitarias, se crea la necesidad de formar especialistas que conjuguen habilidades informáticas con conocimientos cartográficos y con tradiciones investigadoras de físicos y matemáticos. En los países de tradición anglosajona, menos constreñidos por las limitaciones de las asociaciones profesionales, hace tiempo que han aparecido especialidades como geoinformática, geomática, geovisualización, que toman ahora la delantera en las aplicaciones IDE. Es necesario que los países latinos tomen conciencia de la importancia de la creación de capacidades para las IDE. El capítulo termina con un acercamiento elemental al modelo cliente-servidor. Este modelo es el paradigma de las arquitecturas para las IDE y permite, mediante un programa denominado «cliente», hacer consultas desde un ordenador personal a través de Internet; la consulta llegará a otro ordenador que, equipado con un programa genéricamente llamado «servidor», será capaz de responder la pregunta y devolverla al usuario. Este modelo en el que se basan las IDE, es el que permite obtener respuestas cuando se pregunta desde programas cliente como los navegadores Mozilla, FireFox, Internet Explorer o Google Chrome.

Palabras clave: IDE, Compartir, Elementos de una IDE, Principios INSPIRE

2.1 ¿Qué es una IDE?

Cuando se dispone de datos georreferenciados, de cierta disponibilidad de recursos informáticos y se quiere o se tiene la necesidad de publicar la IG de la manera más eficaz posible, es necesario contar con una infraestructura que permita compartir, intercambiar, combinar, analizar y acceder a los datos geográficos de forma estándar e interoperable. Esta infraestructura no es más que el conjunto de recursos cartográficos disponibles en la red, sobre la que los datos mismos serán más útiles al formar parte de un todo más completo.

Pero ¿qué significa «de forma estándar e interoperable»?

Lo segundo es consecuencia de lo primero. Estándar significa simplemente que cumple unas reglas generales, que facilitan la adopción de soluciones genéricas y la posibilidad de gestionar todos los componentes del mismo tipo de la misma manera. Cuando se viaja a un país extranjero y se intenta cargar la batería del teléfono móvil, que el enchufe del hotel no sea compatible con la clavija del cargador, puede suponer una desagradable sorpresa. Es más, a veces no se puede pedir a alguien su cargador porque probablemente las clavijas de ambos teléfonos no sean compatibles entre sí. Algo parecido puede pasar al intentar sacar dinero en un cajero automático; no todas las tarjetas se pueden usar en todos los cajeros sin pagar una comisión añadida.

De forma análoga, para la gestión eficaz de IG, los estándares son fundamentales. Si un usuario descarga de una institución la descripción geográfica de un río en un formato y sistema de referencia determinados, lo ideal es que no encuentre problemas para cargarla y visualizarla en una aplicación SIG junto con el resto de sus datos.

La interoperabilidad se definirá y mostrará con más detalle en los capítulos 13, 14 y 17, pero se puede adelantar que se basa en la idea de aplicar la filosofía de los sistemas abiertos

a los SIG. Si se dispone de un conjunto de sistemas que gestionan IG, que mediante protocolos e interfaces estándares permiten acceder a los datos en remoto, es posible generar aplicaciones que integren esos datos y que aparezcan virtualmente frente al usuario como si fuesen un único sistema, sin necesidad de conocerlos en detalle, sólo basándose en información genérica sobre los estándares que cumplen todos y cada uno de ellos.

¿Y de qué estándares se trata? Los esenciales son los estándares aplicables a la IG: la familia de normas ISO 19100 [20] y las especificaciones del Open Geospatial Consortium (OGC) [21].

Así que una primera definición de IDE sería que es un SIG abierto implementado sobre la Red, con todo lo que ello conlleva: componentes distribuidos, interfaces estándares, interoperabilidad, coordinación, acceso a los datos, capacidad de análisis como objetivo, etcétera. Según el portal de la IDE de España [22]: «Una IDE es un sistema informático integrado por un conjunto de recursos (catálogos, servidores, programas, datos, aplicaciones, páginas Web,...) dedicados a gestionar IG (mapas, ortofotos, imágenes de satélite, topónimos,...), disponibles en Internet, que cumplen una serie de condiciones de interoperabilidad (normas, especificaciones, protocolos, interfaces,...) que permiten que un usuario, utilizando un simple navegador, pueda utilizarlos y combinarlos según sus necesidades».

La finalidad última es conseguir lo que se ha dado en llamar la democratización de la IG. Es decir, que todos los usuarios, tanto los especialistas como los que no lo son, puedan utilizar en la web la IG del modo más eficaz posible. Para ello sería necesario dar un paso más, que consistiría en facilitar no sólo que los sistemas se entiendan entre sí, sino que los usuarios entiendan y puedan usar fácilmente los sistemas, por lo que hay que hacer un esfuerzo considerable para aumentar la usabilidad y mejorar las interfaces de usuario. De eso se hablará en el cap. 31.

Sin embargo, hay que decir que en algo tan complejo y global como la IG, los componentes técnicos mencionados necesitan estar arropados por un marco legal, una organización y un conjunto de circunstancias que garanticen que una IDE sea, por un lado, sostenible en el tiempo, duradero; y por otro, adaptable a los cambios tecnológicos. En ese sentido, (GINIE, 2003) habla de una IDE como un «marco de políticas, disposiciones institucionales, tecnologías, datos y personas que hacen posible el compartir y usar IG de modo eficaz».

2.2 Los elementos de una IDE

Una definición más elaborada, basada en (Béjar *et al.*, 2009) y que servirá para definir más abajó las características de cada componente de la IDE es: «una IDE es un sistema de sistemas integrado por un conjunto de recursos muy heterogéneo (datos, *software*, *hardware*, metadatos, servicios, estándares, personal, organización, marco legal, acuerdos, políticas, usuarios...), gestionado por una comunidad de actores, para compartir IG en la web de la manera más eficaz posible».

En efecto, los elementos necesarios para que exista una IDE son:

- **Los datos**, que deben ponerse al alcance de los usuarios con las restricciones de uso que decida su propietario (sólo verlos, conocer sus características, tener acceso a ellos, compartirlos, etc.).
- **El *hardware* y *software*** que sirven de base para hacer pública la información a través de Internet. Una descripción de sus posibilidades puede verse en el cap. 25.
- **Los metadatos**, que son las descripciones de los datos y los servicios disponibles; es la documentación que permiten conocer al usuario las características de calidad, actualidad, disponibilidad, propiedad, etc. de los datos, y las capacidades técnicas de los servicios como: tipo de servicio, versión, información sobre la disponibilidad, tarifas, instrucciones de pago e incluso las restricciones (ver capítulos 10 y 11).
- **Las tecnologías** que permitan buscar, acceder y explotar los datos en remoto. Los correspondientes servicios están descritos en los capítulos 27, 28 y 29.
- **Los estándares** de datos y servicios que hacen posible la interoperabilidad. En particular las normas ISO 19100, que se describirán de manera global en el cap. 19, los estándares como los del OGC, que pueden verse en el cap. 20 y las recomendaciones propias de un país o región, como el caso del Núcleo Español de Metadatos (NEM, 2005) o el Perfil de Metadatos para Latinoamérica (LAMP, 2011).
- **Los acuerdos entre productores** de datos, tanto del sector público como particulares, de proveedores de servicios, usuarios, que crean redes de comunicación e intercambiando experiencias y buenas prácticas, y fomentan la creación de asociaciones amplias y omnipresentes, para que el desarrollo de una IDE sea potente y armonioso.
- **Los acuerdos** entre instituciones y organismos para compartir IG, sin que se dupliquen esfuerzos ni gastos.
- **El personal** que mantiene y hace funcionar los sitios web y los recursos informáticos que contribuyen a la IDE. A este respecto, las recomendaciones expuestas en el capítulo 9 del Cookbook del GSDI (GSDI, 2009) sobre creación de capacidades para la creación y mantenimiento de una IDE, han tenido mucho que ver en la redacción de buena parte de este libro.
- **El esquema organizativo** que coordina la IDE en un país, reparte responsabilidades y planifica esfuerzos.
- **El marco legal** que regula aspectos como qué información es oficial, qué ocurre con los derechos de autor y las licencias de uso, qué organismos públicos tienen la obligación de publicar una cartografía dada, en qué consiste el derecho de los ciudadanos a acceder a la IG generada por los organismos públicos..., etc.
- **Las políticas** definidas por los gobiernos para regular y fomentar el uso de la IG.
- **Los usuarios**, que gracias a la Web 2.0 (ver cap. 16 sobre información aportada por ellos) tienen la posibilidad de incorporar datos y opiniones, son igualmente una parte importante del sistema. Todos estos elementos son necesarios y la ausencia de cualquiera de ellos, puede hacer

que la IDE no esté equilibrada y no produzca los resultados esperados. Especial importancia tiene la comunidad de actores que se genera alrededor de una IDE y que la mantiene viva, entendiendo tal comunidad como el conjunto de organizaciones y personas que colaboran para conseguir un fin común, en este caso compartir IG del modo más eficiente posible. Esa comunidad es el alma de una IDE, donde las decisiones importantes deben acordarse, para que se genere un proyecto realmente cooperativo, abierto y de autoría colectiva.

2.2.1 Tareas que permiten las IDE

De esta forma, con la puesta en marcha de las IDE se consigue que un usuario, tanto experto en IG como inexperto, pueda realizar, si se cumplen los estándares, las diferentes tareas que ordenadas por cierto orden lógico se citan a continuación:

- **Buscar** la IG que hay disponible en una zona geográfica con descripción del formato, la manera de acceder a ella, el año en que se produjo, la calidad que ofrece, quién la ha elaborado, si existe un servicio que la publique y demás características relevantes.
- **Visualizar** y superponer mapas, ortofotos, MDT y datos geográficos en general de diferentes organismos, con diferentes sistemas de referencia, en distintos formatos y con propiedades heterogéneas.
- **Buscar** una entidad geográfica por su nombre y ver dónde se ubica sobre una cartografía.
- **Acceder** a las entidades geográficas en un formato estándar, así como a sus atributos, coordenadas, topología y geometría.
- **Realizar operaciones de análisis** básicas, como enrutamiento, cálculo de perfiles o análisis de superficies.
- **Realizar transformaciones** de un modelo de datos a otro diferente, si ambos están descritos de forma normalizada.
- **Descargar** los datos que se precisen para analizarlos en un SIG, si los servicios ofrecidos por la IDE no satisfacen las necesidades del usuario.

Con el establecimiento de las IDE se pretende eliminar los obstáculos que dificultan la disponibilidad y accesibilidad de la IG, que ocasionan problemas y pérdidas de tiempo, y que hacen muy difícil y costosa la reutilización de datos geográficos para un propósito diferente al original.

2.3 ¿Quién puede generar una IDE?

Como ocurre con otras infraestructuras básicas de un país o región (carreteras, ferrocarriles, aeropuertos, hospitales, alumbrado, etc.) parece lógico que sea la Administración Pública quien tenga la responsabilidad de implantar una IDE. Sin embargo, la construcción de una IDE implica un paso previo que consiste en un cambio de actitud de los interesados.

Si el objetivo es que todos puedan acceder a la IG, la sociedad no debe seguir articulándose en cajas cerradas y aisladas en las que se almacena la información, a menudo para

olvidarla después. El modelo debe basarse en la cooperación de un amplio conjunto de organizaciones que quieran publicar sus datos cartográficos y, en general, sus recursos cartográficos para su uso. Por ello, las IDE se basan en iniciativas colaborativas, que cuentan con las aportaciones de un amplio conjunto de actores del sector público y están abiertas a otros actores, como empresas privadas, universidades y ciudadanos. A menudo, el liderazgo lo desempeña el organismo responsable de la cartografía básica, como una extensión natural de su actividad tradicional, aunque no siempre es así.

2.3.1 El impulso en Europa

La propia naturaleza del medioambiente, en el que animales, lluvias ácidas, epidemias y otros agentes móviles son ajenos a aduanas y fronteras humanas, es lo que ha impulsado la cooperación entre países en un intento de homogeneizar su IG para poder tomar decisiones medioambientales transfronterizas. Por esa razón, la Agencia Europea de Medio Ambiente (*Environmental European Agency*) fue la que tomó la iniciativa de impulsar una Directiva Europea (INSPIRE, 2007) para la creación de una infraestructura para la Información Espacial en Europa. Esa Directiva, de obligado cumplimiento para todos los países miembro, guió el gran movimiento europeo hacia las IDE.

En España, dentro del Consejo Superior Geográfico se creó un Grupo de Trabajo para la definición y desarrollo de la IDE de España (GT IDEE). Se trata de un grupo de carácter técnico abierto, integrado por representantes y expertos de los productores de IG, tanto de capas de referencia como de capas temáticas a nivel estatal, regional y local, en el que también participan las universidades y el sector privado.

2.3.2 El marco legal

Como ya se ha mencionado, una IDE debe estar respaldada por un marco legal que establezca unas mínimas reglas de juego y defina responsabilidades básicas. Es importante que el proceso de elaboración de ese marco sea lo más participativo posible. Los responsables de la coordinación general, en principio, son las administraciones y organismos del sector público, aunque lo ideal es que actúen como moderadores de la comunidad de participantes. Lo habitual es invitar al sector privado y a la universidad a que se sumen voluntariamente a la infraestructura.

En España, en el año 2010, mediante la Ley de las Infraestructuras y Servicios de IG (LISIGE, 2010), se transpuso a la legislación nacional la Directiva europea INSPIRE (Potti *et al.*, 2011; [23]), donde se recogen sus principios [24]:

- Los datos se deben capturar una única vez y mantener allí donde se logra la máxima efectividad.
- Debe ser posible combinar de forma continua los datos geográficos provenientes de diferentes fuentes de toda Europa, y compartirlos con todo tipo de usuarios y aplicaciones.
- Debe ser posible compartir a todos los niveles y a todas las escalas, la información cap-

turada a una escala y a un nivel determinado, de manera detallada para proyectos de investigación, y de manera general para propósitos estratégicos.

- La IG necesaria para la buena gobernanza, a todos los niveles, debe ser abundante y estar disponible de manera ágil y transparente.
- Debe ser fácil averiguar qué IG hay disponible, cómo puede utilizarse para satisfacer unas necesidades concretas y bajo qué condiciones puede adquirirse y usarse.
- Los datos geográficos deben ser fáciles de entender e interpretar, y la forma de seleccionarlos debe ser amigable.

En España participan en la IDEE una multitud de organismos incluyendo la Dirección General del Catastro, el Instituto Geográfico Nacional, los Gobiernos de las Comunidades Autónomas, el Instituto Nacional de Estadística, Correos, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, y una larga lista que incluye a casi todos los ministerios, un grupo de universidades destacadas, multitud de ayuntamientos y todo tipo de organizaciones. Lo fundamental es que cualquier organismo público que elabore cartografía en el ejercicio de sus funciones, publique dicha información mediante servicios estándares. Así, voluntariamente cualquier universidad, empresa privada o incluso cualquier ciudadano aficionado o profesional de la cartografía, puede contribuir al crecimiento de la IDE publicando sus propios servicios web o desarrollando servicios propios que puedan utilizar otros.

En Latinoamérica, los organismos que a escala regional están jugando un rol importante son: el programa GeoSUR, en el que en 2011 participaban una veintena de organismos entre Institutos Geográficos Nacionales y Ministerios de Medio Ambiente y Obras Públicas de diferentes países (ver cap. 37); el IPGH y el CP-IDEA, que cumplen un papel similar al de INSPIRE en Europa, impulsando la creación de IDE nacionales. Sin embargo, a diferencia de Europa, Latinoamérica todavía no dispone de una normativa legal regional de obligado cumplimiento.

2.4 ¿Quién puede usar las IDE?

Cualquier usuario puede utilizar los recursos que le ofrece la IDE de un país o región para satisfacer sus necesidades. Se describen a continuación algunos casos de uso, sabiendo que es prácticamente imposible ser exhaustivos.

2.4.1 Los ciudadanos

Cualquier internauta, sin necesidad de tener conocimientos cartográficos previos, puede explotar una IDE gracias a los recursos que proporciona una interfaz de uso fácil y cómodo para explotar la IG: visualizadores, clientes de nomenclátor, buscadores, etc.

Los ciudadanos que habitualmente usan la web, necesitan en algún momento acceder a la IG, ya sea para planificar una ruta turística, para llegar a una cita o consultar el área de una parcela. Una buena parte de las necesidades de IG del ciudadano se pueden satisfacer con los recursos que ofrecen las IDE sin coste adicional alguno, y con información actualizada y oficial.

2.4.2 Los intermediarios

Los intermediarios, o *brokers*, como en muchos sectores productivos maduros, juegan un papel importante en la difusión y uso de las IDE. Son los que utilizando los servicios básicos existentes en una IDE, por ejemplo, los Servicios Web de Mapas, Servicios de Nomenclátor y Servicios de Catálogo, construyen clientes, aplicaciones y geoportales adaptados a las necesidades de un grupo específico de usuarios finales, que se ajusten a su idiosincrasia y a cómo están acostumbrados a manejar la IG.

Un ejemplo es la IDE de Arqueología [25] iniciada en España, que presenta la información utilizando el vocabulario técnico de la especialidad y reproduce sus formas de trabajo. Otro ejemplo que se muestra en el cap. 33 es el prototipo de IDE aeronáutica [26] conforme con los requisitos de la OACI, que permitirá que los pilotos obtengan directamente de la web la cartografía oficial necesaria para un vuelo y las incidencias que instantáneamente se produzcan en cualquiera de los lugares de su interés (problemas en las pistas, cambios bruscos en la climatología, presencia de cenizas volcánicas, etc.)

2.4.3 Los desarrolladores

Son usuarios que poseen conocimientos de tecnologías de la información (TI) necesarios para poder utilizar los servicios web directamente. Pueden desarrollar clientes específicos que los exploten, o bien generar aplicaciones que incorporen los servicios web en remoto como parte de la lógica de la aplicación. Por ejemplo, si a un técnico se le encarga crear un visualizador a grandes escalas, un callejero, y que además se pueda calcular la ruta más corta entre dos puntos, tanto la visualización como el procesamiento se pueden realizar a través de servicios interoperables que siguen protocolos estandarizados. El Proyecto CartoCiudad [27] es un buen ejemplo de ello.

2.4.4 Los tomadores de decisiones

Los responsables políticos y gestores de alto nivel tienen que tomar a menudo decisiones en las que el componente geográfico es importante: la ubicación de un nuevo polígono industrial o de un equipamiento determinado; el diseño de una campaña electoral en función de la distribución de la intención de voto; el trazado de una nueva carretera; la planificación de todo tipo de infraestructuras (Gutiérrez, 2010).

Para ello, sería muy útil que los responsables de la toma de decisiones (políticas, económicas o sociales), a menudo ajenos al mundo geomático, dispusieran de aplicaciones que, basadas en servicios web y con una interfaz sencilla, amigable y de uso fácil, les permitieran consultar en cada momento la IG más actualizada y realizar las consultas específicas que les sirvieran como apoyo en dicha toma de decisiones.

2.4.5 Las organizaciones

Cualquier gran entidad, ya sea pública o privada, debe poder utilizar las IDE con varios objetivos de carácter estratégico:

- Tener visibilidad en la IDE nacional publicando algunos servicios web y mejorar así su imagen corporativa.
- Utilizar las IDE como un medio privilegiado de comunicación con sus usuarios o clientes, e informarles de dónde están sus oficinas y cómo pueden llegar hasta ellas, o de sus planes y proyectos, si son grandes infraestructuras (carreteras, puentes, urbanizaciones, obras municipales...), o de sus realizaciones y proyectos finalizados.
- Utilizar las IDE bajo la filosofía de la Web 2.0, invitando a los usuarios a crear contenidos geográficos y subirlos a una plataforma común para su posterior publicación. Son actividades que ya funcionan, como el informe de deficiencias en el mobiliario urbano de una ciudad, la información incluso con fotografías y videos sobre puntos negros en carreteras, las sugerencias, etc.

2.5 El modelo cliente-servidor

Las IDE se basan en el modelo de arquitectura informática denominado cliente-servidor. Esta tecnología es la que generalmente utilizan las aplicaciones de Internet-Intranet, donde un *software* llamado genéricamente cliente, que funciona en un ordenador local, se comunica y realiza una petición a un ordenador remoto que le responde con la información o el servicio solicitado (fig. 2.1).

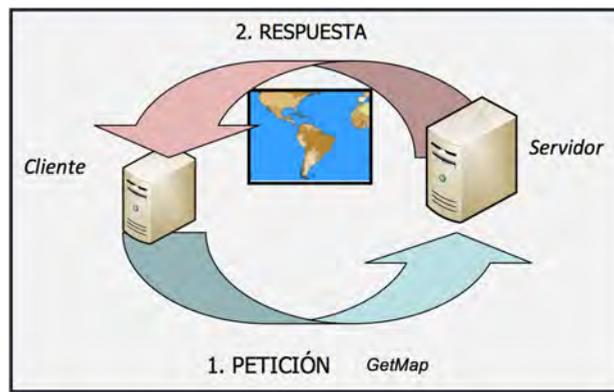


FIGURA 2.1. Esquema del modelo cliente-servidor. (Fuente: Elaboración propia)

Un único servidor suele servir a una multitud de clientes, ahorrando a cada uno de ellos el problema de tener la información almacenada localmente y verse obligado a actualizarla y gestionarla.

Originalmente, en el modelo cliente-servidor, las aplicaciones estaban distribuidas en los clientes locales y los datos se gestionaban de manera centralizada, de forma que la aplicación corría en el cliente y los datos se almacenaban en el servidor. Los servidores eran solamente servidores de datos. Sin embargo, el *software* se ha ido desplazando progresivamente hacia el servidor, y actualmente es frecuente que casi todo el proceso se ejecute en servidores cada vez más potentes y que éstos sirvan aplicaciones, además de almacenar los datos.

Grosso modo, la arquitectura y funcionamiento de las IDE se basan en el modelo cliente-servidor que se ha descrito. Hay una parte cliente, compuesta de un *hardware* cliente y un *software* cliente, que interroga en remoto al servidor; y una parte servidora, compuesta de *hardware* servidor y aplicación servidora, que responde a las peticiones que le llegan (fig. 2.2). En los capítulos 22 y 23 se muestra esta arquitectura con más detalle.



FIGURA 2.2. Esquema de peticiones del modelo cliente-servidor. (Fuente: Elaboración propia)

Esta arquitectura no es exclusiva de las IDE. Existen multitud de servidores en Internet como: los servidores de dominio (DNS), que responden con un número identificador (IP) cuando se les pregunta sobre una dirección textual; los de correo, que entregan los mensajes que el cliente envía; o los servidores de ficheros, que se encargan de entregar los ficheros que se piden a través de la Red. Son aplicaciones informáticas que están ejecutándose en un *hardware* accesible por el usuario desde Internet, preparadas para devolver una respuesta cuando le llega la petición adecuada.

Las IDE están basadas en este modelo y por ejemplo, un Servicio Web de Mapas, al recibir una petición en un lenguaje que el servidor entiende, como la petición GetMap ('dame un mapa'), devuelve una imagen del mapa de la zona solicitada. Si el formato de la petición es estándar y la respuesta está también estandarizada, el Servicio Web de Mapas será estándar e interoperable, y podrá integrarse en una IDE.

Si los servidores están estandarizados, desde un mismo cliente (usuario) se puede acceder a través de Internet a multitud de servidores de diferentes instituciones que proporcionarán la información en la que están especializadas (fig. 2.3).

En el cap. 22 se explica en detalle el modelo cliente-servidor y algunos detalles técnicos de cómo funciona en la práctica.

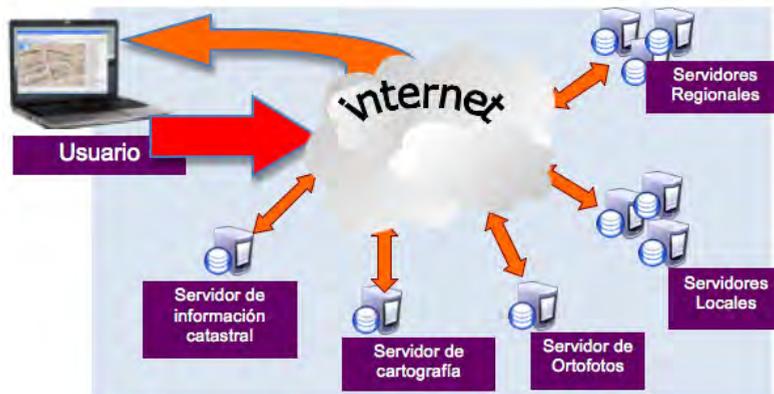


FIGURA 2.3. Acceso de un mismo cliente a diferentes servidores que proporcionarán diversos servicios dependiendo de su especialización. (Fuente: Elaboración propia)

2.6 Proyectos IDE en el mundo

Puede decirse que las IDE nacieron en el año 1994, con la Orden Ejecutiva 12906 del presidente de los EE. UU. Bill Clinton, que definía y ponía los recursos necesarios para la implementación de la IDE de ese país [28]. La IDE de Estados Unidos se convirtió en un proyecto muy orientado a la localización y descarga de datos geográficos, no desarrollando suficientemente el análisis y explotación de los datos en remoto. Varios países del entorno anglosajón siguieron esa línea de trabajo, definiéndose rápidamente, por ejemplo, las IDE de Canadá [29], Australia [30] y Nueva Zelanda [31].

En el mismo año, se formó el *Open GIS Consortium* (OGC), más adelante *Open Geospatial Consortium*, consorcio abierto dedicado a la definición de estándares de interoperabilidad, en el que cualquier institución podía ingresar como miembro. En el cap. 20 se desarrollarán con más detalle aspectos de ese consorcio.

En el ámbito europeo, el siguiente hito importante fue la aprobación en el 2007 de la Directiva INSPIRE (2007) por la que se establece una IDE en la Comunidad Europea [32], que obliga a los países miembros de la Unión Europea a implantar una IDE nacional. Bajo el amparo de INSPIRE se han desarrollado un buen número de iniciativas nacionales, como la IDE de Holanda [33], la IDE de Suecia [34], o la IDE de Alemania [35]. En España [36] se disfruta de una situación privilegiada, con una IDE nacional que inició su andadura en el año 2004 y agrupa a dieciséis IDE regionales de otras tantas Comunidades Autónomas y a más de mil nodos municipales.

Las IDE han florecido también en todo Latinoamérica. Una lista del año 2008 [37], incluía ya nueve proyectos de IDE nacionales bien asentados y en funcionamiento. En la actualidad, todos los países están involucrados en la implantación de una IDE nacional y ya hay varios proyectos transfronterizos y multinacionales en marcha.

En el ámbito supranacional, varias iniciativas de implantación de IDE tienen como ámbito de actuación una región, como por ejemplo: el Comité Permanente para la IDE de Asia y el Pacífico [38], el Comité Permanente para la IDE de las Américas (PC-IDEA) [39] o varias iniciativas en África [40]. Por último, la *Global Spatial Data Infrastructure* (GSDI) [32] es una organización que mantiene una serie de recursos y actividades (sitio web, foro y congreso anual) como punto de encuentro en el ámbito mundial de proyectos e iniciativas IDE.

2.7 Conclusiones

Resulta evidente que la IG es esencial para la toma de decisiones que afectan al territorio. El enorme valor de esa información, junto con la revolución que ha supuesto la Globalización, y su cara más visible, Internet, hace natural que los gobiernos la compartan utilizando los estándares disponibles. En los años 90, la tecnología SIG ofrecía un amplio abanico de soluciones para la gestión de datos geográficos y la sociedad estaba razonablemente convencida de la utilidad y pertinencia de su utilización. Sin embargo algunos problemas ensombrecían, dificultaban y encarecían su aplicación en la práctica: datos costosos, fuentes de información desconocidas e inaccesibles, modelos y formatos incompatibles... Por otro lado, las aplicaciones presentaban una complejidad excesiva, el proceso de aprendizaje para su utilización era ciertamente complicado y la necesaria personalización (*customization*) del producto exigía una labor de programación que no todos los usuarios podían permitirse.

Estas debilidades se han visto solucionadas o al menos atenuadas, por la aplicación de la filosofía de los sistemas abiertos a los SIG, que han devenido no solo en disponer de SIG interoperables sino en la aparición de algo nuevo: las IDE basadas en servicios web encadenables.

Una IDE puede definirse como un sistema de sistemas integrado por un conjunto de recursos muy heterogéneo (datos, *software*, *hardware*, metadatos, servicios, estándares, personal, organización, marco legal, acuerdos, políticas, usuarios...), gestionado por una comunidad de actores, para compartir IG en la web de la manera más eficaz posible

Las IDE han supuesto la superación de los principales problemas que lastraban el uso de los SIG: los datos se publican fácilmente en la Red y son accesibles mediante protocolos normalizados; se dispone de un formato universal de intercambio de datos, GML y acceder a la tecnología es considerablemente más fácil tanto para el usuario final, que puede solicitar servicios OGC en remoto desde un simple navegador mediante interfaces sencillas, como para los técnicos que implementan servicios e integran componentes.

La implantación y utilización de la tecnología que aportan las IDE supone un cambio de paradigma en la gestión y utilización de la IG, y deberá permitir alcanzar la «democratización» del uso de este tipo de información, conectando además fácilmente el mundo de la IG con el mundo de la gestión administrativa de datos alfanuméricos que incluyan una dirección postal como referencia geográfica.

Hasta ahora, como otras infraestructuras, las IDE están siendo lideradas y promovidas por los gobiernos, aprovechando las normas definidas por la ISO y por las entidades que definen estándares aplicables, esencialmente el OGC y el Consorcio World Wide Web (W3C).

Primero USA y su ámbito de influencia lingüística (Canadá, Australia, Nueva Zelanda), después Europa, con un enorme apoyo legal (Directiva INSPIRE) y los países de América Latina, espoleados por el IPGH y coordinados por el PC-IDEA, se afanan en la puesta en marcha de esas infraestructuras. Su perfeccionamiento supondrá la posibilidad de acceso a la IG y colaboración a unos niveles nunca antes conocidos, rompiendo viejas y cuestionables tradiciones de mantener la IG accesible sólo a unos pocos y con considerables obstáculos tecnológicos (formatos, modelos...) que vencer.

Por todo ello las IDE se perfilan como una herramienta básica de gestión de la realidad y como un potente motor de desarrollo, que apenas ha iniciado su ciclo de vida y que probablemente nos estará presente como tecnología puntera durante los próximos decenios.

CAPÍTULO 3

COMPONENTES DE UNA IDE

Alejandra S. Maganto¹, Antonio R. Pascual², Miguel A. Bernabé³.

^{1,2}CNIG, Instituto Geográfico Nacional de España, Madrid, España

³LatinGEO, Grupo de Investigación Mercator, Universidad Politécnica de Madrid, España

¹asmaganto@fomento.es, ²afrodriguez@fomento.es, ³ma.bernabe@upm.es

Resumen. En los capítulos anteriores ha quedado demostrada la importancia de la IG y la necesidad de desarrollar estrategias para permitir a los interesados acceder a ella, teniendo en cuenta los permisos y restricciones de uso y/o acceso establecidos por el propietario de la información. Para solucionar esta necesidad se han puesto en marcha en todo el mundo iniciativas conocidas con el nombre de IDE, que se definen como un sistema informático integrado por un conjunto de datos y servicios (descritos a través de sus metadatos), de tecnologías que permiten gestionarlos y manipularlos a través de Internet, de estándares que regulan y garantizan la interoperabilidad de los datos y de acuerdos políticos que permiten que un usuario, utilizando un simple navegador, pueda acceder y combinar la IG según sus necesidades, acercándola así a la sociedad. El ámbito territorial de esas iniciativas es muy variado. Hay iniciativas globales (como la iniciativa GSDI) que se encarga de fomentar la puesta en marcha de las IDE en todos los países del mundo; hay iniciativas regionales, como INSPIRE, que a nivel de Directiva promueve las IDE en Europa, o PC-IDEA, que a nivel de recomendación lo hace en las Américas; hay iniciativas nacionales, lideradas por los gobiernos de cada país; las hay provinciales, locales, institucionales, temáticas, etc. Para poner en marcha estas iniciativas se necesita (a) un componente político a nivel territorial que fomente esta iniciativa y asegure que los datos producidos por instituciones públicas se compartan por toda la administración y potencie su uso para los ciudadanos. Es necesario también (b) un componente tecnológico que garantice la comunicación efectiva entre los usuarios y las máquinas. Puesto que Internet es la herramienta de comunicación y transferencia de los datos, deberá utilizarse una estructura informática bien definida (una arquitectura informática conocida como arquitectura cliente-servidor) que permita al usuario, sentado delante de su ordenador y conectado a Internet, preguntar a otro ordenador y posibilitar que éste le responda, de manera que el usuario entienda la respuesta. Para ello, será también necesario utilizar lenguajes (XML, GML) para transmitir la IG a través de la red y que ésta se entienda tanto por las máquinas como por los usuarios. El objetivo que se persigue es que independientemente del tipo de ordenador del usuario o de la marca de su programa de gestión de datos geográficos o del navegador de Internet que utilice, las preguntas que el usuario realice, las operaciones que haga, los archivos que gestione y las salidas de información que genere, se entiendan por cualquier otro sistema de cualquier usuario; es decir, que el concepto de interoperabilidad esté presente en todo el proceso tecnológico. El encargado de elaborar todas las especificaciones necesarias para garantizar la interoperabilidad es el consorcio OGC. El componente tecnológico anterior permite la interoperabilidad del (c) componente geográfico compuesto tanto por los conjuntos de datos que recogen los diferentes proveedores de IG (que gracias a sus metadatos está completamente documentada), como por los servicios disponibles para la gestión de

esos datos geográficos. Los numerosos servicios que se ofrecen a través de la IDE, son similares a los que utilizan los usuarios de IG en el mundo ajeno a Internet. Por ejemplo, si un usuario necesita ver un mapa, las IDE responden con un estándar que se llama WMS. Incluso si quisiera ver el mapa solicitado con una apariencia determinada (líneas con colores, grosores y aspectos determinados, simbología propia, etc.), el estándar utilizado será el SLD. Si el usuario necesita una capa vectorial, la puede obtener a través del WFS. Si en vez de una entidad en formato vectorial el usuario necesita una cobertura raster, dispondrá de un WCS. También las IDE permiten localizar entidades geográficas por medio de un servicio llamado nomenclátor que ofrece la situación geográfica de una entidad. Para localizar un recurso, el sistema debe disponer de un servicio de catálogo (CSW), donde se informe al usuario tanto de los conjuntos de datos disponibles como de las direcciones URL donde podrá acceder al recurso deseado (que puede ser un servicio, una aplicación, unos datos, etc.). Finalmente, (d) el componente social, compuesto por los actores de las IDE (productores, generadores de servicios, colaboradores, intermediarios, usuarios finales) y comunidades de apoyo, fomentan el desarrollo, el uso, la difusión y, en consecuencia, el éxito de esta nueva iniciativa en la sociedad.

Palabras Clave: Componentes IDE, Consejo Superior Geográfico, marco legal, INSPIRE, interoperabilidad, OGC, normas, estándares, metadatos, servicios web, actores de las IDE, comunidades IDE, difusión.

3.1 ¿Cómo se organiza un proyecto IDE?

En una IDE, de cualquier ámbito espacial y temático (además del **componente geográfico** compuesto por los datos, los descriptores de esos datos -o metadatos- y los servicios que puedan llevarse a cabo), una parte fundamental es la **organización**, responsable de ordenar, regular, estructurar y armonizar el resto de componentes de una IDE (datos, metadatos, servicios, *hardware*, *software*, marco legal, etc.) para conseguir que todo funcione de manera armoniosa y eficaz.

La organización incluye un **componente político** que permita:

- La creación de un organismo colectivo, compuesto por el conjunto de actores implicados en las IDE y donde todos tengan voz y voto, que sirva como entidad responsable y dirigente de la IDE.
- La aprobación de un marco legal adecuado que promueva y regule la implantación de una IDE en el ámbito en cuestión.
- La definición de los convenios, alianzas y acuerdos de colaboración necesarios para aumentar la disponibilidad de datos y servicios espaciales, intercambiar experiencia y buenas prácticas, y compartir los desarrollos tecnológicos.
- Los acuerdos entre los productores de IG, principalmente entre los productores oficiales, para coordinar la generación y mantenimiento de la IG, sin huecos ni solapes, componente básico y esencial para generar el resto de recursos que componen la infraestructura.

Debe preverse en la organización un **componente tecnológico** capaz de:

- Establecer los estándares y normas necesarios para que los sistemas y servicios de datos espaciales puedan ser interoperables.
- Realizar la coordinación del conjunto de herramientas y mecanismos informáticos (*hardware, software, comunicaciones*) que permiten que la red sea operativa y se pueda buscar, consultar, acceder, obtener y usar datos geográficos.

Por último, hay que destacar el **componente social** o conjunto de actores que intervienen en una IDE (productores de datos, proveedores de servicios, desarrolladores, intermediarios, usuarios) cada uno de ellos con unas competencias, un rol y unas capacidades particulares e integrados en una comunidad colaborativa.

A continuación se hace una breve descripción de las componentes política, tecnológica, geográfica y social aunque a la componente geográfica, por su importancia, se la dedicarán además varios capítulos.

3.2 El componente político

Una IDE es un proyecto colectivo en el que participan una gran diversidad de actores, y necesita iniciativas y actuaciones legales que establezcan y regulen su desarrollo.

3.2.1 Necesidad de un organismo colectivo

En un proyecto IDE intervienen la Administración, la empresa privada, la universidad y los usuarios, cada uno con intereses y necesidades bien diferentes. Parece muy importante que sus iniciativas y actuaciones, estén coordinadas, armonizadas e integradas en un contexto más amplio, con pleno reconocimiento ante terceros interesados y con efectos jurídicos y técnicos de conformidad con la normativa aplicable en el ámbito territorial. Pero, ¿quién o qué organización tiene autoridad para esta labor de regulación? Una solución sería que ese papel lo desempeñara un organismo colectivo, en el que todos los actores relevantes estuvieran representados, cuya organización y burocracia no fuera demasiado pesada y en el que todos los implicados se sientan cómodos.

La solución organizativa óptima depende de la cultura de cada país o región y de los medios de que se disponga. Para el caso concreto de España, el organismo colectivo es el Consejo Superior Geográfico (CSG), órgano dependiente del Ministerio de Fomento que ejerce la función consultiva y de planificación de la IG y de la cartografía oficial. Las funciones a desarrollar por el CSG en relación con la IDE de España aparecen descritas en el REAL DECRETO 1545/2007.

3.2.2 La importancia de la existencia de un marco legal

El establecimiento de un marco común y la necesidad de coordinación entre todos los agentes implicados, son las circunstancias que hacen necesario el marco legal para sostener el proyecto IDE dentro de una comunidad. Por un lado, al ser una IDE una infraestructura

básica, es lógico que la Administración lidere su implementación, y para coordinar las distintas iniciativas gubernamentales, lo más eficaz es una norma legal.

El marco legal establece las competencias, el régimen jurídico, los requisitos de colaboración entre organismos públicos, la política de datos general a adoptar, en el ámbito de la cartografía y de la IG de los organismos implicados. En España, por ejemplo, se han aprobado diferentes normas legales tanto en el ámbito nacional (LEY 14/2010) como en ámbitos regionales: Andalucía (DECRETO 141/2006), Aragón (RESOLUCIÓN de 1 de junio de 2010), Cataluña (LEY 16/2005), Castilla y León (DECRETO 82/2008), etc., conforme a su división administrativa. También en Latinoamérica una buena mayoría de países tienen sus normativas aprobadas, como es el caso de Colombia a través del DECRETO 208/2004.

3.2.3 La importancia de la Directiva INSPIRE en Europa

El marco legal que fija las normas generales para el establecimiento de una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea es la Directiva INSPIRE [41], orientada a la aplicación de las políticas comunitarias con una incidencia, directa o indirecta, en el medio ambiente. INSPIRE establece los principios para crear una IDE a nivel europeo basándose en las infraestructuras establecidas y gestionadas por cada uno de los Estados miembros.

Los principios fundamentales que esta Directiva establece pueden resumirse en:

- Los datos deben recogerse una sola vez y deben gestionarse allí dónde puedan mantenerse del modo más efectivo.
- Debe ser posible combinar, de forma coherente, datos espaciales de diversas fuentes en toda la Comunidad, más allá de las fronteras y compartirlos con muchos usuarios y aplicaciones.
- Se compartirán los datos espaciales recogidos por las administraciones en todas las escalas y a todos los niveles de detalle, ya sea desde un alto grado de detalle para fines de investigación, como a un nivel general para propósitos estratégicos.
- La IG necesaria para una buena gestión a todos los niveles debe estar disponible, ser fácilmente accesible, ser fácil de entender y deben conocerse bajo qué condiciones puede adquirirse y utilizarse.

El avance en la transposición de esa Directiva a cada uno de los países de la UE puede consultarse en la página web informativa de la Unión Europea.

La directiva INSPIRE ha impulsado un movimiento de tal magnitud, que a fecha de 2011 ya hay disponibles más de 1000 servicios web de IG en Europa y casi todos los países miembros tienen un geoportel nacional.

3.3 El componente tecnológico

En los proyectos IDE, la arquitectura por excelencia es la denominada arquitectura cliente-servidor, en la que una serie de clientes (navegadores web) solicitan una serie de servicios a

ordenadores-servidores remotos. Estos últimos procesan las peticiones de los navegadores (realizadas según el protocolo HTTP) y devuelven respuestas que se ven en páginas HTML.

3.3.1 Lenguajes de transferencia y comunicación

La estructura principal de las páginas que se muestran a través de Internet es una estructura de etiquetas, en la que a cada una se le asigna un valor. Dentro de los lenguajes de etiquetas, en el ámbito de las IDE es importante destacar dos lenguajes:

- XML: es un metalenguaje extensible de etiquetas desarrollado por el W3C [42]. La puesta en práctica de este lenguaje se puede encontrar, por ejemplo, en los registros de metadatos.
- GML: es un dialecto de XML para el modelado, transporte y almacenamiento de la IG. Un ejemplo práctico de uso de este lenguaje se encuentra en la descarga de datos de un WFS.

3.3.2 Concepto de interoperabilidad. Normas y estándares

Uno de los objetivos de las IDE es que se pueda compartir la IG procedente de diversas fuentes a través de Internet. Para eso, técnicamente es necesario que los sistemas se entiendan entre sí y además, que los datos que se compartan sean inteligibles y comparables por cada uno de los sistemas que los usan. Para lograrlo, se establecen los estándares que facilitan la interoperabilidad necesaria para que los datos, servicios y recursos de una IDE puedan utilizarse combinados y compartidos. Aquí se hará únicamente una introducción, ya que el tema se ampliará más adelante (ver cap. 17).

Según el Real Decreto 4/2010, la **interoperabilidad** es la capacidad de los sistemas de información y de los procedimientos a los que éstos dan soporte, de compartir datos y posibilitar el intercambio de información y conocimiento entre ellos.

La norma ISO 19119 sobre servicios web define el concepto de interoperabilidad como la capacidad para comunicar, ejecutar programas, o transferir datos entre varias unidades funcionales sin necesitar que el usuario conozca las características de esas unidades. La obligación de lograr la interoperabilidad conduce a la necesidad de abordar la creación y adopción de estándares.

Los propósitos de los estándares en el campo de la IG son:

- Proporcionar una buena especificación semántica (tener bien definido el significado de los datos que se quieren intercambiar).
- Proporcionar formatos definidos. Se reducirán costes y no se perderá la calidad al no tener que convertir formatos para que sean interoperables.
- Reducir costes en la implementación y mantenimiento del *software*.
- Reducir costes al evitar duplicaciones. Cada productor de datos se encarga de mantener sus datos actualizados.
- Mejorar la colaboración entre instituciones y clientes entre sí.

En el proceso de estandarización existen dos clases de actuaciones:

- Los procesos formales (*de iure*) se caracterizan por desarrollarse por un organismo de normalización oficial, altamente consensuado y legalmente aceptado. Como resultado se elaboran normas con respaldo legal. Las organizaciones ISO [43], CEN [44], AENOR [45], etc. son ejemplos conocidos de organismos que llevan a cabo estos procesos.
- Los procesos más prácticos (*de facto*) liderados por organismos que no tienen como misión la elaboración de normas (típicamente asociaciones de empresas y/o de grandes usuarios) que, con los necesarios consensos, producen documentos de aplicación voluntaria sin respaldo legal. Por ejemplo, en el área de la IG pueden citarse las conocidas **especificaciones** elaboradas por OGC y que posteriormente, la mayoría de ellas están siendo consideradas por ISO para la elaboración de sus normas.

3.4 El componente geográfico

La descripción geográfica de un territorio y de los fenómenos que sobre ella ocurren, exige la existencia de conjuntos de datos de los que además se conozcan sus características de calidad, actualidad, procedencia, etc. Con esos datos se puede pensar en la elaboración de servicios para en su publicación en Internet.

3.4.1 Los datos

Los datos geográficos que se utilizan en las IDE pueden clasificarse, según el tipo de información que representan, en:

- Datos de referencia: son los datos fundamentales que sirven de base para construir o referenciar cualquier otro conjunto de datos temáticos. Cumplen la misma función que la cartografía básica y son de propósito general. Ejemplos de este tipo de datos son: el sistema de coordenadas, las unidades administrativas, las redes de transporte, hidrografía, relieve, ortofotos, etc.
- Datos temáticos: son los elaborados a partir de datos de referencia, a los que se añade otras informaciones, que describen determinados temas concretos que ocurren sobre el territorio, como por ejemplo la hidrografía, la geología, el medioambiente, la climatología, etc.

Como se verá en el cap. 7, a su vez los datos digitales también pueden clasificarse según su estructura de una manera más general como datos raster o vectoriales. Por ejemplo, una ortofoto o un modelo digital de elevación pueden clasificarse como raster, mientras que una red de carreteras sería vectorial.

3.4.2 Los metadatos

Los metadatos informan a los usuarios sobre las características de los datos y de los servicios geográficos:

- Metadatos de datos, son los que describen las características de conjuntos de datos geográficos. Así, en un mapa topográfico, producido por un organismo cartográfico,

su registro de metadatos incluiría: la escala, el sistema de referencia por coordenadas, la fecha de creación, la fecha en que la información fue recogida, su autor, el ámbito espacial que cubren, etc.

- Metadatos de servicio, que describen las características del servicio. En este caso, un servicio de visualización de una organización (WMS) incluiría la siguiente información en su registro de metadatos: su dirección URL, la organización que lo proporciona, el ámbito espacial que cubre, el tiempo de respuesta, etc.

Sin embargo, de nada sirve que haya muchos datos y que estén muy documentados si no se sabe dónde están ubicados. Uno de los pilares fundamentales en el que se sustenta una IDE es el servicio de catálogo para la web (CSW). Este servicio permite a los usuarios la búsqueda, localización, acceso y selección de los datos geográficos almacenados en diferentes servidores. Para que los catálogos puedan ser interoperables y admitan búsquedas distribuidas, es necesario disponer de registros de metadatos que cumplan determinadas normas y estándares. En la actualidad, la norma ISO 19115:2003 *Geographic Information Metadata* es la norma internacional en materia de metadatos para datos. ISO 19119:2005 *Services* es la norma que incluye la descripción de los metadatos de servicios. Sobre metadatos se hablará con posterioridad en los capítulos 10 y 11 de este Libro.

3.4.3 Los servicios

La definición técnicamente rigurosa de «servicio» es la que aparece en la Norma ISO 19119:2005 que afirma que «servicio es una parte distinguible de la funcionalidad proporcionada por una entidad a través de una interfaz». En un lenguaje más próximo a nuestro entorno geomático se puede decir que un servicio web no es más que una aplicación que está ejecutándose continuamente en un ordenador (servidor), accesible desde Internet, que cuando recibe una petición en el formato adecuado, proporciona la respuesta correspondiente.

Una IDE se basa en un conjunto de servicios web que ofrecen una serie de funcionalidades útiles para la comunidad de usuarios. Este conjunto de funcionalidades resultan accesibles desde un simple navegador a través de Internet y consisten principalmente en la visualización, consulta, análisis y descarga de datos geográficos. En las IDE, el concepto fundamental alrededor del que gira toda la concepción del sistema, es el servicio y no los datos como ocurre en un SIG. Quien mejor ha dado una lección en ese sentido ha sido Google Earth, seguido de otros Globos Virtuales que, con datos de fecha desconocida, problemas de resolución, errores de cientos de metros en ocasiones y otros problemas, ha tenido un éxito espectacular debido a que la calidad del servicio es excelente.

El organismo encargado de elaborar los documentos técnicos de cada uno de los servicios web que se pueden implementar en una IDE es OGC. A continuación, se describe brevemente las características principales de los servicios más importantes especificados por este consorcio. Con posterioridad, en los capítulos 27, 28, 29 y 30, se describirán los servicios con mayor profundidad.

a) Servicio Web de Mapas (WMS)

Su principal objetivo es visualizar la IG almacenada en los servidores de datos de las organizaciones que integran la IDE. Esta especificación define mapa como una representación de la IG en forma de imagen digital, adaptada para la visualización en una pantalla de ordenador. El mapa es una imagen de los datos almacenados en los servidores.

Este servicio se solicita a través del navegador web del usuario que envía una petición en forma de URL. Esta petición se recibe y procesa por el servidor WMS que, como respuesta, devuelve al usuario una imagen en formato JPEG, GIF, PNG, etc. La definición de un formato u otro garantiza la transparencia de las capas de información, permitiendo la combinación de capas procedentes de diferentes servicio WMS. Este servicio permite también opcionalmente consultar los atributos alfanuméricos de la información que se visualiza [46].

Los mapas generados por los WMS pueden visualizarse a través de un navegador web (también llamados clientes ligeros), como Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera, Google Chrome, etc., o a través de algún *software* (llamados clientes pesados) que deben instalarse en el ordenador del usuario. En ambos tipos de clientes los visualizadores incluyen operaciones sencillas de visualización como: activar y desactivar capas, cambiar el orden y transparencia de las mismas, acercar y alejar, desplazarse sobre el mapa, vuelo panorámico, etc.

b) Descriptor de Estilos de Capa (SLD)

Es una extensión de la especificación WMS que permite a los usuarios utilizar estilos de simbolización propios, permitiendo definir cómo se va a representar la IG a través de la web. En [47], OGC define las características del lenguaje necesario para crear cada uno de los estilos de simbolización particulares que se definan.

c) Servicio Web de Fenómenos, entidades u objetos (WFS)

Este servicio permite acceder y consultar los atributos de un objeto (*feature*) geográfico como un río, una ciudad o un lago, representado en modo vectorial. Un WFS permite no sólo visualizar la información tal y como lo permite un WMS, sino que también permite acceder a la información y descargarla.

Este servicio dispone de operaciones obligatorias y optativas. Entre las primeras se encuentra la que permite descargar los datos geográficos y entre las segundas se encuentra la que permite manipular (editar, borrar, crear) la información almacenada en la base de datos (sólo a los actores autorizados) [48].

Hay discrepancias dentro de la comunidad geográfica en admitir el término “*fenómeno*” como el equivalente español del concepto inglés “*feature*”, aplicado a la información geográfica. No es de extrañar por lo tanto, que en algunas publicaciones se refieran al WFS como “servidor de entidades” o “servidor de objetos”.

d) Servicio de Nomenclátor (WFS-G)

Es un caso específico del servicio WFS ya que ofrece la posibilidad de localizar un objeto geográfico de

nombre dado y consultar los atributos que tenga asociados. Es un servicio web muy importante, ya que es el modo más natural de seleccionar la zona que el usuario quiere ver o consultar [49].

e) Servicio Web de Coberturas (WCS)

Es el servicio análogo al WFS pero en lugar de trabajar con datos en formato vectorial, lo hace con datos raster. Permite no sólo visualizar información raster, como lo permite un WMS, sino además permite consultar el valor del o los atributos almacenados en cada píxel [50].

f) Servicio de Catálogo para la Web (CSW)

Permite la publicación y búsqueda de información que describe datos, servicios, aplicaciones y en general, todo tipo de recursos de la IDE. Los servicios de catálogo, que están basados en el acceso a los metadatos de los datos y los servicios, son necesarios para proporcionar capacidades de búsqueda y solicitud de los recursos existentes dentro de una IDE [51].

g) Otros estándares en las IDE

Además de las ya citadas, existen otras organizaciones que han definido estándares que se aplican y utilizan en una IDE. Tal es el caso del W3C que ha definido entre otros el estándar SOAP [52], que es una forma general de definir servicios en la Red mediante una petición y una respuesta estandarizadas; el estándar FTP para la descarga de ficheros; o el estándar RDF [53] para la descripción semántica de recursos.

3.5 El componente social

La parte humana de las IDE se compone de actores interesados en su puesta en marcha, ya sea por el hecho de producir datos, pertenecer a la cadena de distribución, ser usuarios o simplemente pertenecer a comunidades de difusión y apoyo.

3.5.1 Los actores de una IDE

La experiencia dice que para que un proyecto IDE tenga éxito, es necesaria la participación de un conjunto de actores, cada uno con su rol específico:

- **Productores de datos:** son organismos y organizaciones públicas y privadas que se encargan de producir datos. En la mayoría de los proyectos IDE, este papel lo desempeñan inicialmente organismos públicos.
- **Proveedores de servicio:** son organizaciones que asumen la implementación, puesta en producción y mantenimiento de servicios web. Lo más natural y eficaz es que el organismo que ha producido unos datos sea el que se encargue de proporcionar el servicio web correspondiente, garantizando así que la información que muestre el servicio esté actualizada.
- **Desarrolladores de software:** son individuos, organismos y organizaciones públicas o privadas que crean las aplicaciones que intervienen en una IDE, ya sean las aplicaciones que proporcionan los servicios, las aplicaciones cliente que los explotan, o los geoportales que son la puerta de entrada a una IDE y que presentan toda la información. Este papel con frecuencia lo desempeñan empresas privadas y universidades.

- **Colaboradores en la definición de estándares y normas:** son organismos públicos, universidades y empresas privadas que colaboran en el desarrollo de los borradores y contribuyen a la creación de las versiones finales de estos documentos.
- **Intermediarios (*brokers*):** normalmente son empresas y organizaciones que aprovechando los recursos básicos que hay disponibles en una IDE (servicios, *software* compartido, datos, metadatos...) los integran, adaptan y generan servicios de valor añadido.
- **Usuarios finales:** son ciudadanos, organismos públicos o privados, empresas, universidades y cualquier otra persona física o jurídica que definen las necesidades de la IDE. Colectivamente son el actor más importante para el desarrollo de un proyecto IDE, y suelen organizarse en comunidades.

3.5.2 Las comunidades IDE

Para que una IDE sea un proyecto con éxito, que permanezca y se consolide con el paso del tiempo, es necesario llevar a cabo un conjunto de actividades de difusión y formación de la filosofía de las IDE en la sociedad. Como consecuencia se genera y consolida una comunidad IDE, formada por una variedad de actores de todo tipo que colaboran y cooperan en las IDE. En algunas ocasiones surgen de un modo natural pero en la mayoría de los casos son las instituciones públicas las que las promueven y en ocasiones patrocinan, como parte de su papel de liderazgo.

En España, existe la comunidad de la IDEE que está constituida por empresas privadas, administraciones, universidades, particulares y que contribuyen a la difusión del proyecto IDEE tanto dentro de España como en los países vecinos y naciones relacionadas (Iberoamérica, Europa...).

Hay que destacar como una labor muy importante para la difusión de las IDE en una comunidad, la realización de cursos de formación y congresos en los que se ven implicados tanto organizaciones públicas como privadas. También hay que señalar el papel de las universidades formando y transmitiendo sus experiencias tanto a organizaciones como a los propios usuarios finales.

En este apartado, deben citarse por su importancia, las comunidades virtuales que se generan en Internet basadas en listas de distribución como la lista IDEE de RedIRIS [54], los boletines de noticias como el blog IDEE [55], el boletín sobre IDE [56] o el Newsletter IDE Iberoamérica [57].

3.6 Conclusiones

Una IDE se define como un sistema informático integrado por (a) un conjunto de datos y servicios (descritos a través de sus metadatos), (b) de tecnologías que permiten gestionarlos y manipularlos a través de Internet, (c) de estándares que regulan y garantizan la interoperabilidad de los datos y (d) de acuerdos políticos que permiten que un usuario, utilizando un simple navegador, pueda acceder y combinar la IG según sus necesidades, acercándola así a la sociedad.

Para poder poner en marcha estos sistemas es necesario disponer de:

- Un **componente político**, responsable de fomentar esta iniciativa y que determine las actuaciones legales que establezcan el marco y regulen su desarrollo.
- Un **componente tecnológico** para que este sistema funcione a través de Internet. Para ello, es necesario que exista una comunicación efectiva entre los usuarios y los servidores por medio de una arquitectura conocida como “cliente-servidor”, en la que se intercambie información en un determinado formato (GML, XML, etc.).
- Un **componente geográfico**, formado por los conjuntos de datos y servicios web geográficos que se proporcionan a través de una IDE, así como los registros de metadatos que los describen.
- Un **componente social**, que se corresponde con un conjunto de actores, cada uno de ellos con un rol determinado, interesados en su puesta en marcha, ya sea por el hecho de ser productor de datos, de *software* o por pertenecer a las comunidades de difusión responsables de formar en la filosofía IDE. Este componente es necesario para que una IDE permanezca y se consolide con el paso del tiempo y en consecuencia, consiga el éxito de esta iniciativa en la sociedad.

BLOQUE 2

LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Se han definido las Infraestructuras de Datos Espaciales como un sistema integrado por un conjunto documentado de datos geográficos que, tras los necesarios acuerdos políticos entre productores, mediante unas tecnologías que permiten gestionarlos y manipularlos a través de Internet y de estándares que regulan y garantizan su interoperabilidad, permiten que un usuario pueda acceder a ellos, combinando esos datos para obtener una información acorde con sus necesidades.

La información geográfica procedente de esos datos que definen los fenómenos geográficos, tiene unas características relacionadas con la forma de ser captada de la naturaleza, de ser almacenada, tratada y visualizada que debe ser expuesta para conocer sus características y limitaciones.

Puesto que las Infraestructuras de Datos Espaciales generarán herramientas que podrán ser utilizadas en múltiples campos profesionales, es necesario que el usuario ajeno a las características de detalle de la información geográfica, disponga del conocimiento necesario para evitar errores cuando la maneje y gestione. Los capítulos de este bloque persiguen informar al lector de una manera elemental sobre aspectos básicos de este tipo de información.

CAPÍTULO 4

CARACTERÍSTICAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Juan M. Hernández Faccio¹, Emma Flores de Cuellar²

¹Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay

²Gerencia de Sistemas Territoriales, DIGN, Centro Nacional de Registros, El Salvador.

¹hernande@fcien.edu.uy, ²dflores@cnr.gob.sv

Resumen. La IG goza de un acelerado crecimiento desde las dos últimas décadas en cuanto a su volumen, exactitud y precisión. Este hecho es atribuible al desarrollo de Internet, a la evolución e innovación tecnológica, a las demandas de la sociedad y de las empresas, así como a los requisitos de la comunidad internacional en el intento de alcanzar el desarrollo sostenible y de hacer efectivas medidas de adaptación al cambio climático. La IG es pues imprescindible en la toma de decisiones para elaborar políticas territoriales y ambientales a escalas local, regional o global. Desde fines del siglo pasado, se diseñan estrategias para gestionar IG que, acompañadas por una evolución de carácter social y organizativa, condujeron a crear las IDE. Durante el siglo XXI, este proceso alcanza una segunda etapa de generación originándose IDE nacionales o locales en muchos países, incluyendo España y varios países de América Latina. El dato, producto de una observación, es el hecho bruto y la IG se define por un contenido más elaborado que tiende a reducir nuestra incertidumbre sobre el mundo que nos rodea. Los datos geográficos se caracterizan por la posición, los atributos temáticos, el tiempo, las relaciones espaciales y la dimensión. Sólo constituyen lo que se llama IG cuando se almacenan sistemáticamente y son consultables o explotables. Por otra parte, el dato es uno de los componentes esenciales de un SIG. En el contexto de una IDE, la IG se ofrece en forma de mapas o de capas con sus metadatos asociados que siguen protocolos estandarizados garantizando la calidad del dato. La toma de datos geográficos y la generación de IG, han dejado de ser tarea exclusiva de los productores de geoinformación estatales, al incorporarse el sector privado y más recientemente un importante número de personas, que de forma voluntaria difunden IG elaborada por ellos mismos en Internet. Estos hechos democratizan y descentralizan la IG, ya que se convierte en un fenómeno participativo, generando productos de rápido acceso con información añadida y que, además, se populariza. Este aspecto en particular será tratado en el cap. 16. La IG deriva de datos del mundo real cuya representación necesita de un sistema de referencia y de un sistema de coordenadas para georreferenciarla. Así, provista de latitud, longitud e incluso altura, posibilita su correlación y superposición con IG de distinto origen dentro de un SIG y facilita la interoperabilidad dentro de una IDE. Debido al avance de la geodesia satelital, de la astronomía, geofísica, informática y comunicaciones, surgen nuevos conceptos en la materialización de los sistemas de referencia. Éstos ajustan periódicamente la representación de la Tierra junto con el seguimiento de los desplazamientos de las placas tectónicas, permitiendo la migración desde los sistemas geodésicos locales a los globales. El volumen de IG disponible continuará incrementándose puesto que se conjuga la disponibilidad creciente de variadas fuentes de captura de datos geográficos

a menores costes y las necesidades de disponer de IG actualizada, dinámica, en línea y fiable. La IDE constituye el mecanismo idóneo para organizar el acceso a esa información. El desafío presente y futuro es mejorar la calidad y armonizar la IG generada. Este panorama revaloriza el conocimiento geográfico y amplía la base de investigadores, usuarios, proveedores y voluntarios para obtener, generar, manejar, analizar, reelaborar y diseminar IG. Esto tendrá incidencias en la toma de decisiones de organizaciones, gobiernos, academia y sociedad civil, dinamizando la implementación de las IDE a múltiples niveles en la era de la información y las comunicaciones.

Palabras Clave: Información Geográfica, Dato, Infraestructuras de Datos Espaciales.

4.1 Introducción

La IG entendida como aquella que puede relacionarse con localizaciones en la superficie de la Tierra (Chorley, 1987), goza de un importante crecimiento desde las dos últimas décadas en cuanto a volumen, exactitud y precisión. Este hecho es atribuible al desarrollo de Internet, a la evolución e innovación tecnológica, a las demandas de la sociedad y empresas, así como a los requisitos de la comunidad internacional, que intentan alcanzar el desarrollo sostenible y hacer efectivas medidas de adaptación al cambio climático.

El creciente interés por la IG está potenciado a través de la informática, por diferentes métodos y fuentes de captura de datos que provengan de imágenes satelitales, fotos aéreas, mediciones en el campo a través de GNSS, de la difusión de los SIG y del acceso a Internet.

Así, nuevas disciplinas o agrupamiento de técnicas que se refieren a la captura de datos geográficos, análisis, representación y difusión de la IG, se conforman como la Geomática o las Tecnologías de Información Geográfica (TIG). La primera se refiere al estudio de la superficie terrestre a través de herramientas informáticas y comprende la Informática, Geodesia, Topografía, Cartografía, Fotogrametría, Teledetección, GNSS, SIG, Sistemas de apoyo a la toma de decisiones, Ontologías y Web-GIS (Gomasasca, 2010). La segunda aglutina técnicas, aplicaciones, sistemas y recursos orientados al tratamiento y análisis de la realidad geográfica, comprendiendo la Cartografía, GNSS, SIG, y Teledetección (Chuvienco et al., 2005).

En este marco, se puso de manifiesto la necesidad de diseñar estrategias para gestionar la IG. Esto condujo a crear el concepto de IDE que se apoyara en una evolución de carácter social y organizativo.

El concepto IDE surgió en los ochenta y se expuso en la Cumbre de Río de Janeiro en 1992. Desde entonces, progresaron varias iniciativas denominadas hoy de primera generación. Durante la primera década del siglo XXI, surgen IDE en Iberoamérica y en España, algunas de ellas de segunda generación y otras aún en estadios más incipientes en varios países de América Latina.

Como ya se ha definido la IDE en capítulos anteriores, aquí se destaca la mejora en la utilización y distribución de la IG. Dicha infraestructura permite acceder y evaluar la IG por los usuarios y suministradores, sean del área gubernamental o académica, del sector comercial o no lucrativo, o los ciudadanos en general [58].

El rasgo diferenciador de la IG es la posición, y su normalización es clave para la interoperabilidad de los sistemas. Para esto, la familia de normas ISO 19100 dispone de varios documentos normativos relativos a los sistemas de referencia y a la expresión de la localización geográfica. Existen tres normas complementarias que permiten la referenciación de los objetos geográficos de manera directa (por coordenadas) o de manera indirecta (por indicadores geográficos) (Sevilla, 2008). Hay también otras normas generadas por OGC y por el consorcio World Wide Web.

A continuación se desarrollan conceptos, procedimientos y tendencias de la IG en la era de la información y comunicación, y por extensión, de implementación en las IDE.

4.2 Datos e Información Geográfica

Los términos dato e IG se utilizan como sinónimos aunque tienen significados distintos. Suele compararse la diferencia entre dato e IG con la que hay entre un conjunto de letras desorganizado y la palabra formada por dichas letras.

El dato, producto de una observación, es el hecho bruto que representa la realidad compleja y dinámica. No está exento de errores. Por su parte, la IG se define por un contenido más elaborado que tiende a reducir nuestra incertidumbre sobre el mundo que nos rodea. Los datos constituyen lo que se llama IG, cuando se almacenan sistemáticamente, se consultan, explotan, o cuando se combinan produciendo nueva información (Beguin, 1994). La IG se crea, en última instancia, por el usuario.

Robinson *et al.* (1987) asignan importancia a la relación espacial entre los datos geográficos y su representación, reconociendo cuatro categorías de datos: puntuales o de lugar; b) lineales; c) zonales y d) volumétricos.

En tiempos de expansión de los SIG, Aronoff (1993) atribuye a los datos las características de: posición, atributos temáticos, tiempo y relaciones espaciales, mientras que Santos (2002) incorpora la característica de la dimensión. De lo mencionado se entiende que:

- **La posición** es la ubicación de una entidad geográfica con respecto al sistema de coordenadas y proyección cartográfica utilizada (posición absoluta) y/o a unos puntos de referencia conocidos con relación a otros (posición relativa). Todo fenómeno tiene una localización espacial. Responde a la pregunta ¿dónde?
- **Los atributos temáticos o variables** proporcionan las características de una entidad geográfica. Responden a las preguntas ¿qué?, ¿cómo?
- **El tiempo**, ubica en la escala cronológica el momento del hecho geográfico, respondiendo a la pregunta ¿cuándo?
- **Las relaciones espaciales** se refieren al tipo de conexiones resultantes entre entidades geográficas. Estas interrelaciones pueden darse por la proximidad a cierto fenómeno o por la existencia de características comunes.

- **La dimensión** permite referirse a la variedad de objetos geográficos de acuerdo a las dimensiones consideradas, diferenciando entre objetos puntuales (sin dimensiones), objetos lineales (una dimensión), objetos superficiales planos o polígonos (dos dimensiones) y objetos superficiales o volúmenes (tres dimensiones) (Santos, 2002).

Por otra parte, considerando la evolución de la cartografía clásica a los SIG, (Olaya, 2011) divide la IG horizontal y verticalmente. La primera se refiere al tamaño de los mapas y el manejo de la escala y la segunda incluye el concepto de *capa/layer*, ya sea en formatos raster o vectorial.

En el tratamiento y representación de la IG, manual o informático, el modelo raster recoge la información en celdas regulares o píxeles, mientras que el modelo vectorial define las unidades geométricas de punto, línea y polígono como objetos geográficos básicos (Santos, 2002).

Para transportar IG en formatos raster o vectorial hacia una IDE, se somete la IG a protocolos para alcanzar la interoperabilidad, a través de servicios WMS, WFS o WCS.

Hasta el último cuarto del siglo XX, la toma de datos geográficos y la generación de IG estaban monopolizados y centralizados por organismos estatales. El uso restrictivo de la IG y los elevados costes en equipamiento y trabajos de campo limitaban la participación de agentes privados.

A partir de ese momento, con el desarrollo de la informática, la disponibilidad de imágenes satelitales, el advenimiento de los SIG, los GNSS y la reducción de costes en equipos e infraestructura, comienza un proceso de democratización y de descentralización de la IG con participación del sector privado.

Por otra parte, la calidad de los datos geográficos y la de los bancos de datos geográficos digitales debe ceñirse a determinados estándares. Dicha calidad está regulada por: el linaje, la exactitud posicional y temporal de los atributos, la consistencia lógica, y la compleción de los datos.

En referencia a la importancia de la IG y la toma de decisiones, Metternicht (2006) señala que alrededor del 80% de toda la información requerida y usada por los gobiernos tiene un componente geoespacial. En tanto Bernhardsen (2002), citado por Castillo e Iturbe (2006), considera que en los proyectos SIG la recopilación de la IG significa entre 60% y 80% del coste total. Moreno (2004) señala que la multiplicidad de productores de IG desemboca en problemas como la diversidad de formatos, la dificultad de saber qué geodatos existen y dónde encontrarlos, infiriendo que la descoordinación administrativa origina duplicación de gastos.

En los comienzos del siglo XXI, la toma de datos geográficos y la IG han dejado de ser exclusivas de los productores tradicionales de geoinformación tanto públicos como privados, puesto que un importante número de personas difunden IG generada por ellos mismos en Internet de forma voluntaria. Este fenómeno se conoce como Información Geográfica

Voluntaria (IGV) (Goodchild, 2009), y supone cambios en la concepción de la IG. La IGV eclosiona por la conectividad a Internet, el advenimiento de plataformas como Google Earth o NASA World Wind, la reducción de costes de los receptores GNSS y la integración de éstos en la telefonía celular o los SIG móviles. Servicios como Wikimapia, Open Street Map, etc. compilan, indexan y distribuyen IGV en Internet. A pesar de la utilidad de contar con IG de fácil elaboración y de rápido acceso, sobre todo en situaciones de riesgo y emergencias, se han expresado cuestionamientos sobre la calidad de la IGV volcada en Internet (Metternicht, 2006). Por otro lado, Goodchild continúa discutiendo sobre los aportes de la IGV y los retos que planteará la misma a las IDE (Goodchild, 2009). El tema se abordará en detalle en el cap. 16.

4.3 La información geográfica georreferenciada

El apartado 4.2 y los alcances de una IDE expresados en capítulos anteriores, lleva a considerar que para disponer de IG georreferenciada es necesario conocer una serie de conceptos previos que provienen de disciplinas y de técnicas que se encuentran tanto en la Geomática como en las TIG.

La IG deriva de datos del mundo real cuya representación necesita de un sistema de referencia y de un sistema de coordenadas. De este modo, la IG provista con coordenadas de latitud, longitud e incluso de altura, posibilita su correlación y superposición con IG de distinto origen.

Si bien la latitud φ y la longitud λ medidas en grados suelen ser las coordenadas más conocidas, se señala que la distancia en el terreno correspondiente a un grado de longitud no es constante y que varía en función de la latitud. A efectos de paliar dichas variaciones, se han desarrollado sistemas de proyección y de coordenadas como la Universal Transversa de Mercator (UTM), utilizadas en SIG en las IDE y también para la captura de datos geográficos con GNSS.

4.3.1 La forma, la dimensión y la representación de la Tierra

La Geodesia especifica las características del geoide y de los elipsoides para determinar la forma, el tamaño y la representación de la Tierra. Determina el campo de gravedad terrestre, estudia las variaciones temporales de posición de los puntos fijos, mide los fondos oceánicos y está ligada a la exploración espacial (Huerta *et al.*, 2005). La Geodesia se dedica a territorios extensos a diferencia de la Topografía, que estudia territorios más reducidos y donde no tiene en cuenta la esfericidad del planeta.

Para transferir las relaciones geométricas observadas sobre la superficie esférica terrestre a la superficie plana de un mapa, Robinson *et al.* (1987) consideran que:

- La distribución irregular de la masa terrestre afecta a la dirección de la gravedad, que determina la horizontalidad y verticalidad de cada lugar, siendo por definición el geoide la forma de esferoide irregular que considera las anomalías de la gravedad.

- Las observaciones se transfieren a una superficie de referencia geométrica regular denominada elipsoide de revolución. Se incorpora el aplanamiento en los polos y es la figura regular que más se aproxima al geode.
- Las relaciones geográficas tridimensionales del elipsoide, se trasladan al mapa por medio de las proyecciones cartográficas.

De modo que transitando de Superficie Terrestre->Geoide->Elipsoide->Proyección Cartográfica, y citando a Domínguez y Belda (2009), (fig. 4.1) se describe:

- **Superficie terrestre:** cuya forma se aproxima a una esfera achatada por los polos. Por sus irregularidades no es posible establecer relaciones métricas en esta superficie y en consecuencia, tampoco se pueden realizar cálculos para determinar y representar puntos.
- **Geoide:** es una superficie de aproximación a la esfera terrestre definida como superficie equipotencial respecto a la fuerza de gravedad que coincide con el nivel medio del mar prolongado por debajo de los continentes. Esta superficie constituye una realidad física pero debido a sus irregularidades originadas por las variaciones que se producen entre zonas marítimas y terrestres, tampoco es posible establecer relaciones métricas entre sus puntos.

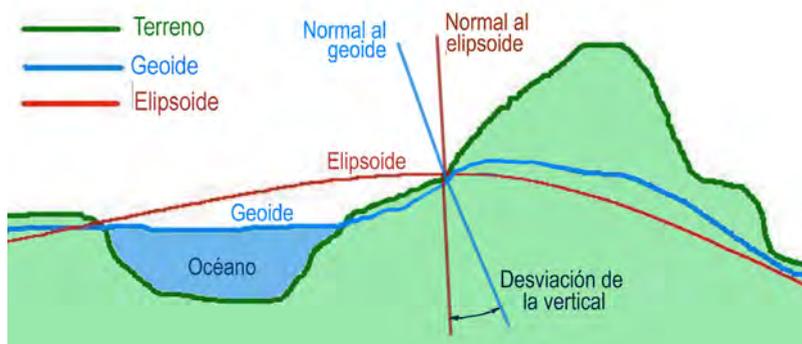


FIGURA 4.1. Relación geoide-elipsoide (Fuente: Modificado a partir de Moreno, 2008)

Elipsoide: es la superficie de aproximación matemática del geoide, donde es posible realizar cálculos geodésicos. El elipsoide de revolución se define por su semieje mayor o radio ecuatorial, por su semieje menor o radio polar, y por su aplanamiento.

El elipsoide es una superficie regular y el geoide una superficie irregular; entre ellas no hay coincidencia y presentan una separación denominada ondulación del geoide que puede ser de hasta 150 m.

Tanto la forma y las dimensiones del elipsoide como su ubicación y orientación, se obtienen al ajustarlo al geoide. El centro del elipsoide coincide con el origen del sistema cartesiano y el semieje menor con el eje z.

Es posible determinar los parámetros del elipsoide a partir de mediciones locales. Así, cada continente o país creó un elipsoide de acuerdo a su posición en el globo terrá-

queo. De este modo, cada país ha empleado un elipsoide de referencia distinto adoptando valores arbitrarios de latitud y longitud geodésicas en el punto de origen o *datum*. Así coexisten numerosos elipsoides que sirven de referencia a distintos sistemas geodésicos para un único geoide.

Un sistema de referencia local define un punto llamado datum, en el que se hacen coincidir las verticales de las coordenadas astronómicas del geoide y las geodésicas del elipsoide elegido en ese país o región. Mientras en ese punto las verticales coinciden, en cualquier otro punto las coordenadas difieren y las verticales no serán coincidentes. Se formará entonces un ángulo llamado desviación relativa de la vertical, que se utiliza en la transformación de coordenadas entre el geoide y el elipsoide.

El hecho de haber elegido *datum* diferentes condujo a que la cartografía de países limítrofes no fuese coincidente; lo cual no sólo dificulta la conexión de trabajos en zonas fronterizas sino que también manifiesta problemas de interoperabilidad geométrica en los bordes y de incompatibilidad para crear IDE regionales.

Por otra parte, en décadas recientes la Geodesia dispone de elementos técnicos para concretar un elipsoide general adaptado a todo el geoide. Los primeros elipsoides globales datan desde que estuvo operativa la constelación de GNSS, debido a que los mismos se sitúan en relación al centro de gravedad terrestre. El GNSS es un instrumento que mide coordenadas en relación al elipsoide.

En la actualidad, el *World Geodetic System* (WGS-84) es el elipsoide de referencia internacional más utilizado y usado por los GNSS, facilitando la compatibilidad de IG de distintas zonas del planeta como también su empleo en las IDE.

Proyecciones cartográficas: por último, la transferencia de coordenadas geodésicas a un mapa necesita de las proyecciones cartográficas. Éstas son una correspondencia biunívoca entre los puntos de la superficie del elipsoide de revolución y los del mapa.

4.3.2 Datum, sistemas geodésicos locales y sistemas geocéntricos

Elegido el elipsoide que mejor se adapte a una zona concreta, el *datum* es un modelo matemático que nos permite representar cualquier punto mediante sus coordenadas. El *datum* está dado por (a) un elipsoide de referencia definido por sus semiejes a y b , y por su aplastamiento $1-a/b$ y (b) por el Punto Fundamental (definido por su latitud φ , longitud λ y el acimut de una dirección desde él), en el que se establece la condición de tangencia entre el geoide y el elipsoide, y en el que coinciden la vertical del lugar con la normal al elipsoide. Con esta condición, el sistema geodésico local queda definido (elipsoide de referencia y punto origen o *datum*) ubicándolo en relación con el geoide (fig. 4.2).

Los sistemas geodésicos locales se materializan mediante las redes de triangulación de diversos órdenes, cuyos vértices se denominan puntos o vértices geodésicos. Este proceso involucraba la ejecución de numerosas determinaciones astronómicas, puntos de Laplace, básicos en las ecuaciones de orientación llamadas de Laplace.

Un *datum* tiene asociado sólo un elipsoide de referencia. En cambio, un mismo elipsoide puede hacerse tangente a distintos puntos fundamentales, dando lugar a diferentes *datum* y a coordenadas disímiles para un mismo punto. El *datum* es el punto de referencia para el cálculo y la determinación de coordenadas en su origen; se habla de *datum* vertical y de *datum* horizontal.

El **Datum vertical** es la superficie de referencia para el cálculo de alturas. Usualmente es la superficie del geoide y las que se refieren a él se denominan alturas ortométricas.

Se debe destacar que en los sistemas locales, las determinaciones altimétricas se refieren al geoide y, en los sistemas geocéntricos (GNSS por ejemplo) se refieren al elipsoide WGS-84. Para utilizar las alturas entregadas por el GNSS es necesario realizar una transformación.

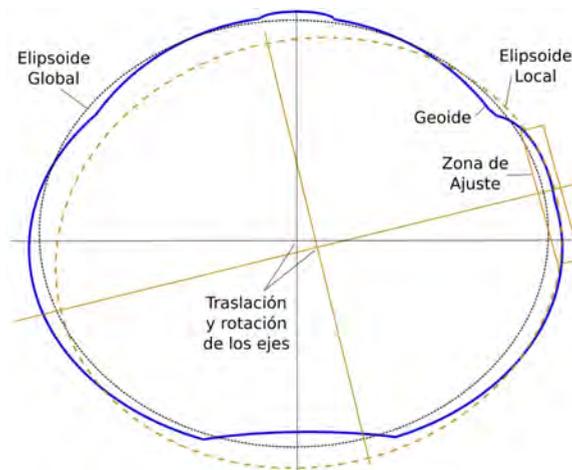


FIGURA 4.2. Condición de tangencia entre elipsoide y geoide (Fuente: [59])

El **Datum horizontal** es el punto o el conjunto de puntos de coordenadas conocidas a partir del Punto Fundamental, mediante los que pueden conocerse de manera precisa la latitud y la longitud de cualquier punto de un territorio. El *Datum* horizontal suele estar materializado por medio de marcas fijas (clavos de acero o placas de bronce sujetas al terreno) [60]).

El avance en geodesia ha logrado mayor precisión y homogeneidad en los trabajos, lo que ha implicado un cambio en el concepto de *datum*, abandonando el punto fundamental que determina el *datum* local para ir migrando al datum geocéntrico.

El datum geocéntrico coincide con el centro de masa de la Tierra, siendo de carácter universal y válido a escala mundial.

A partir de *datum* locales se diseñaron los sistemas geodésicos locales, válidos y homogéneos para una región determinada. Hoy, si bien conviven sistemas geodésicos locales con los

sistemas geodésicos globales, se está produciendo una transición hacia los últimos. En este sentido este proceso es favorable para implementar IDE de carácter regional o continental.

4.3.3 Sistemas de referencia y marcos de referencia

Varios organismos internacionales se han dedicado a definir y materializar un sistema de referencia terrestre, empleando diversas técnicas de medición en diferentes estaciones distribuidas por el mundo. A partir de ellas, se determina la posición variable del eje de rotación de la Tierra y las velocidades de desplazamiento de dichas estaciones.

En general, para definir un sistema, se parte de la base de que es un conjunto de elementos ordenados y fijados previamente a partir de consideraciones físicas y matemáticas.

Un **Sistema de Referencia** es una estructura geométrica para referir las coordenadas de puntos del espacio. Se define por la situación del origen, las direcciones de los ejes, la escala, los algoritmos necesarios para sus transformaciones espaciales y temporales, y las constantes utilizadas en definiciones y correcciones (Cano, 2010).

Un **Marco de Referencia Terrestre** es la materialización de un sistema de referencia. Consiste en un conjunto de elementos físicos que determinan de forma práctica un sistema de referencia.

En la historia de los sistemas de referencia adoptados localmente, el uso de los satélites artificiales marcó un hito. Este avance es esencial para construir nuevos sistemas de referencia en Astronomía y Geodesia, donde cada sistema necesita del otro para materializarse con exactitud. Así, los nuevos sistemas terrestres son por naturaleza globales, orientados en el espacio por los sistemas celestes de la Astronomía, mientras que su escala y origen refieren a las posiciones de satélites artificiales. Estos sistemas de referencia modernos con precisiones de centímetros, ayudan al conocimiento de la geodinámica global midiendo las velocidades de deriva de las placas tectónicas, detectando deformaciones en los márgenes activos de los continentes y de los movimientos que afectan las posiciones de las estaciones de observaciones terrestres (Mackern, 2003).

En este sentido, la observación continua de constelaciones de satélites con aplicación en geodesia, cartografía y teledetección, ha llevado a la concepción de un Sistema de Referencia Terrestre Internacional (ITRS) definido por el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS). El ITRS es un sistema espacial que rota de manera solidaria con la Tierra en su movimiento diurno, y se caracteriza por ser geocéntrico; tener el metro como unidad de longitud; orientarse inicialmente en la época 1984.0; y evolucionar en el tiempo por la condición de no rotación con respecto a movimientos tectónicos sobre la superficie de la Tierra. Para materializar el ITRS, se adoptan las coordenadas cartesianas geocéntricas (x , y , z) y de velocidades válidas para una época de referencia t_0 , dadas por el *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF) e indicadas en sus publicaciones anuales.

En los sistemas geodésicos locales, el marco de referencia son los puntos geodésicos. En los sistemas geocéntricos hay redes de puntos medidos con GNSS vinculados a los

puntos geodésicos. Para expresar las posiciones en coordenadas geodésicas se utiliza el elipsoide geocéntrico GRS80 equivalente al WGS-84. La Asociación Internacional de Geodesia (IGA) ha materializado sistemas de referencia geocéntricos en los que el ajuste entre elipsoide y geoide es global. Un ejemplo de lo anterior es el proyecto Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) [61]. Dicho proyecto también difunde procedimientos para que los distintos países americanos instalen redes geodésicas GNSS.

4.3.4 Los sistemas de referencia de coordenadas y las proyecciones cartográficas

La localización de unos puntos respecto de otros requiere la utilización de conceptos de dirección y distancia. Estos deben apoyarse a su vez en algún sistema de referencia, siendo los más utilizados el sistema de coordenadas geográficas y el sistema de coordenadas planas. Partiendo de la base que el elipsoide de revolución es la superficie de referencia, el sistema de coordenadas se define por elementos de geometría esférica. Y de ellos surgen los conceptos de latitud φ y de longitud λ para determinar las coordenadas geográficas de un punto con valores angulares.

Transferir las coordenadas geodésicas a un mapa, es convertirlas en coordenadas planas de dos dimensiones o coordenadas cartográficas, y para ello se necesitan las proyecciones cartográficas. Las **proyecciones cartográficas** son una correspondencia biunívoca matemática entre los puntos de la superficie de una esfera o elipsoide de revolución, y los de un mapa. Se expresan en función de la latitud φ y de la longitud λ que se traduce en el plano por **coordenadas planas** o **cartesianas** x , y . La localización en un sistema de coordenadas cartesiano se basa en identificar las coordenadas x , y dentro de un sistema de retícula en cuyo centro se sitúa el valor de origen para ambas coordenadas. Todas las conversiones de una superficie tridimensional a un mapa de dos dimensiones conllevan algún tipo de distorsión o anamorfosis (Moreno, 2008).

Las distorsiones están relacionadas con ángulos, superficies, distancias y direcciones. De modo que, si la proyección mantiene las relaciones angulares es una **proyección conforme**; si mantiene la representación de la superficie es una **proyección equivalente**, y si conserva la representación de la distancia es una **proyección equidistante**. En cualquier proceso de transformación de la superficie esférica al plano y de las propiedades métricas que se mantengan, se debe considerar el factor de escala. Es la relación entre la escala real y la escala numérica del mapa en el centro de la hoja.

Por otra parte la clasificación usual de las proyecciones se basa en las características geométricas generales. Conceptualmente, la superficie esférica se transforma en una superficie desarrollable cuando se proyecta sobre una forma geométrica capaz de aplanarse, como un cilindro o un cono (Robinson et al., 1987). Basada en la figura sobre la que se proyecta, se logran las proyecciones acimutales, cilíndricas y cónicas (fig. 4.3).

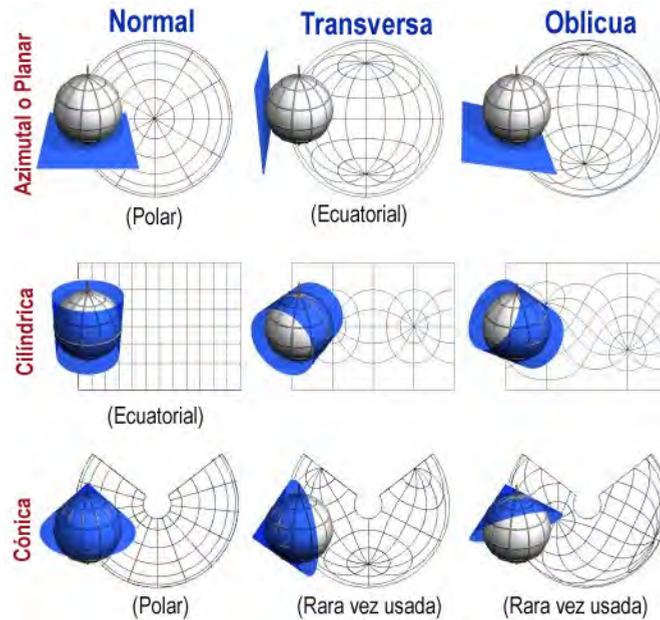


FIGURA 4.3. Proyecciones cartográficas (Fuente: Modificado a partir de [65 bis])

Asimismo, las proyecciones que utilizan un plano de proyección y un punto de perspectiva son: gnómicas (perspectiva desde el centro de la esfera), estereográfica (perspectiva desde el polo) y ortográfica (perspectiva desde el infinito). Mientras que las **proyecciones cilíndricas**, sea el plano de contacto tangente o secante, se diferencian por la posición dada al cilindro que puede ser: normal, transversa u oblicua; siendo los desarrollos cilíndricos y las proyecciones derivadas, las más utilizadas actualmente (Mackern, 2003).

En este sentido, la **proyección UTM** ha generado un sistema de coordenadas propio que es el más usado en los SIG y en las IDE. La proyección UTM sigue los principios de la proyección cilíndrica de Mercator, con un cilindro transversa que toca la esfera terrestre en dos meridianos y es universal por su aplicación en toda la Tierra, excepto en zonas polares. El sistema UTM, al emplear el elipsoide WGS-84, divide la Tierra en zonas rectangulares con una amplitud de 6° de longitud totalizando 60 husos, numerados de 1 a 60; mientras que en latitud cada huso se divide en 20 zonas con una amplitud de 8° desde los 80° S hasta los 84° N, codificándolas desde la C hasta la X (sólo esta última zona tiene una amplitud de 12°). Por lo tanto, cada zona UTM se identifica por un número y una letra (fig. 4.4).

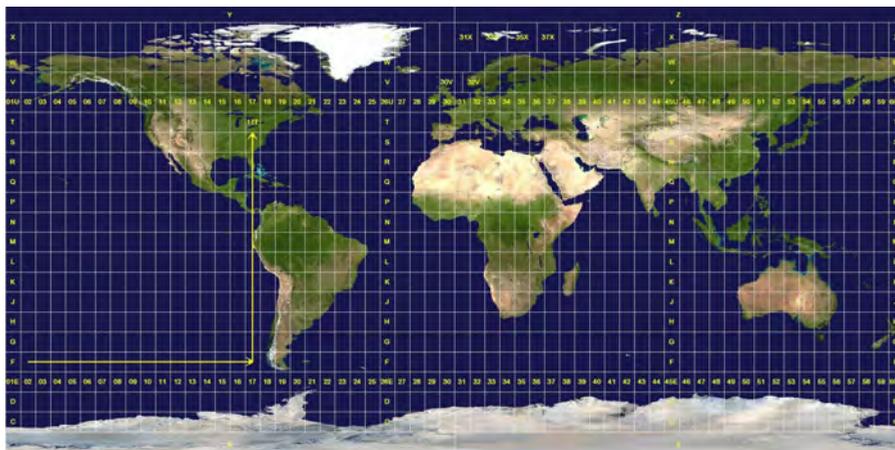


FIGURA 4.4. Grilla UTM. A modo de ejemplo se indica la zona T17 (Fuente: [62])

Dentro de cada zona, el meridiano central toma un valor de 500 000 metros por lo que los valores de la coordenada en x disminuyen hacia la izquierda y aumentan hacia la derecha; mientras que los valores de la coordenada en y a partir de 0 metros aumentan hacia el Norte del Ecuador donde arbitrariamente se fija un valor de 10 millones de metros que va descendiendo hacia el Sur del Ecuador. Asimismo, en la línea central de cada cuadrícula, el factor de escala es de 0.99960 (Robinson et al., 1987) (figs. 4.5 y 4.6).

En otro orden, para uniformizar IG en diferentes sistemas de coordenadas, es habitual tener que realizar operaciones de conversión y transformación de coordenadas. Para convertir coordenadas los sistemas de origen y destino deben compartir el mismo *datum*, siendo necesario aplicar formulas establecidas para relacionar ambos sistemas. En cambio, en la transformación de coordenadas, el *datum* es distinto en los sistemas de origen y destino (Olaya, 2011); aplicándose métodos de transformación geocéntrica de tres o siete parámetros (incluyendo un factor de escala).

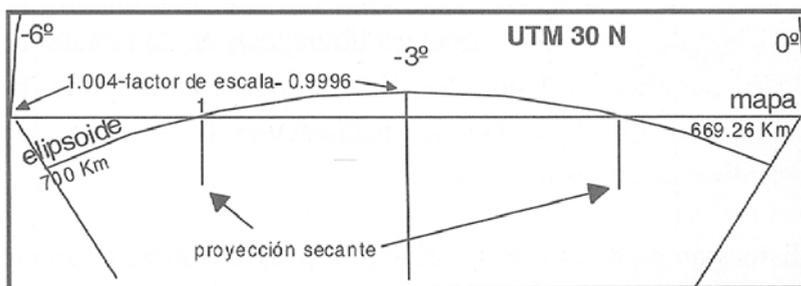
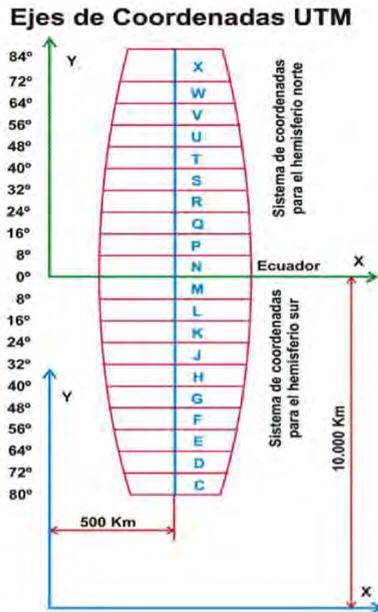


FIGURA 4.5. Ejemplo del factor de escala en UTM 30 N (Fuente: Moreno, 2008)



- Las zonas UTM abarcan 6° de longitud
- Por lo tanto hay $360^\circ : 6 = 60$ zonas UTM a lo largo de la Tierra.
- El Meridiano Central de cada zona marca el Norte
- El Origen de Coordenadas de cada zona es la intersección del Ecuador con el Meridiano Central.
- Para que no haya valores negativos, al Origen de Coordenadas se le asignan los siguientes valores:
 - 0 km Norte y 500 km Este (para referir los puntos del Hemisferio Norte)
 - 10 000 km Norte y 500 km Este (para referir los puntos del Hemisferio Sur)
- Las zonas se extienden desde los 84° de latitud Norte hasta los 80° de latitud Sur

FIGURA 4.6. Ejemplo de una zona UTM (Fuente: modificado de [63])

Existen normas ISO que definen Sistema de Referencia de Coordenadas (CRS), como un sistema de coordenadas (CS) referido a la Tierra por un *datum* geodésico (Sevilla, 2008) y codificaciones de sistemas de referencia desarrollado por el consorcio *European Petroleum Survey Group* (EPSG) (Olaya, 2011). Se destaca que el uso de sistemas internacionalmente aceptados facilita el intercambio de información en grandes regiones continentales.

4.4 Conclusiones

El volumen de IG accesible por Internet continuará incrementándose puesto que se conjuga la disponibilidad creciente de variadas fuentes de captura de datos geográficos a menores costes y la necesidad de disponer de una IG actualizada, dinámica, en línea, y sobre todo de calidad para satisfacer las demandas de la sociedad, de las empresas, de la comunidad internacional, de los gobiernos y de la academia.

Como ejemplo, en una aproximación al mercado europeo de IG, Frank (2003) comparaba el mayor consumo de IG en los Estados Unidos con respecto a Europa, basado en mapas topográficos a una escala 1:50.000, callejeros con numeración de todos los edificios, modelos digitales de elevaciones, ortofotos e información demográfica. En Craglia y Campagna (2010) puede verse un estudio de impactos socioeconómicos de las IDE de Cataluña y Lombardía, dos importantes IDE regionales europeas de segunda generación.

Asimismo, en el marco del proyecto Humboldt [64] por un lado se investiga sobre la situación y perspectivas del mercado de IG en Europa y por otro lado, se integran 28

instituciones tanto públicas como privadas de 14 países europeos diferentes. Se define una plataforma de trabajo y se desarrolla un *software* para facilitar a las organizaciones la integración y armonización de sus datos espaciales, dando soporte a los usuarios para acceder a la IG de manera útil.

A pesar de no disponer de estudios e iniciativas similares para países latinoamericanos, se puede generalizar que el desafío presente y futuro para toda Iberoamérica es mejorar la calidad y armonizar la IG generada para las IDE.

Por otro lado, los avances científicos y tecnológicos continuarán paliando las carencias y deficiencias en IG. A manera de ejemplo, se destaca el gran avance internacional para definir y materializar los sistemas de referencia que constituyen una plataforma común de referencia horizontal. Sin embargo, persiste una importante disparidad al comparar posiciones verticales entre países vecinos o incluso entre valores altimétricos de un mismo país. Por lo tanto, un importante desafío presente y futuro es satisfacer las exigencias para el control geodésico vertical y la homogeneización de este tipo de información a nivel internacional (Mackern, 2003). La IG que pueda derivarse de esto, será de gran importancia para hacer efectivas las medidas de adaptación al cambio climático, en particular en zonas costeras.

En otro orden, las necesidades de corregir y actualizar la IG, adquieren el carácter de grave y urgente no sólo ante situaciones de riesgo y de emergencia por el impacto de eventos extremos, sino también ante los impactos de eventos catastróficos. Un ejemplo de esto es la necesidad de Chile de rehacer toda su red geodésica en virtud de los desplazamientos constatados por el terremoto del 27 febrero de 2010 [65].

Finalmente, la tendencia de la IG aporta a revalorizar el conocimiento geográfico tanto a escala local, regional como global. En este contexto contribuye a ampliar la base de investigadores, usuarios, proveedores y voluntarios que tratan con la IG para su uso general en la toma de decisiones, dinamizando, en la era de la información y de las comunicaciones, la implementación de las IDE en múltiples niveles.

CAPÍTULO 5

LA TOMA DE DATOS GEOGRÁFICOS

Wenseslao Plata¹, Juan M. Aguilar², Tiojary D. Guzmán³, Alfonso R. Tierra⁴

{^{1,2}Escuela de Ciencias de la Tierra, ³Facultad de Ingeniería Civil}

Universidad Autónoma de Sinaloa, Sinaloa, México

⁴Centro de Investigaciones Científicas, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador

{¹wenses, ²aguilarv, ³tiohary}@uas.uasnet.mx, ⁴atierra@espe.edu.ec

Resumen. La información geográfica ha sido y seguirá siendo objeto de estudio e interés de diferentes especialistas y usuarios ávidos en conocer el territorio que les rodea. Por ello, a lo largo del tiempo, ciencias como la geodesia, topografía y cartografía han desarrollado diferentes métodos, técnicas e instrumentos para poder determinar las dimensiones y la forma del planeta Tierra y en la actualidad, de otros cuerpos celestes. Por ello, en el presente capítulo se hace una reseña de las metodologías utilizadas a lo largo de la historia para obtener IG necesaria para la elaboración de diferentes productos cartográficos, tales como: mapas topográficos, mapas temáticos, modelos digitales del terreno, mapas de cambios territoriales y del paisaje, entre otros. Se desarrollan de manera sucinta técnicas y métodos empleados en la Geodesia y Topografía, tales como: triangulación, trilateración, poligonación y nivelación. Asimismo, se muestran algunos instrumentos topográficos y geodésicos clásicos (teodolitos y distanciómetros), y modernos (taquímetros y niveles electrónicos, receptores de posicionamiento satelital) con la finalidad de que el lector tenga un conocimiento básico y una apreciación visual de tales equipos. También se hace una introducción a las técnicas empleadas para obtener IG del territorio a una distancia remota de la superficie terrestre. En este caso, se hace mención a la fotogrametría aérea y la teledetección espacial, las cuales emplean cámaras, en la actualidad digitales, o sensores colocados en objetos espaciales, como un avión o un satélite, que permiten obtener imágenes a color o en pancromático y posibilitan la recopilación de información en diferentes regiones del espectro electromagnético. Al respecto se hace una descripción de algunas de las misiones satelitales más conocidas y desarrolladas para la generación de diferente información geoespacial (LANDSAT, SPOT, Ikonos, Quickbird, NOAA, ASTER). El desarrollo de los, hoy en día, tan conocidos sistemas GNSS, permite obtener las coordenadas geográficas de puntos en la tierra a partir de una constelación de satélites puestos en órbita, como: el NAVSTAR-GPS de Estados Unidos, el GLONASS de Rusia, el GALILEO de la Unión Europea, etc., mencionados en este capítulo. Por último, el progreso de las nuevas tecnologías trajo consigo grandes cantidades de información geoespacial, por lo que se necesitó desarrollar nuevas herramientas y *software* automatizados que posibilitan su manipulación, análisis, almacenamiento y procesamiento acorde a los requisitos que presentan. De este modo, se comienza el trabajo haciendo una descripción de las metodologías e instrumentos utilizados en geodesia, topografía y GNSS, así como de fotogrametría y teledetección.

Palabras Clave: Geodesia, Topografía, GNSS, Teledetección, Fotogrametría.

5.1 Introducción

Hoy día existen diferentes métodos y técnicas modernas para la elaboración de productos cartográficos o geográficos. No obstante, no hay que olvidar que desde la antigüedad han tenido gran importancia los diferentes métodos astronómicos y geodésicos utilizados para conocer la forma y dimensiones de la tierra y el espacio, sin olvidar la importancia que tuvieron en la navegación. También han sido de gran relevancia en la construcción de los grandes imperios de la antigüedad, tanto en la edificación de obras complejas de ingeniería, en el diseño y construcción de grandes sistemas de irrigación como en la cartografía catastral. Asimismo, existen grandes obras realizadas por cartógrafos de diferentes épocas, donde se observa cómo se trataba la cartografía como un arte.

De este modo, la astronomía, geodesia, topografía y cartografía han tenido un lugar muy importante en el desarrollo de las diferentes civilizaciones de la antigüedad y del presente. Así, las necesidades constructivas, el interés por documentar y dar a conocer lo desconocido, la necesidad de explorar e inventariar la tierra y otros cuerpos celestes, la permanente lucha por planear y/o predecir diferentes eventos futuros, así como el desarrollo de la técnica y la tecnología, ha hecho que las ciencias sigan avanzando a grandes velocidades, en ocasiones inalcanzables por sus estudiosos.

En la actualidad es posible cartografiar objetos sin necesidad de conocerlos físicamente, con ayuda de técnicas como la fotogrametría y la teledetección; medir distancias, desniveles y ángulos de manera electrónica y digital o conocer la posición de objetos y personas con la ayuda de un GNSS. Aquí es donde se observa el desarrollo de la electrónica y la sinergia que guarda con las geociencias.

El desarrollo de la cartografía en el siglo XX experimentó grandes avances desde los insumos que se utilizan hasta el desarrollo de programas automatizados para su diseño y elaboración. En este sentido, los adelantos de fotografía aérea y la puesta en órbita de satélites artificiales para la observación de la tierra han permitido generar cartografía de gran exactitud y de grandes extensiones de la superficie de la tierra. Así como estas técnicas aparecieron o evolucionaron en las últimas décadas del siglo XX, también surgió la necesidad de desarrollar *software* específico para manipular la ingente cantidad de información geoespacial que se puede obtener por estos medios.

En particular, la teledetección ha tenido un gran desarrollo en cuanto a la puesta en marcha de diferentes misiones espaciales, que han tenido una amplia aceptación en la comunidad científica, desarrollándose una gran cantidad de proyectos regionales, nacionales y globales. Asimismo, han aparecido diferentes programas para la manipulación y análisis de dicha información digital, algunos de carácter comercial sin perjuicio de otros de carácter académico y científico.

Del mismo modo, son tales las exigencias actuales en la generación y distribución de datos geográficos digitales que es necesario contar o diseñar infraestructuras para difundir o acceder a dicha información geoespacial en medios electrónicos como Internet.

En este capítulo se abordarán aspectos de algunas de las ciencias o técnicas relacionadas con la obtención de información cartográfica y/o geográfica, tales como: la Geodesia y la Topografía, los GNSS, la Fotogrametría y la Teledetección.

5.2 Geodesia, Topografía y GNSS

Dentro de las técnicas empleadas para obtener información territorial directamente en campo se pueden mencionar la Geodesia y la Topografía como ciencias fundamentales en esta labor, ya sea con metodologías y técnicas de medición clásicas, o modernas, como los GNSS.

El objetivo de la geodesia como ciencia es estudiar la forma, figura y dimensiones de la tierra y su campo gravitatorio (Vanicek y Krakivsky, 1986). La geodesia moderna también se ocupa de las variaciones temporales de dichas magnitudes, especialmente a través de observaciones contemporáneas de fenómenos geodinámicos, tales como la tectónica de placas. La Geodesia es una rama de la matemática aplicada que constituye la base científica de todo posicionamiento y de la cartografía [66]. Asimismo, integra los tres pilares fundamentales de la geodesia (geometría, gravedad y rotación de la Tierra) en un sistema común, incrementando la exactitud de las mediciones con los años y haciendo uso de tecnologías basadas en satélites [66]. Para poder lograr dicho objetivo, a lo largo del tiempo se han desarrollado diferentes metodologías y técnicas de medición, tales como: triangulación, trilateración, poligonales, métodos de nivelación y medición de la gravedad; basadas en la implementación física sobre el terreno de redes, en las que se miden ángulos, distancias y desniveles.

En este sentido, es posible distinguir entre las redes geodésicas de apoyo horizontal y vertical. Las redes de apoyo horizontal tienen como finalidad determinar las coordenadas geodésicas (ϕ , λ , h) y planas rectangulares (x , y) de puntos físicos ubicados en la superficie terrestre.

Dichos puntos deben ubicarse estratégicamente conformando redes de vértices en forma de triángulos regulares o polígonos a lo largo de los meridianos y paralelos (fig. 5.1). Las redes de apoyo verticales se establecen con la finalidad de determinar la altura sobre el nivel medio del mar (H) de las redes antes mencionadas o vértices diferentes ubicados estratégicamente.

Estas redes se construyen de lo general a lo particular, densificándose en función de la dimensión del área de estudio que se pretende medir y bajo un esquema ordenado. De este modo, se plantean redes de 1.º, 2.º, 3.º y 4.º orden, de mayor a menor exactitud, que sirven de base para levantamientos cartográficos, geodésicos y topográficos de carácter nacional y regional.

Las redes de triangulación y trilateración se forman a partir de la medición de ángulos y distancias respectivamente, en puntos que conforman cadenas de triángulos. En las redes de poligonales se miden ángulos y distancias a puntos contiguos.

Para ello, existen diferentes metodologías que se aplican según la precisión requerida en la red a implementar. En este sentido, para determinar los ángulos en las redes de triangulación o poligonales, se utilizan teodolitos de alta precisión (fig. 5.2) y la medición de las distancias se lleva a cabo con distanciómetros (fig. 5.3), mientras que para determinar las alturas entre los vértices de las redes se utilizan niveles de alta precisión (fig. 5.4).

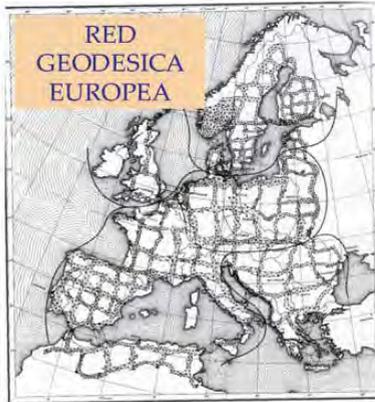


FIGURA 5.1. Representación clásica de una red geodésica. (Fuente: Ruiz, 2006)



FIGURA 5.2. Teodolito de alta precisión T02. (Fuente: Equipo del Laboratorio de Instrumental Geodésico de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Sinaloa, México.)



FIGURA 5.3. Distanciómetro electrónico. (Fuente: Equipo del Laboratorio de Instrumental Geodésico de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Sinaloa, México.)



FIGURA 5.4. Nivel electrónico de alta precisión N03. (Fuente: Equipo del Laboratorio de Instrumental Geodésico de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Sinaloa, México.)

Por otro lado, es posible mencionar las redes geodésicas realizadas a partir de los GNSS. Dentro de dichos sistemas está el NAVSTAR-GPS de Estados Unidos, el GLONASS de Rusia, la constelación GALILEO de la Unión Europea, el COMPASS Chino, etc. Estos sistemas permiten determinar la posición de puntos en cualquier lugar de la superficie terrestre, utilizando una constelación de satélites (entre 20 y 30) puestos en órbita a una altura de entre 19.000 y 24.000 km aproximadamente (fig. 5.5). En base a las señales emitidas por los satélites y con la ayuda de receptores ubicados en la superficie terrestre, se determina la distancia entre éstos, y mediante una triangulación espacial se obtienen las coordenadas de los puntos (fig. 5.6). Es importante mencionar que la tendencia es hacia instrumentos capaces de recibir señales de diferentes constelaciones simultáneamente.



FIGURA 5.5. Constelación de satélites NAVSTAR-GPS. (Fuente: Peñafiel y Zayas, 2001)

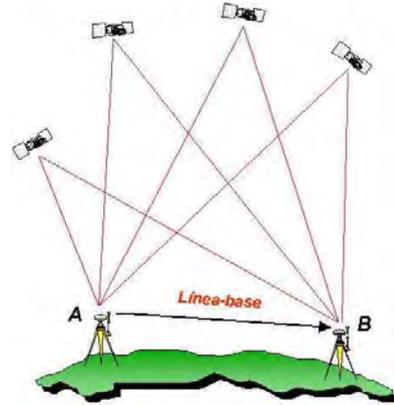


FIGURA 5.6. Determinación de las coordenadas de los puntos con GNSS. (Fuente: Peñafiel y Zayas, 2001)

Una vez implementadas físicamente en el terreno las redes geodésicas horizontales y verticales, y realizadas las mediciones en el terreno, se lleva a cabo la compensación o ajuste matemático para obtener las coordenadas y alturas de sus vértices. Posteriormente, para recoger la información a detalle del área de estudio se realizan levantamientos topográficos o taquimétricos. Para ello, actualmente, se utilizan taquímetros electrónicos (fig. 5.7), así como receptores del GNSS (fig. 5.8). Con la información recogida en campo por dichos instrumentos, se procede a elaborar los planos o cartas topográficas o temáticas en *software* especializados para este tipo de trabajos (AutoCAD, CivilCAD, *Software* SIG, etc.).



FIGURA 5.7. Taquímetro electrónico. (Fuente: Equipo del Laboratorio de Instrumental Geodésico de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Sinaloa, México.)



FIGURA 5.8. Receptor GNSS. (Fuente: Equipo del Laboratorio de Instrumental Geodésico de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Sinaloa, México.)

Es importante señalar que los receptores del GNSS determinan sus coordenadas sobre un modelo matemático denominado elipsoide de referencia (fig. 5.9). Como se observa, la altura medida con el receptor del GNSS es la referida al elipsoide (h) (llamada altura elipsoidal) y no la altura referida al nivel medio del mar o al geoide (H) (Leick, 1995; Mena, 2008), donde: h es la altura de un punto con respecto al elipsoide (**altura elipsoidal**), N es la altura del geoide respecto al elipsoide (**ondulación del geoide**), y H es la altura del punto con respecto al geoide (llamada **altura ortométrica**) (Heiskanen y Moritz, 1985).

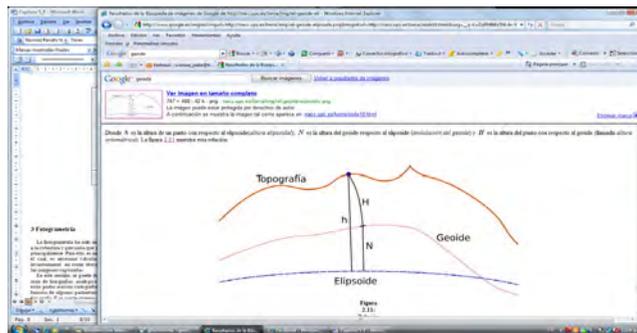


FIGURA 5.9. Relación entre el geoide y el elipsoide. (Fuente: [67])

5.3 Fotogrametría

La fotogrametría ha sido una de las técnicas más utilizadas en levantamientos cartográficos, debido, principalmente, a la cobertura y precisión que puede alcanzar. Típicamente se basa en la toma de fotografías aéreas desde un avión, aunque también hay aplicaciones para fotos tomadas desde tierra y satélite. En el caso aéreo es necesario implementar rigurosamente un proyecto de levantamiento aerofotogramétrico, en el que se necesita calcular las rutas y altitud de vuelo, entre otros parámetros, en función de la escala de levantamiento así como ubicar sobre el terreno puntos de apoyo foto-identificables que servirán para la corrección geométrica de las imágenes capturadas.

El vuelo fotogramétrico tiene por objeto sobrevolar un territorio para tomar una serie de fotografías, analógicas o digitales, con la finalidad de obtener imágenes fidedignas del área de estudio y poder realizar con éstas cartografía para diferentes fines. Dicho vuelo debe realizarse a una altura y velocidad constante, en función de algunos parámetros de la cámara y la escala cartográfica que se requiera. De esta manera la escala de la fotografía E se puede obtener en función de la altura de fotografiado h_f y de la distancia focal de la cámara f , como se muestra en la fig. 5.10.

Asimismo, es necesario proyectar las líneas de vuelo considerando el recubrimiento transversal ($\approx 20\%$) y longitudinal ($\approx 60\%$) que deben tener las rutas de vuelo y las fotografías, para su posterior procesamiento matemático y digital (Lerma, 2002).

Al mismo tiempo es necesario contar con una serie de puntos de apoyo distribuidos de manera homogénea sobre el terreno y que sean foto-identificables en las imágenes. Para obtener las coordenadas de dichos puntos se utilizan métodos geodésicos, topográficos, GNSS o con apoyo de mapas. Éstos servirán para el procesamiento matemático y digital de las imágenes, y serán el marco de referencia geodésico para llevar a cabo el proceso de ortorectificación o restitución fotogramétrica. El número de puntos de apoyo está en función del tipo y precisión del trabajo cartográfico que se pretenda realizar, así como de las técnicas utilizadas para el procesamiento de las imágenes fotográficas.

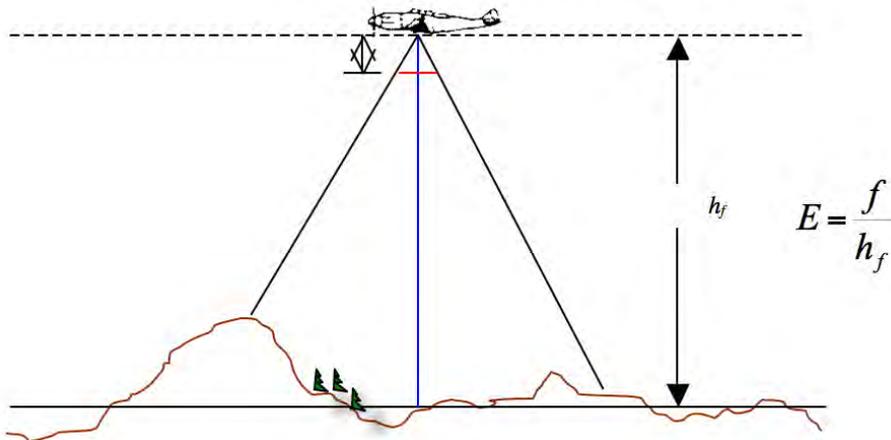


FIGURA 5.10. Escala de la fotografía aérea $E=f/h_f$ en función de la distancia focal f y la altura de fotografiado h_f . (Fuente: Elaboración propia)

Es importante señalar que las fotografías aéreas crudas no presentan las características geométricas necesarias para trabajos cartográficos. Por ello, previo a su uso como insumo cartográfico, se deben realizar una serie de procesos que permitan obtener imágenes corregidas que cumplan con una serie de requisitos, tales como: *datum* geodésico de referencia, proyección cartográfica, resolución, escala y exactitud, entre otras. De la aplicación de estos procesos, se obtienen ortofotos digitales georreferenciadas, que representan una porción de la superficie terrestre en la que todos los elementos tienen la misma escala, libres de errores y deformaciones, y con la misma validez de un plano topográfico.

La última etapa dentro de la secuencia de los trabajos fotogramétricos es la restitución, que bajo un procedimiento analógico, analítico o digital, a partir de pares estereoscópicos (un par de imágenes consecutivas) se determinan la posición, dimensión, vista de planta y orientación de los objetos representados en las fotografías, así como el relieve topográfico del territorio de estudio.

Finalmente, para dar una representación cartográfica, dichas imágenes se complementan con información adicional, tales como: leyenda y nomenclatura, divisiones administrativas, relieve (curvas de nivel), infraestructuras y símbolos convencionales, entre otros;

ofreciendo la riqueza de información de las imágenes, combinada con las características básicas de los productos cartográficos, obteniéndose los denominados fotoplanos (fig. 5.11).

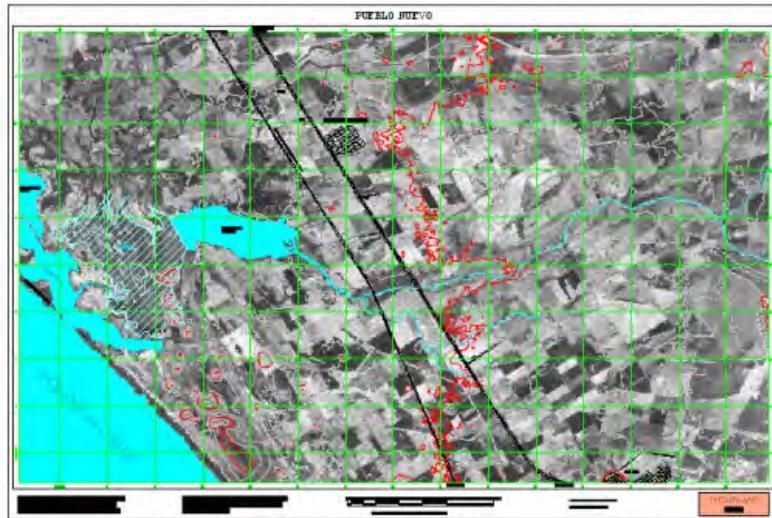


FIGURA 5.11. Ejemplo de un fotoplano. (Fuente: Elaboración propia)

5.4 Teledetección

Se puede definir la teledetección como la técnica que permite obtener información a distancia de los objetos localizados sobre la superficie terrestre, enmarcando los procesos que permiten obtener una imagen y su posterior tratamiento e interpretación (Chuvieco, 2008). Dicha técnica puede utilizarse tanto para el tratamiento de imágenes satelitales como aéreas. Para poder llevar a cabo el tratamiento de la información obtenida es necesario que exista una interacción entre los objetos y el sensor. Dicha interacción se refiere a un flujo de radiación que parte de los objetos y se dirige al sensor, la cual puede ser de tres tipos: a) radiación solar reflejada por los objetos (luz visible e infrarrojo reflejado); b) radiación terrestre emitida por los objetos (infrarrojo térmico); c) radiación emitida por el sensor y reflejada por los objetos (radar). Las dos primeras técnicas se conocen como teledetección pasiva y la tercera como teledetección activa (Chuvieco, 2008).

Una parte fundamental en la información que se obtiene a partir de los distintos sensores remotos es la resolución con que se obtiene. En este sentido, se puede hablar de cuatro tipos de resolución: espacial, espectral, radiométrica y temporal. Estos tipos de resoluciones permiten discriminar la información a diferentes niveles de detalle.

La resolución espacial se refiere al tamaño mínimo identificable sobre una imagen, denominado píxel. Por su parte, la resolución espectral es el número y el ancho de las bandas

espectrales que es capaz de detectar un sensor. La resolución radiométrica se manifiesta de acuerdo a la capacidad del sensor para detectar variaciones en la radiancia. Por último, se define la resolución temporal como la frecuencia de paso del sensor o satélite por un mismo punto o porción de la superficie terrestre.

Es necesario señalar que las cuatro resoluciones mencionadas están estrechamente relacionadas, de tal forma que, a mayor resolución espacial, disminuye habitualmente la temporal, y es previsible que se reduzca también la espectral. El aumento en cualquier tipo de resolución significa también un incremento considerable del volumen de datos a procesar, tanto por el sensor como por la estación receptora, así como variaciones notables del coste (Chuvieco, 2008).

En cuanto a las plataformas implementadas en teledetección espacial, es posible mencionar a las geosíncronas y heliosíncronas. Las geosíncronas o geoestacionarias, ubican los satélites en órbitas ecuatoriales aproximadamente a 36000 km de distancia, sincronizadas con el movimiento de rotación de la tierra, lo cual permite observar siempre la misma zona de la superficie terrestre. Un ejemplo de esta plataforma es el GOES [68] utilizado con fines meteorológicos.

Por su parte, las plataformas con órbitas heliosíncronas cuentan con una inclinación de 90° sobre el plano del ecuador, permitiendo observar un ángulo constante con respecto a la dirección del sol, lo que hace que el satélite sobrevuele siempre una zona determinada a la misma hora local, además de poder observar la superficie completa del planeta. Las alturas de estas plataformas varían entre los 600 y 900 km. Como ejemplo está el LANDSAT, destinado al estudio de los recursos naturales a resolución media y alta [69].

Con la finalidad de ampliar un poco más la descripción de algunos sensores o programas se abordará a continuación su descripción de manera sucinta. Dicha descripción versará en función de la capacidad de los sensores para captar información como insumo para la creación de productos geográficos.

En este sentido, pueden mencionarse programas como el LANDSAT puesto en marcha en los años 70 por el gobierno de los EE. UU. Dicho programa se diseñó con la finalidad de obtener información para el estudio de los recursos naturales de la tierra. Se puede decir que el objetivo de los satélites LANDSAT 1-7 se ha superado ampliamente, ya que existe una ingente cantidad de aplicaciones en los diferentes campos de la academia, la ciencia y la producción. A partir de las imágenes satelitales obtenidas de los diferentes sensores implementados en los satélites de la serie LANDSAT, se han podido elaborar diferentes tipo de cartografía temática y analizar e investigar diferentes aspectos, tales como: cambios de usos y coberturas del suelo, deforestación, degradación del suelo, incendios forestales, monitoreo de desastres naturales, dinámica de las zonas costeras, análisis del crecimiento urbano, entre otras.

También, el desarrollo del programa SPOT [70] impulsado por Francia, ha coadyuvado al estudio en detalle de los recursos naturales de nuestro planeta. A partir de las imágenes SPOT, es posible generar información temática en diferente escala (resolución espacial de 2.5 a 1 000 metros). Asimismo, es posible generar información topográfica de gran impor-

tancia, principalmente debido a la posibilidad de obtener imágenes inclinadas, y con éstas, formar imágenes estereoscópicas de gran utilidad en la creación de modelos digitales del terreno. Además, con la incorporación a bordo de los satélites de algunos equipos, es posible analizar algunos elementos que permiten estudiar la contaminación atmosférica.

Más recientemente se pueden mencionar los satélites IKONOS y Quickbird, que debido a su alta resolución son de gran utilidad en la generación de cartografía a escalas grandes, principalmente de ciudades.

Existen misiones o satélites dedicados especialmente a la recogida de información meteorológica. Entre estos, se puede mencionar a los satélites de la serie NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) [71], el *Terra* y *Aqua* del programa de observación global de la NASA, que se lanzaron principalmente con fines ambientales de carácter global. Gran parte de las imágenes recogidas por los diferentes satélites, es de carácter libre y se distribuye en Internet.

Por otro lado, es importante destacar, como una parte fundamental para la obtención de variables espaciales, los procesos o el tratamiento necesario para obtener variables derivadas de dichas imágenes. Por ejemplo, a partir del proceso de clasificación digital o visual, es posible generar cartografía de usos y coberturas del suelo, mapas de deforestación y degradación del suelo, entre otros. Para ello, existen diferentes herramientas o programas especializados en el tratamiento de imágenes satelitales, tales como: ENVI, ERDAS, PCI Geomatics, IDRISI, SPRING, etc.

5.5 Modelos Digitales del Terreno

Un Modelo Digital del Terreno (MDT) es «una estructura numérica de datos que representan la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua» (Felicísimo, 1994). De este modo, un MDT, representa generalmente la topografía del terreno mediante las alturas en cada punto (píxel) de un territorio (Bosque, 2000). En este sentido, se observa una relación directa con la información que se recoge con las diferentes técnicas de levantamiento, ya que toman las coordenadas de puntos en el terreno (x, y, h) , de forma discreta. Por eso, para la representación del terreno de forma continua, es necesario proveer un mecanismo de interpolación con los puntos medidos en campo. Existen diferentes metodologías analíticas y digitales para realizar los MDT, tales como: vecino más cercano, ponderación con el inverso del cuadrado de las distancias, *kriging*, etc. todas ampliamente implementadas en *software* SIG. En dichas metodologías se realiza un proceso de interpolación para generar los valores de las alturas (z) de los puntos no tomados en campo, es decir, de vértices estimados que van a integrar el MDT ya que habitualmente no se recolectan suficientes datos para representar adecuadamente una superficie continua o la topografía del terreno (Felicísimo, 1998; Bosque, 2000; Bosque y García, 2001).

Básicamente, un MDT es una estructura de píxeles, cuyo atributo principal es la elevación del terreno, y bajo una determinada precisión identificada en su resolución espacial y la incertidumbre o error.

Actualmente existen una serie de MDT globales de diferente resolución espacial (1 km, 90 y 30 m) algunos disponibles de forma gratuita y otros bajo un costo determinado.

Dentro de estos, se puede mencionar al GTOPO30 con una resolución espacial aproximada de 1 km y un error de ± 30 m [72]. Asimismo, se encuentra el modelo SRTM de 90 m de resolución espacial, originalmente producido por la NASA, con un error aproximado de 16 m [73]. Y también se cuenta con el ASTER *Digital Global Elevation Map*, construido en 2009 a partir de imágenes del satélite ASTER, con una resolución aproximada de 30 m [74].

Actualmente, existe una amplia gama de tecnologías para generar MDT, tales como: LIDAR, Fotogrametría, GNSS, levantamientos topográficos, de cartas topográficas, imágenes aéreas y satelitales, entre otros.

Los MDT tienen un rango muy extenso de aplicaciones, tales como: modelación de flujos de agua, visualización y planeamiento de vuelo en 3D, análisis de superficie (pendientes, orientaciones, rugosidad, etc.), extracción de parámetros forestales, diseño de ingeniería, apoyo en gravimetría y GNSS, en los SIG y Teledetección, entre muchas otras (Weibel y Heller, 1991).

5.6 Conclusiones

Existen diferentes formas o métodos para obtener datos geográficos, tales como: topografía, geodesia, GNSS, teledetección, fotogrametría, altimetría, LIDAR, digitalización o escaneo de documentos analógicos, entre otros. Estos han evolucionado de acuerdo con la necesidad de dar solución a una gran cantidad de problemas territoriales y al desarrollo de las TIG.

Dicha información levantada directamente en campo con métodos topográficos y geodésicos, arroja un archivo o lista de coordenadas (x, y, z) con que se procede a realizar el dibujo directamente en formato digital. A partir de dicha información, y bajo una serie de procesos cartográficos, se obtienen planos o mapas topográficos o temáticos con atributos planimétricos y/o altimétricos.

En el pasado, la información cartográfica se representaba en formato analógico (mapas y planos en papel), en trabajos de gran valor de representación y exactitud. En ocasiones no hay información digital equivalente, por lo que es necesario transformarla a formato digital, escaneándola o digitalizándola.

En la actualidad, el desarrollo de las IDE representa un medio de gran utilidad para difundir y acceder a información territorial, así como un reto en la producción de una nueva generación de información cartográfica o geográfica.

Dicha herramienta se presenta como una oportunidad para la estandarización de cartografía digital a nivel global, nacional y regional, aprovechando al máximo los insumos digitales que se pueden generar con las nuevas tecnologías y recuperando la gran cantidad de información analógica que actualmente existe en diferentes dependencias e instituciones.

CAPÍTULO 6

EL TRATAMIENTO DE LOS DATOS GEOGRÁFICOS

Jesús Celada Pérez¹, Francisco García Cepeda², Freddy Saavedra³

¹Instituto Geográfico Nacional, España. ²Dirección General del Catastro, España.

³Instituto Nacional de Estadística, Bolivia.

¹jelada@fomento.es, ²francisco.gcepeda@catastro.meh.es, ³fsaavedra@ine.gob.bo

Resumen. Hace 10 000 años, cuando el hombre representaba sobre las paredes de las cuevas los animales que cazaba, añadía una serie de trazas que probablemente representaban los caminos que guiaban hasta la presa. Este ejemplo muestra la ancestral necesidad del ser humano de disponer de información espacial asociada a un contenido temático. Unos cuantos siglos después, y varias revoluciones de por medio, nos sitúan en plena revolución tecnológica que afecta notablemente al sector geográfico y a la información espacial. Las cuevas se han convertido en espacios virtuales, redes sociales... la Nube; sus paredes en dispositivos digitales ligeros, portátiles y conectados entre sí a través de la Red; las trazas en fenómenos espaciales que describen físicamente nuestro entorno geográfico; y los animales en todo tipo de información temática asociada al fenómeno espacial. Esta asociación entre IG e información temática se conoce como SIG y a su desarrollo han contribuido las nuevas tecnologías ordenando, normalizando y globalizando las fuentes de información. Un SIG lo componen dispositivos físicos (*hardware*) y programas informáticos (*software*). Al tratarse de componentes digitales, es necesario que la IG que gestione el SIG se almacene también en este formato. Existen dos formatos digitales para representar fenómenos espaciales: el formato vector y el formato raster. En el formato vector, los datos espaciales se almacenan en ficheros informáticos mediante la codificación explícita de las coordenadas que definen el límite del fenómeno. Existen diversas estructuras vectoriales para almacenar las coordenadas, diferenciándose unas de otras en la posibilidad de almacenar información sobre las relaciones espaciales entre fenómenos, rama de la matemática espacial conocida como topología. En el formato raster, se codifica el interior de los fenómenos recogiendo implícitamente información del límite del mismo. Esta información se consigue mediante la superposición de una rejilla, formada por píxeles, sobre el fenómeno a rasterizar. Cada píxel registra el valor de la superficie que representa. El conjunto de valores formado por todos los píxeles constituyen el fichero raster y permite diferentes estructuras de almacenamiento. Éstas se diferencian en la compresión de los datos y reducción del tamaño del fichero sin perder información. La coexistencia de ambos formatos sobre el mismo *software* SIG, requiere de herramientas que realicen la conversión del formato vectorial al raster (rasterización) y del raster al vectorial (vectorización).

Palabras Clave: Sistemas de Información Geográfica, Información vectorial, Información raster.

6.1 Introducción a los SIG. Definiciones

Existen multitud de definiciones sobre los SIG. Según Burrough y McDonnell (1998), un SIG es un conjunto de herramientas destinadas a la captura, almacenamiento, tratamiento, análisis, consulta y visualización de datos espaciales extraídos del mundo real para unos fines concretos.

La captura de la información es la fase inicial en la creación de un SIG. El éxito del sistema dependerá de la calidad de los datos espaciales. Conviene conocer exhaustivamente las fuentes de datos empleadas. Generalmente se combina información procedente de diversas fuentes, pudiendo ser vectoriales o raster.

El tratamiento de la información capturada sirve para estructurarla y uniformarla, según el modelo de datos relacional diseñado para su posterior explotación. La consulta y el análisis, apoyándose en los datos, sirven para la toma de decisiones. La difusión de los resultados es la finalidad del SIG. Las primeras difusiones se centraban en la producción cartográfica impresa, pero los avances tecnológicos actuales facilitan la creación de servicios de IG y funcionalidad SIG en la Red.

En resumen, un SIG es un sistema informático (*software* y *hardware*) que gestiona una base de datos con información espacial georreferenciada. A diferencia de los sistemas CAD, un SIG relaciona información geométrica (puntos, líneas, áreas, sólidos etc.), con información temática procedente de una base de datos.

6.1.1 Componentes

Al tratarse de un sistema informático, un SIG está compuesto de herramientas *software* y datos alojados en un *hardware* o componente físico este último conformado por:

- el equipo informático PC o estación de trabajo,
- las unidades de almacenamiento masivo que guarden la IG,
- los sistemas para la salida y representación de los datos (pantallas, impresoras o trazadoras),
- las redes informáticas que permitan la comunicación y el intercambio de información con otros sistemas.

El *software* o componente lógico de un SIG está compuesto generalmente por dos tipos de aplicaciones que trabajan conjuntamente: la base de datos y el *software* SIG.

6.1.2 Base de datos

La base de datos es la fuente que suministra IG vectorial y/o raster al sistema. Almacena y combina datos alfanuméricos y gráficos según un modelo relacional.

Toda base de datos lleva asociada el Sistema Gestor de la Base de Datos (SGBD). Este sistema se emplea para realizar las labores de administración y mantenimiento de la propia base, tales como la creación de tablas, índices espaciales, gestión de usuarios y permisos, o la creación de copias de seguridad. También permite realizar determinadas consultas temáticas

y espaciales, creación y mantenimiento de relaciones topológicas o la gestión de sistemas lineales de referencia.

Algunas marcas muy utilizadas son Oracle®, SQLServer de Microsoft®, MySQL o PostgreSQL (estas dos últimas de código abierto).

Un SIG puede conectarse a diferentes bases de datos a la vez a través de redes informáticas. Las nuevas tecnologías permiten disponer de base de datos a través de servicios cartográficos publicados en Internet, siguiendo los estándares WMS (raster) o WFS (vectorial). La mayoría de los SIG aceptan conexiones a otras fuentes no estructuradas en base de datos como ficheros CAD (fig. 6.1).



FIGURA 6.1. Conexiones a fuentes de IG (rojo) y generación de nuevos productos (azul). (Fuente: Elaboración propia)

6.1.3 Software SIG

El *software* SIG es la aplicación que dota de «inteligencia» al sistema. Se trata de una interfaz gráfica que conecta al usuario con una serie de librerías que realizan las siguientes tareas básicas:

- Conexiones y exportación a fuentes de IG raster y vectoriales: bases de datos, ficheros CAD, SHP, KML, GML, servicios WMS/WMF o imágenes raster.
- Funciones de consultas y análisis temáticos y/o espaciales: consulta de atributos, unión de tablas, consulta espacial, diferencia espacial, *buffer*, agregación y creación de atributos funcionales.
- Edición y captura de IG espacial y temática: digitalización de elementos geométricos primitivos y complejos, cazados automáticos (capturas automáticas de puntos), edición de fenómenos existentes, adición de atributos temáticos.
- Visor gráfico raster y vectorial: creación de mapas temáticos, gestión de leyenda, selección de estilos y símbolos, zoom, desplazamientos, y opacidad.

- Publicación de cartografía impresa: generación PDF, diseño de marco, leyenda, escalas y textos.

Además de estos contenidos básicos, la mayoría de las herramientas SIG actuales permiten la carga de aplicaciones *add-on* para fines muy específicos. Así existen módulos enfocados:

- Al diseño y mantenimiento del modelo de datos. Al mapeado de datos entre diferentes modelos relacionales.
- A la mejora de la calidad del producto a través de la creación y gestión de topología, la creación y validación de reglas semánticas y geométricas.
- A la creación de geometrías y estilos específicos para publicaciones cartográficas concretas: cartografía impresa vs. base original.
- Al tratamiento SIG de conjunto de datos raster y vectoriales destinado a la creación de Modelos Digitales del Terreno (MDT), cálculo de zonas de sombras, cuencas hidrográficas, etc., denominados SIG raster.
- A la colocación automática de etiquetas cartográficas que hagan legibles los textos y topónimos cartográficos en el producto final.
- A la incorporación directa a la base de datos de datos procedentes de la restitución fotogramétrica.

Por otro lado, las empresas que desarrollan *software* SIG facilitan al usuario una colección de bibliotecas programables a través de los lenguajes de programación más populares (.NET, Java, C#, C++, Python,...). Con ellas se puede desarrollar aplicaciones e interfaces SIG muy sencillas, sin que el usuario final tenga que conocer todo el potencial de la herramienta SIG.

Geomedia de Intergraph®, ArcGIS de ESRI®, gvSIG o Sextante (estos dos últimos de código abierto), son algunos *software* de los más utilizados actualmente.

6.1.4 Evolución de los SIG

Los avances tecnológicos de las dos últimas décadas han supuesto importantes mejoras en los SIG (fig. 6.2). Estos cambios, apenas han afectado a sus principios básicos, pero han ampliado su ámbito de aplicación y expandido su uso a través de Internet, aumentando la comunidad de usuarios productores y consumidores.

Hoy en día, un SIG es una potente aplicación informática de gestión de información espacial que funciona bajo una multitud de dispositivos fijos y móviles, e intercambia información con otras fuentes a través de Internet. También se han convertido en un servicio de IG que suministran datos a las IDE a través de Internet.

6.2 Información vectorial. Conceptos generales

En el modelo vectorial, los fenómenos espaciales se representan por las coordenadas que codifican el límite o perímetro que define el elemento. De esta manera, cada una de las primitivas

geométricas que se utilizan para «dibujar» fenómenos geográficos espaciales (fig. 6.3), tendrá una representación compuesta por uno o muchos pares de coordenadas. (Madden, 2009)

Los **elementos puntuales** se representan mediante el par de coordenadas (X,Y) que definen su posición. Con un solo par (X,Y) queda definido un fenómeno puntual.

Los **elementos lineales** se representan mediante las coordenadas (X,Y) de todos y cada uno de los vértices que definen los tramos que componen la línea. Para representar un fenómeno lineal se necesitan dos o más vértices que sean diferentes, y el primero y el último tienen que ser distintos.

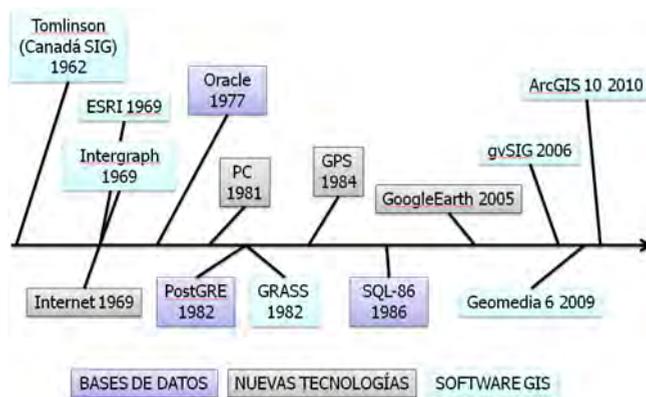


FIGURA 6.2. Evolución de los SIG (Fuente: Elaboración propia)

Por último, los elementos superficiales se codifican mediante las coordenadas (X,Y) de los vértices que componen la poligonal del recinto cerrado. Para codificar una superficie vectorialmente, se necesitan al menos tres puntos diferentes no alineados. Además, se añade un último vértice que coincide con el primero, cerrando así el polígono.



FIGURA 6.3. Primitivas geométricas vectoriales: punto, línea y área. (Fuente: Elaboración propia)

Basándose en estos conceptos geométricos, cualquier fenómeno geográfico espacial puede representarse vectorialmente. La escala de representación determinará la geometría

del fenómeno. Un fenómeno tipo edificación puede ser puntual o superficial, mientras que un fenómeno tipo río será lineal o superficial.

Los SIG también soportan geometrías complejas, compuestas por dos o más geometrías simples. Por ejemplo, dos áreas que pertenezcan a un mismo fenómeno geográfico, como en el caso de términos municipales anexos; o un área con un hueco en el interior, como un edificio con un patio interior. Este último caso se conoce como descuento o agujeros superficiales.

Existen diferentes métodos de captura de IG vectorial. La mayoría de ellos son procesos manuales que requieren la actuación de operadores. Apoyándose sobre imágenes raster, estos operadores digitalizan –dibujan– el fenómeno geográfico recorriéndolo de principio a fin. No siempre se requieren operadores: por ejemplo, en redes viales de transporte (carreteras o ferrocarriles), un dispositivo GPS colocado sobre el vehículo que recorra la vía es capaz de capturar automáticamente, y sin necesidad de operadores, la definición geométrica del fenómeno.

6.2.1 Topología

La Topología es una rama de las Matemáticas que analiza la posición de los objetos ocupándose de aquellas propiedades que permanecen invariantes cuando dichos objetos se pliegan, dilatan, contraen o se deforman, de modo que no aparezcan nuevos puntos, o coincidan puntos diferentes.

El ejemplo topológico relacionado con fenómenos geográficos y espaciales más característico, es el plano de una red de metro o tranvía (fig. 6.4). Estos planos representan las estaciones y las líneas férreas que las unen. Son representativos de la realidad y perfectamente útiles para el usuario, pero las posiciones absolutas de las estaciones, las formas de las líneas, la longitud o la escala no son exactas. En términos geométricos, el plano es imperfecto pero la información topológica es exacta. Es decir, resulta útil para conocer y decidir el camino a seguir a la hora de desplazarse por la red.

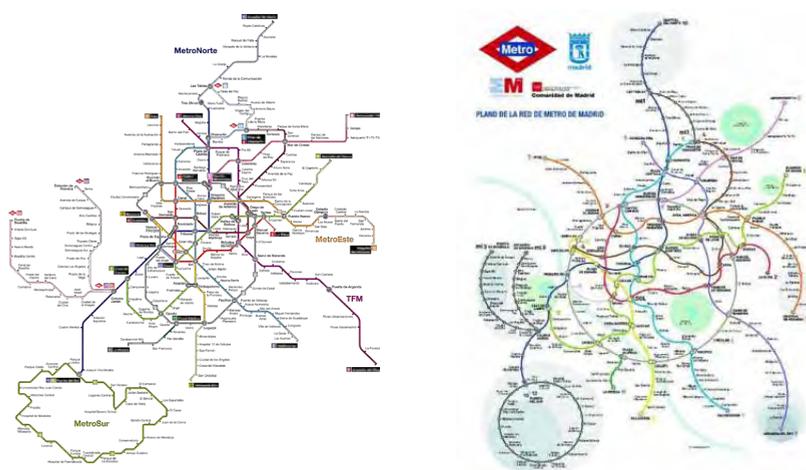


FIGURA 6.4 (a) y (b). Diferentes representaciones geométricas con idéntica topología de la red de Metro de Madrid. (Fuente: (a) Javitomad, (b) Equipo Rafa Sañudo)

Si la rama de la geometría se fija en distancias, ángulos o volúmenes y se determina a través de las coordenadas (descripción espacial cuantitativa); la topología se centra en proximidad, pertenencia, vecindad, agujeros o intersecciones (descripción espacial cualitativa). En términos topológicos, una elipse es igual a una circunferencia, un cubo a una esfera y una taza de café a un toro. Otra diferencia radica en que la topología permanece invariante ante transformaciones de sistemas de coordenadas, rotaciones, traslaciones o cambios de escala. Ante cualquiera de estas transformaciones matemáticas, las coordenadas geométricas de un fenómeno cambiarán de valor, mientras que los criterios de permanencia, intersección, vecindad, etc., no varían.

Desde un punto de vista práctico, la topología asociada a datos geográficos espaciales se refiere a las intersecciones (nodos o vértices) y a los segmentos comunes (arcos) que existen en las coincidencias espaciales de los diversos fenómenos que componen la realidad. Los arcos son segmentos que tienen la misma topología y los nodos son vértices en los que se cruzan tres o más arcos, o el punto terminal de un arco.

No siempre es posible almacenar topología en estructuras de datos vectoriales. Si bien es cierto que una de las ventajas de los datos en formato vectorial es la capacidad de almacenar explícitamente la información topológica a través de las coordenadas de los nodos, los vértices y los polígonos.

En estructuras raster, la implantación de topología se realiza implícitamente al disponer del valor de clase de la celda.

Los operadores cartográficos digitalizan IG espacial directamente sobre imágenes raster o bien importan información vectorial de otras fuentes, pero en ningún caso contiene datos topológicos. Una vez capturada, tanto las aplicaciones SIG como los propios SGBD son capaces de generar automáticamente datos topológicos en función del modelo seleccionado, calculando los vértices, los segmentos y los polígonos topológicos correspondientes.

Disponer de información topológica ofrece entre otras ventajas:

- Realizar consultas y selecciones espaciales como «contener a», «dentro de», «coincidir con», «intersecarse », «vecindad» y «adyacencia»;
- Facilitar los procesos de generalización geométrica.
- Mejorar la consistencia y calidad geométrica de los datos.
- Y algunas desventajas, como la complejidad en el tratamiento y mantenimiento de los datos topológicos.

6.3 Información raster. Conceptos generales

El ejemplo más característico de información raster es la imagen, fotografía o modelo digital (fig. 6.5). Este formato se consigue mediante la superposición de una rejilla de unidades poligonales de igual forma y tamaño, sobre la imagen original (analógica y continua). A este método se le denomina **rasterización** y a esas unidades **píxel**. A cada píxel se le asigna el

valor asociado al área que representa sobre la imagen original. Si la imagen es una fotografía en color, el valor del píxel lleva asociada el componente RGB del color. Si se trata de un modelo de elevaciones, el píxel representa el valor de la altura del terreno. (Madden, 2009)

La palabra píxel proviene de la fusión de las palabras inglesas 'picture' (imagen) y 'element' (elemento). La rejilla puede estar formada por tres tipos de figuras geométricas elementales: cuadrados (rectángulos), triángulos regulares y hexágonos.

La rejilla más utilizada es la cuadrada y en este caso, un parámetro fundamental es el tamaño del píxel. Cuánto más pequeño sea, más precisa será la representación digital de la imagen. La longitud de los lados del píxel en unidades del terreno nos proporciona la escala de la imagen raster generada.

Cada píxel queda localizado sobre la rejilla a través del par de coordenadas que se extraen al establecer el origen de coordenadas (0,0), en la esquina superior izquierda de la imagen. La razón de este origen se encuentra en la manera de trabajar de muchos equipos usados en la captura y tratamiento de datos raster: scanner, sensores espaciales, impresoras, etc.

El establecimiento del origen de coordenadas y la regularidad de la rejilla permiten recoger la topología de la imagen raster. De esta manera, es posible conocer cuáles son los vecinos de una celda de la rejilla.



FIGURA 6.5. Imagen raster. (Fuente: Elaboración propia)

Una misma imagen analógica puede tener asociadas diferentes imágenes digitales. Por ejemplo, en el caso de una fotografía aérea representada digitalmente por su componente RGB, su formato raster se descompone en tres capas. En la primera de ellas cada píxel representa el valor de la componente del color rojo (R), la segunda la del color verde (G) y la tercera la del color azul (B). Se denominan capas roja, verde y azul respectivamente.

Una imagen raster se puede descomponer en diferentes imágenes digitales en función de la longitud de onda del espectro electromagnético.

La información asociada a cada píxel determinará el tipo de imagen raster. Cuando esa información es el valor de la temperatura será una imagen digital térmica; si se trata de la componente RGB nos referiremos a una imagen en color natural; si el píxel almacena el

valor de la cota del terreno, será un Modelo Digital del Terreno (MDT) o de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) si el píxel informa de la cota calculada por el sensor al incidir la señal emitida sobre el primer obstáculo que encuentra.

La información raster se captura, en la mayoría de los casos, de manera automática a través de sensores digitales terrestres, aerotransportados pasivos o activos. En la mayoría de los casos, las imágenes obtenidas requieren ciertos tratamientos digitales, muchos de ellos automatizados hasta componer la imagen final raster. En cambio, para la obtención de MDE, se necesitan complejos cálculos y procesamientos puramente manuales como la identificación y toma de puntos de referencia en el terreno.

6.4 Comparación entre formato raster y vector

Comparando ambos formatos de representación digital de datos geográficos espaciales, se establece la siguiente lista de ventajas y desventajas.

En el modelo vectorial las ventajas son:

- Se necesita menos espacio de almacenamiento que en el formato raster.
- Ofrece una representación geométrica más precisa, especialmente en las entidades lineales pequeñas o entidades puntuales.
- Permite medir distancias, superficies y volúmenes con alto grado de precisión.
- Admite consultas espaciales complejas: zoom, buffer, continuidad, paralelismo, unión, pertenencia, etc.
- Soporta la descripción topológica de las entidades permitiendo el análisis de redes.
- Acepta la aplicación de transformaciones de coordenadas y cambio de datum con suma facilidad.
- Permite fácilmente la actualización, la búsqueda y la generalización de entidades individuales.

En cuanto a las desventajas:

- La captura se realiza mediante procedimientos largos y repetitivos que requieren la intervención manual de operadores.
- Tiene un elevado consumo de recursos durante la visualización y la impresión de la información, especialmente en alta resolución.
- Es un análisis espacial lento.
- La captura vectorial de datos requiere más medios y más tiempo.
- La complejidad de la estructura de los datos es mayor.

Las ventajas de los formatos raster son:

- Los datos se capturan generalmente de manera automática, a través de sensores y requieren procesos manuales en contadas ocasiones.
- La localización y manipulación de valores temáticos concretos es más sencilla debido a lo sencillo de la estructura de datos.

- Permite análisis espaciales y filtros específicos.
- Se pueden realizar operaciones matemáticas imagen a imagen: aritméticas, lógicas, relacionales y condicionales.
- Se facilita el modelado matemático, pues todos los elementos tienen la misma forma elemental y regular (el píxel).
- Es una tecnología mucho más económica.

Y entre las desventajas:

- Se necesita un excesivo volumen de información para obtener una representación muy precisa.
- El aumento del tamaño de las celdas reduce el volumen de los ficheros, pero suponen una pérdida de resolución espacial y de información.
- Al no reconocer explícitamente la existencia de objetos geográficos, se limitan las operaciones de medición de distancias y superficies.
- Cualquier transformación de coordenadas consume muchos recursos, provocando distorsiones en los píxeles.

6.5 Conversión del formato raster al formato vector

La rasterización es el proceso que convierte una imagen con información vectorial en formato raster. La imagen vectorial se divide en píxeles en función de la resolución del fichero raster final. La dificultad radica en determinar qué píxeles representan la entidad vectorial. Para resolver esta situación, existen múltiples algoritmos de rasterización que varían en función de la vectorial original: punto, línea o área. Algunos de los algoritmos más empleados son: el de fuerza bruta, *Digital Differential Analyzer* (DDA) o punto medio, que se explican a continuación (Watt, 2000).

La rasterización de elementos puntuales es directa. El píxel que representa el elemento puntual será aquel que contenga las coordenadas del punto original. En elementos lineales se consideran fijos los píxeles que contienen el punto inicial y final de la recta. Los píxeles intermedios que definen la recta, se determinan aplicando algunos de los algoritmos mencionados sobre la ecuación de la recta ($y = mx + b$). El algoritmo de fuerza bruta aplica directamente la ecuación. El algoritmo DDA actúa en función del valor de la pendiente de la recta. Si $|m| < 1$, entonces se incrementan 'm' píxeles en 'y' por cada uno en 'x'. Si $|m| > 1$, entonces se incrementan '1/m' píxeles en 'x' por cada uno en 'y'. Por último, el algoritmo del punto medio utiliza una variable de decisión que se actualiza según el píxel seleccionado. (Bigdely, 2005)

La extracción de información vectorial a partir de imágenes raster se puede llevar a cabo de dos maneras: manual o automático. El método manual se conoce como digitalización. Requiere el trabajo de un operador experto en fotointerpretación, que apoyándose en las herramientas de edición gráfica incorporadas en el SIG, dibuje sobre la imagen raster los fenómenos geográficos reconocibles para posteriormente dotarles de la información temática correspondiente.

El método automático se denomina vectorización. La dificultad radica en la identificación de los bordes que definen los objetos, sus correspondientes píxeles y los píxeles que quedan en el interior. Este proceso se conoce como segmentación. Un siguiente proceso elimina los bordes en sierra característicos de la segmentación, suavizando las formas y generando los elementos vectoriales finales. La vectorización requiere un post-procesado manual, convirtiendo este proceso en semiautomático.

6.6 Aplicaciones

Existen multitud de aplicaciones que aprovechan la combinación de fuentes de información vectorial e información raster. En las aplicaciones SIG, la información vectorial representa los fenómenos espaciales que figuran en la cartografía impresa, y la información raster la imagen digital de fondo que representa la realidad terrestre.

Entre las aplicaciones destacan:

- **Actualización cartográfica vectorial:** sobre una imagen digital actual de fondo se cargan los fenómenos vectoriales y se detectan las actualizaciones. Éstas pueden ser eliminación de fenómenos que han desaparecido, modificación de fenómenos o incorporación de nuevas entidades vectoriales.
- **Análisis espacial conjunto raster y vector:** Los SIG de última generación permiten realizar análisis y tratamiento de información raster (fig. 6.6). Con métodos de digitalización y vectorización es posible combinar ambas fuentes de datos generando resultados de mayor calidad y ampliando el abanico de consultas. Algunos ejemplos son el cálculo de cuencas hidrográficas, la creación de MDT a partir de curvas de nivel o el cálculo de zonas de visibilidad.



FIGURA 6.6 Combinación IG vectorial y raster. (Fuente: Elaboración propia)

- **Generación de productos cartográficos:** Gran parte de los productos cartográficos se compilan con la combinación de datos de carácter vectorial (carreteras, ríos, núcleos de

población, edificaciones, etc.); junto con información raster (sombreados e hipsometrías que representan la altimetría del terreno). Habría que destacar las denominadas «cartoimágenes» o «Image Map» cuyo fondo es la imagen aérea en color real. Además de cartografía impresa, existen multitud de aplicaciones en Internet que permiten superponer ambas fuentes, como por ejemplo Google Earth.

- **Navegación:** Los dispositivos GPS disponen de imágenes digitales georreferenciadas que ayudan y mejoran la navegación. Sobre ellas se representa vectorialmente, a través de un elemento puntual, la posición del usuario y sobre un elemento lineal, el recorrido efectuado o seleccionado.

CAPÍTULO 7

ALMACENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Rodrigo Barriga Vargas¹, Cintia Andrade Leiva¹, José María Lazo²

¹Grupo de Trabajo de Estándares, Instituto Geográfico Militar de Chile.

²Proyecto IDE, AGESIC Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información, Uruguay

¹{barriga.rodrigo, cintia.andrade1}@gmail.com, ²jlazo@adinet.com.uy

Resumen. El almacenamiento de información es una de las actividades básicas de los sistemas informáticos. La IG suele almacenarse en estructuras simples de información denominadas archivos o en otras más complejas como base de datos. Éstas se alojan en dispositivos especiales o unidades de almacenamiento de datos como son los discos magnéticos o discos duros, los discos compactos (CD, DVD), memorias USB, memorias flash, etc. Desde la década de los sesenta, con el desarrollo de la tecnología de la información, se marca el comienzo de la automatización de la cartografía. Las tendencias fueron hacia el mantenimiento de la calidad del dibujo cartográfico, donde surgen los CAD, y la otra hacia la producción de IG mediante el análisis espacial, en detrimento de la calidad del dibujo, donde emergen los SIG. Ambas tendencias se complementan y potencian. La IG constituida por entidades (discretas y/o continuas) existentes sobre la superficie terrestre tales como la hidrografía, el relieve, la infraestructura, vegetación, etc., localizadas con relación a un sistema de referencia espacial, se representan como atributos gráficos y alfanuméricos. Esos gráficos, que corresponden a objetos geográficos referenciados, se almacenan en formato vectorial representados mediante primitivas geométricas (puntos, líneas o polígonos) empleando pares de coordenadas x y; o también en formato raster, a través de cuadrículas o celdas que organizan el espacio en conjuntos regulares de filas y columnas; según sean, en general, discretos o continuos respectivamente. En cambio los alfanuméricos, que corresponden a las descripciones, atributos o características de las entidades geográficas, se almacenan en forma textual. Existen múltiples formatos vectoriales ya sean de los CAD como de los SIG y múltiples formatos raster, que en general se usan para las imágenes satelitales, aéreas o en MDT. Ambos tienen sus ventajas y desventajas. Para almacenar esos datos, las bases de datos (BD) son estructuras de información que permiten organizar de forma estructurada y eficiente, un conjunto de datos del mismo contexto; en este caso datos geográficos. Al *software* que permite gestionar esas capacidades se le llama SGBD y se compone de (a) un lenguaje de definición de datos, (b) un lenguaje de manipulación de datos y (c) un lenguaje de consulta. Una BD geográfica es una base de datos con extensiones que dan soporte a objetos geográficos permitiendo el almacenamiento, indexación, consulta y manipulación de IG y datos espaciales. Si bien algunas de estas BD geográficas están implementadas para permitir también el uso de funciones de geoprocetamiento, su principal beneficio se centra en las capacidades que ofrecen en el almacenamiento de datos georreferenciados. Las BD geográficas alojan en sí mismas o en bases separadas, datos espaciales y temáticos. Los primeros describen la posición, tamaño y forma de los objetos cartográficos, mientras que los segundos registran información alfanumérica. Los

modelos de datos típicamente utilizados con la IG son: a) los relacionales, b) orientados a objeto o c) combinación de ambos. En las BD relacionales cada relación (conjunto de datos) se concibe como una tabla compuesta por registros (las filas) y campos (las columnas). El lenguaje de consulta típico es el SQL. Las BD orientadas a objeto tratan de almacenar los objetos completos (estado y comportamiento) en la base de datos. Cada objeto es una instancia de una clase, que puede definirse de manera informal como un conjunto de objetos de características similares. Para modelar una BD relacional se utiliza el MER, modelo basado en una percepción del mundo real que consta de una colección de objetos básicos llamados entidades, y de relaciones entre esos objetos. La independencia de los datos, que está en la propia esencia de las IDE, necesita ser considerada para permitir que las BD, normalmente alejadas físicamente, operen conjuntamente. Para ello existen normas y estándares internacionales que emplean las instituciones de un país o de varios países de común acuerdo, para lograr la interoperabilidad sintáctica, lo que se tratará en el cap. 17.

Palabras Clave: Almacenamiento Información Geográfica, Formato Vectorial, Formato Raster, Vector vs. Raster, Bases de datos espaciales, SGBD

7.1 Introducción

En este capítulo, se aspira a comunicar sin mayores pretensiones tecnológicas, los conceptos relacionados con el almacenamiento de IG en el contexto de las IDE. Ese esfuerzo está orientado a un amplio espectro de lectores interesados en estas materias, quizás con la finalidad de buscar elementos que contribuyan a la optimización de la administración del territorio de manera sostenible.

Se han considerado fuentes de consulta, basadas en la experiencia institucional de organismos tales como ONU, GSDI, INSPIRE, IDEE, SNIT-Chile, así como otras pertinentes.

Según lo indicado por la ONU (ONU, 2010), a pesar de la heterogeneidad de la información que puede «almacenarse» en un SIG, solamente unos pocos métodos permiten representar la información espacial en una base de datos de este tipo. En una aplicación de SIG, las características del mundo real deben simplificarse para obtener representaciones que puedan almacenarse y manipularse en un ordenador. Existen dos modelos de datos —representaciones internas digitales de la información— predominantes: el modelo de datos *vectorial*, que se usa para representar rasgos discretos, como las casas, los caminos o los distritos, y el modelo de datos de *cuadrícula* o *raster*, que se utiliza para representar fenómenos que varían continuamente, como la altitud o el clima, pero que también se usa para almacenar fotos o datos de imágenes provenientes de satélites y de cámaras ubicadas en aeronaves. En la tabla 7.1 se muestran los formatos en que típicamente se almacenan y diseminan los datos geográficos de referencia.

Dadas las grandes capacidades de almacenamiento y procesamiento que otorgan las plataformas de *hardware* y *software* de SIG disponibles actualmente, ambos formatos se pueden emplear de forma combinada. Se ha comprobado que son complementarios entre sí, de modo que es posible aprovechar las ventajas que ambos ofrecen para el tratamiento de la IG.

TABLA 7.1. Formatos en que generalmente se almacena y disemina la IG (Elaboración propia)

MODELO DE CUADRÍCULA O RASTER	MODELO VECTORIAL
Imágenes satelitales	Cartografía censal
Fotografías aéreas	Cartografía catastral
Ortofotos	Mapas digitalizados
Mapas escaneados	Cartografía regular
Modelos digitales de elevación del terreno	Archivos de curvas de nivel

7.2 Información geográfica vectorial

La IG vectorial representa características del mundo real utilizando conjuntos de «primitivas geométricas»: *puntos, líneas y polígonos* (ONU, 2010). En una base de datos informática, un punto se representa con un par de coordenadas (x, y). Una línea es una secuencia de coordenadas (x, y); los puntos extremos se denominan generalmente nodos y los puntos intermedios se denominan vértices. Los polígonos o superficies se representan con un conjunto cerrado de líneas, de manera que el primer punto es el mismo que el último. Por ejemplo, y dependiendo de la escala de representación, los puntos pueden usarse para representar casas, pozos o puntos de control geodésico; las líneas describen, por ejemplo, caminos y ríos; y las zonas como por ejemplo distritos de empadronamiento censal, masas de agua, etc., se representan con polígonos.

Desde el momento en que se decide la adopción de un formato vectorial, implícitamente se están considerando los aspectos geométricos y topológicos de los datos. Debe señalarse que la geometría cambia cuando se transforma desde un sistema de referencia a otro, mientras que la topología permanece constante. La representación vectorial se aplica principalmente a aquellos modelos que para sus objetivos particulares han abstraído del mundo real objetos geográficos discretos cuyos límites están claramente definidos.

Por último, cabe señalar que en el contexto de base de datos y de acuerdo al modelo concebido y su estructura, los vectores pueden enriquecerse con la incorporación de identificadores y/o códigos, atributos, relaciones y dependencias, entre otros datos. Por ejemplo, a una carretera se le puede dar atributos por su próximo mantenimiento, ancho, profundidad de su basamento, etc., así como un vínculo con la copia del último contrato de mantenimiento.

7.2.1 Los formatos vectoriales CAD

Según ONU (2010), este tipo de formatos se utilizan principalmente por programas informáticos que proporcionan las herramientas para el dibujo y el diseño, específicamente en aplicaciones de ingeniería y arquitectura. Los CAD utilizan sistemas de coordenadas gráficas como los SIG por lo cual, también tienen aplicaciones en este ámbito. Sin embargo, no cuentan con todas las capacidades de análisis espacial de un SIG, entre otros aspectos debido a que están principalmente orientados a la representación gráfica. Los formatos de

este tipo podrían no considerar aspectos tales como el sistema de referencia geodésico y la topología, que constituyen aspectos relevantes en los formatos SIG.

En principio, este tipo de formatos permiten que se asocien atributos gráficos a los objetos, tales como color, estilo de línea, etc.; y otros relacionados con el objetivo del dibujo, como podría ser el tipo de material y los factores de productividad entre otros.

Según lo indicado principalmente en [75], algunos ejemplos de los formatos CAD de uso común en la actualidad son los siguientes:

- DWF (*Design Web Format*), DWG (*Drawing*) y DXF (*Drawing Exchange Format*), todos de Autodesk Inc.
- DGN (*Microstation Design Files*), de Bentley Systems Inc.
- CDR (*Corel Draw*) de Corel Corporation.

7.2.2 Los formatos vectoriales SIG

De acuerdo a lo indicado en [76], este tipo de formatos se generan por un amplio rango de programas informáticos de SIG, comerciales y de código abierto. Por ello, la variedad de formatos de ese tipo disponibles en el mercado también es amplia. En pro de lograr la interoperabilidad necesaria para sustentar a la IDE, la comunidad internacional está realizando esfuerzos para reducir al mínimo el número de formatos de datos geográficos y converger hacia un conjunto reducido. Dicho esfuerzo persigue establecer estándares para el modelado, transporte y almacenamiento de IG.

De acuerdo con lo establecido por ONU (2010), los modelos de datos vectoriales orientados a SIG más sencillos almacenan datos sin establecer relaciones entre las características geográficas, lo que a veces se denomina el «modelo espagueti», ya que las líneas se superponen pero no se intersecan, como los espaguetis en un plato. Otros modelos más complejos de datos topológicos almacenan las relaciones entre las distintas características en una base de datos. Por ejemplo, se separan las líneas que se cruzan y se agrega un nodo adicional en la intersección. En lugar de definir el límite entre dos polígonos contiguos dos veces (una vez para cada polígono) la línea se almacena una sola vez, junto con información sobre qué polígonos se encuentran a un lado u otro, respectivamente. La información sobre la relación entre nodos, líneas y polígonos se almacena en cuadros de atributos. Los programas de SIG, en su mayoría, usan actualmente estructuras de datos puramente topológicos que posibilitan realizar operaciones complejas, como la superposición de polígonos. Algunos ejemplos [75] de formatos vectoriales orientados a SIG, lo constituyen:

- SHP (*Shapefile*) desarrollado por la compañía ESRI
- MIF/MID (*MapInfo Data Transfer Files*), de la compañía PitneyBowes Business Insight (antes Mapinfo)
- VPF (*Vector ProductFormat*), formato binario creado por la Agencia Cartográfica de Defensa de los EE.UU.

7.3 Información geográfica raster o de cuadrícula

En este formato la IG se organiza en una malla regular, formando celdas que almacenan implícitamente las coordenadas de la localización y explícitamente su valor temático. Las áreas que contienen idéntico atributo temático se reconocen como tal, aunque las estructuras raster no identifican los límites de esas áreas como polígonos en sí. El sistema puede utilizar esta información para registrar la cuadrícula de forma coherente con respecto a otras capas de datos, por ejemplo para trazar vectores que representan características sobre la cuadrícula.

En este formato, el espacio se divide en unidades discretas a través de celdas, lo que lo convierte en especialmente indicado para ciertas operaciones espaciales como, por ejemplo, las superposiciones de mapas o el cálculo de superficies.

El almacenamiento de datos en formato raster requiere de plataformas de *hardware* mucho más robustas que en el formato vectorial y esto se debe a que almacenan absolutamente todas las celdas que componen la matriz, sin discriminar si se trata de una entidad o simplemente de un espacio vacío sin información.

Una de las principales características de este formato radica en que su estructura es muy similar a la que emplean los procesadores de los ordenadores, pudiendo realizar de forma rápida diversas combinaciones matemáticas para estudiar modelos medioambientales como la erosión del suelo, manejo y sostenibilidad del medio forestal, etc.

En la fig. 7.1 se ilustra una representación de cuadrícula o raster pura. Por convención, se asigna el valor cero (0) o *null* a aquellos píxeles que no poseen información y que a pesar de ello, por tratarse de una matriz regular, deben almacenarse. En el ejemplo se ha asignado el valor A, a los píxeles que conforman una masa de agua, B al píxel que representa un objeto puntual de interés y C a un curso de agua lineal.

Cabe mencionar al respecto que este formato, simplificado al máximo en el ejemplo anterior, es la base de almacenamiento de las imágenes satelitales ópticas y/o radar, y de los modelos digitales de elevación en sus formas *terreno* y *superficie*. Éstos (independiente y/o combinados) se usan ampliamente hoy en día en todos los ámbitos relacionados tanto con el estudio del espacio geográfico, como con los usos coloquiales como es el caso, entre otros, de Google Earth, dispositivos móviles, etc.

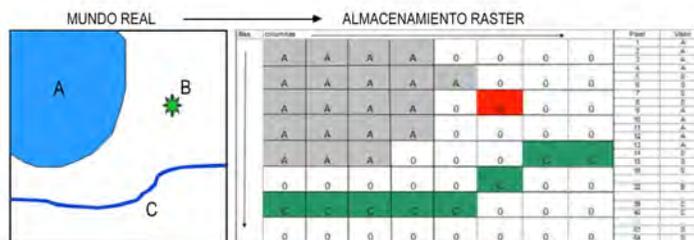


FIGURA 7.1. Representación esquemática del formato Raster; los colores en las celdas son únicamente para fines ilustrativos (Fuente: IGM Chile)

Los archivos raster se utilizan generalmente para almacenar información de imágenes como mapas o fotografías aéreas escaneados, datos de teledetección captados directamente por satélite y otros sistemas de imágenes aéreas. A diferencia de otros archivos de imagen que expresan la resolución en términos de tamaño de las celdas y los puntos por pulgada (dpi), la resolución espacial de imágenes de teledetección se expresa en metros, lo que indica el tamaño nominal de cada celda sobre el terreno.

Los componentes principales del formato raster, lo constituyen por una parte la resolución espacial (o tamaño del píxel [77]) considerado como el elemento más pequeño de una imagen que puede ser procesado individualmente en un sistema de despliegue de imágenes, y la resolución radiométrica. En relación con los modelos de elevación, cada píxel es representativo de la altura dentro de sus límites. A mayor tamaño de píxel menor es la exactitud planimétrica del modelo y, como consecuencia, el relieve se representa más suavizado. Se denomina resolución radiométrica o ‘profundidad en bits’ al número de bits reservado para cada píxel individual. Con él se determina el número de colores que se pueden asignar a dicho píxel, siendo típico entre 64 (descrito con 6 bits, constelación LANDSAT hasta LANDSAT 3), 256 (8 bits, LANDSAT 4 y siguientes, SPOT), 2048 (11 bits, IKONOS y QUICKBIRD) hasta 4096 (12 bits, ASTER-VNIR y SWIR). Para el almacenamiento de la IG en tres dimensiones se emplean los *voxel*, del inglés *volumetric pixel* (de By *et al.*, 2004).

Según [75], algunos ejemplos de formatos raster, aptos para almacenar información georreferenciada son:

- GeoTIFF (*Geographic Tagged Image File Format*)
- DEM (*Digital Elevation Model* de ESRI)
- JP2 (JPEG 2000) una extensión del conocido JPG (*Joint Photographic Experts Group*)

7.4 Bases de Datos Espaciales

Una colección de datos referidos a objetos de los que se conoce su localización espacial se denomina Base de Datos Espaciales. Esta Base de Datos es modelo de la realidad que se ajusta a un cierto fenómeno.

7.4.1 Características

En el dominio no-espacial, las bases de datos se han aplicado para diferentes propósitos como la administración bancaria, la gestión de empresas e instituciones, entre otros (de By *et al.*, 2004). Estas aplicaciones tienen en común que la cantidad de datos suele ser muy grande, pero los datos en sí tienen una estructura simple y regular. El diseño de una base de datos es complejo y se requiere al menos documentar los siguientes pasos para su configuración y administración:

- Definir cuidadosamente su propósito
- Establecer quiénes serán sus usuarios
- Identificar las fuentes de datos disponibles

- Definir la estructura o modelo de organización de datos
- Especificar el método de ingreso de datos
- Prever procesos para el análisis y explotación de la información
- Especificar el o los procedimientos para la actualización permanente

Una base de datos geográfica puede definirse como la colección lógica de IG interrelacionada que se administra y almacena como una unidad, comprendiendo antecedentes sobre la ubicación de las características del mundo real y sobre sus particularidades en relación a su entorno (ONU, 2010).

Es importante indicar que para el caso del almacenamiento de la IG, se consideran las bases de datos espaciales y temáticas, en las que se almacenan de manera estructurada los objetos cartográficos (posición, tamaño y forma) y sus características no geométricas (atributos alfanuméricos) respectivamente (Ordóñez Galán y Martínez Alegría, 2003). En algunos sistemas las dos bases de datos están separadas, mientras que en otros se integran en una sola.

El almacenamiento adecuado de datos geográficos es un factor crítico para lograr el procesamiento y comprensión óptimo de la IG (de By *et al.*, 2004). En la mayoría de los sistemas disponibles, los datos espaciales se organizan en capas según el tema y/o de acuerdo a su escala. Por ejemplo, los datos pueden organizarse en categorías temáticas, como uso del suelo, topografía y límites administrativos, o bien, en función de la escala del mapa. En una base de datos espacial, se almacenan los objetos junto con sus atributos y relaciones geométricas y no-geométricas, ya sea en formato vectorial o raster.

Desde el punto de vista territorial, es importante considerar aspectos tales como la topología de los datos geográficos (ONU, 2010). Una base de datos que contiene topología no sólo almacena cada característica individual, sino que también almacena la forma en que las características se relacionan con otras de igual o diferente clase. Por ejemplo, además de un conjunto de líneas que representan una red de calles, el sistema almacenará los nodos que definen las intersecciones de las calles, lo que posibilita que determine las rutas a lo largo de varios segmentos de calle. O bien, almacenaría una línea por vez, junto con información sobre los polígonos que se encuentran a ambos lados de la línea, en lugar de almacenar los polígonos como figuras cerradas, caso en el que se almacenarían dos veces los límites entre polígonos adyacentes. Esto evita la redundancia y facilita la aplicación de muchas funciones de análisis espacial.

7.4.2 Sistema de gestión de base de datos

Un SGBD es un *software* que permite establecer, usar y mantener una base de datos (de By *et al.*, 2004). De la misma manera que un SIG permite configurar una aplicación de IG, un SGBD ofrece la funcionalidad genérica para la organización de la respectiva base de datos y de su manejo, incluyendo funciones básicas tales como el ingreso, almacenamiento, manipulación, recuperación y consulta de datos (ONU, 2010). Las principales razones para emplear un SGBD (de By *et al.*, 2004), en el almacenamiento y procesamiento de datos en general y de manera específica en relación con la IG, se pueden sintetizar en las siguientes:

- Da soporte al almacenamiento y manejo de conjuntos de datos muy grandes
- Cuenta con mecanismos de acceso seguro
- Es compatible con el uso simultáneo del mismo conjunto de datos por muchos usuarios
- Proporciona un lenguaje de consulta de alto nivel
- Es compatible con el uso de un modelo de datos
- Se incluyen las funciones de respaldo y de recuperación para asegurar la disponibilidad de datos en todo momento
- Se puede controlar la redundancia de los datos

Un SGBD tiene como propósito general manejar de manera clara y ordenada un conjunto de datos que posteriormente se convertirán en información relevante para una organización. En el contexto de los SIG corporativos e IDE, constituyen la interfaz entre la base de datos espacial, los usuarios y las aplicaciones que la utilizan, por lo que se requiere de herramientas informáticas robustas y sólidas. La eficiencia del SGBD depende de muchos factores, siendo el de mayor incidencia el relacionado con la modelación adecuada, la definición de los objetos y la propuesta de los resultados esperados.

Los SGBD pueden clasificarse en: sistemas de datos relacionales, de objetos, y de objetos-relacionales (ONU, 2010).

Los Sistemas de Gestión de Base de Datos Relacionales (SGBDR) consisten en conjuntos de cuadros, cada uno de ellos corresponde a una ordenación bidimensional de registros que contienen atributos de los objetos estudiados. Aunque son flexibles y útiles, no se han diseñado para dar cabida a tipos de datos tan ricos como los geográficos, en que la topología de objetos y las relaciones entre objetos pueden resultar complicadas. Entre los programas comerciales para SGBDR, cabe mencionar Microsoft Access, SQL Server, DB2, Oracle, etc., y de fuente abierta MySQL, Postgres y DBApache, entre otros.

Los Sistemas de Gestión de Base de Datos Orientado a Objetos (SGBDOO) están diseñados para responder a una deficiencia fundamental en los SGBDR: su incapacidad para almacenar objetos complejos directamente en la base de datos. Los SGBDOO pueden almacenar sistemáticamente objetos y proporcionar instrumentos de indagación orientados a ellos.

Los Sistemas de Gestión de Base de Datos de Objetos Relacionales (SGBDOR) son híbridos, con características a la vez de objetos y relacionales. Consisten en un dispositivo para datos relacionales con un marco de extensión para manejar objetos. En condiciones ideales, un SGBDOR consta de los siguientes componentes: un analizador de la gramática del lenguaje para indagaciones SQL (lenguaje estructurado para consultas), un optimizador de indagaciones, un lenguaje de indagaciones, un indizador, dispositivos para la gestión del almacenamiento, servicios de transacción y dispositivo de duplicación. Entre los programas comerciales y de fuente abierta para SGBDOR se encuentran Oracle, Informix, etc., así como PostgreSQL.

Las compañías que producen *software* han respondido a la demanda de capacidades espaciales mediante extensiones que den soporte a objetos geográficos permitiendo el almacenamiento, indexación, consulta y manipulación de datos e información espaciales. Si bien algunas de estas bases de datos geográficas están implementadas para permitir también el uso de funciones de geoprocetamiento, su principal beneficio se centra en las capacidades que ofrecen en el almacenamiento de datos georreferenciados. Entre las más conocidas están DB 2 *Spatial Extender*, Informix *Spatial Datablade* y Oracle *Spatial*.

7.4.3 Modelo de datos orientado a objetos

Se entiende por modelo de datos el diseño conceptual de un conjunto de datos que describe las entidades de la base de datos y las relaciones entre ellas definido por un usuario (ONU, 2010). En este sentido, el *modelo orientado a objetos*, según Alonso *et al.*, (2005) se basa en la representación de la realidad como un conjunto de objetos interrelacionados para un fin común, enviándose mensajes unos a otros. Cada objeto es una instancia de una clase, que puede definirse de manera informal como un conjunto de objetos de características similares.

Los objetos geográficos se agrupan en clases en función de la similitud de los atributos de geometría, topología y relaciones temáticas que comparten (del Río San José, 2010). Los atributos temáticos de cada objeto geográfico son el resultado de aplicar unas determinadas funciones que varían según las relaciones del objeto de referencia con su entorno. Los SIG orientados a objetos (SIGOO) introducen un carácter dinámico a la información incluida en el sistema, frente a los modelos vectoriales y raster que tienen un carácter estático. Por ello, este modelo es más aconsejable para situaciones en las que la naturaleza de los objetos que se trata de modelar es cambiante en el tiempo y/o en el espacio.

En la programación orientada a objetos pueden definirse los objetos como entidades poseedoras de, literalmente, miles de características (ONU, 2010). Cuando se importan e incorporan a un SIG, estas características posibilitan que los objetos «se comporten» de manera previsible en condiciones de simulación, haciéndolos susceptibles de una compleja modelación, como por ejemplo, para el análisis de rutas de viaje.

7.4.4 Modelo entidad relación

El modelo de base de datos relacionales se utiliza para almacenar, recuperar y manipular cuadros de datos acerca de las características geográficas en la respectiva base de datos, de manera acorde con el modelo de entidad-relación (MER) (ONU, 2010). En un contexto geográfico, una «entidad» puede ser cualquier singularidad espacial sobre cuyas características se compila información. Por su parte, las relaciones definen la asociación entre cada una de las entidades. Este modelo es una herramienta para el modelado de datos de un sistema de información. Está basado en una percepción del mundo real que consta de una colección de objetos básicos llamados entidades, y de relaciones entre esos objetos. Para modelar una BD con esta herramienta se debe: elaborar el diagrama entidad-relación, completar el modelo con la lista de atributos y restricciones que no se pueden reflejar en el diagrama,

transformar las relaciones múltiples en binarias, normalizar las relaciones (algunas relaciones pueden transformarse en atributos y viceversa) y finalmente, convertirlo en tablas.

En una parcela urbana se pueden definir, a modo de ejemplo, como entidades geográficas los predios, las construcciones; y como no geográficas el registro de propiedad y los propietarios, mientras que las relaciones podrán ser condiciones entre las distintas entidades. En la fig. 7.2 se trata de representar de manera esquemática este ejemplo.

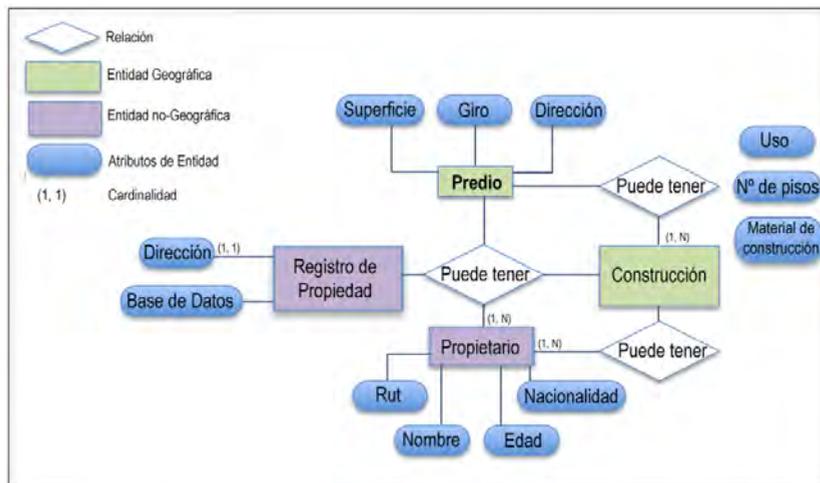


FIGURA 7.2. Modelo entidad-relación simplificado (Fuente: Elaboración propia)

7.5 Conclusiones

La IG está constituida por datos de tipo *gráfico* y por *datos alfanuméricos* o *atributos*. Los datos de tipo gráfico son aquellos que representan a cada una de las entidades geográficas existentes sobre el territorio, tales como la hidrografía, red vial, relieve, infraestructura, vegetación, etc. Este tipo de datos pueden generarse, administrarse, procesarse y almacenarse, principalmente a través de dos tipos de formatos digitales complementarios entre sí:

- Formatos vectoriales, que establecen el procesamiento de las entidades geográficas a través de elementos puntuales, líneas y polígonos, lo que constituye una representación discreta del espacio territorial.
- Formatos raster, los que se materializan a través de una representación del territorio mediante imágenes digitales, organizada en píxeles de tamaño regular que dan una representación continua del espacio.

Los atributos o datos alfanuméricos son aquellos que sin ser directamente visibles componen parte de las características o propiedad de cada una de las entidades geográficas. Típicamente se les asocia al formato vectorial. Para el almacenamiento de este tipo de datos es necesario tener presente el uso previsto para ellos, lo que permitiría optimizar la estructura requerida para su almacenamiento y de esta manera el correspondiente SGBD.

CAPÍTULO 8.

LA EXPLOTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Amílcar Morales¹, Mario Ledesma-A.¹, Claudia Coronel¹, Graciela Metternicht³

¹Centro de Investigación en Geografía y Geomática, “Ing. Jorge L. Tamayo”, México, D.F.

³PNUMA, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Panamá

¹{amilcar, mledesma, ccoronel}@centrogeo.org.mx, ³graciela.metternicht@unep.org

Resumen. La explotación de la IG se inicia con la obtención de datos geográficos disponibles para una zona y tema de interés, en un momento dado o rango de tiempo. Luego, se procede a explorar los datos, formular preguntas y con las funciones de análisis espacial, responder a la pregunta o consulta planteada. El análisis es el procedimiento lógico que permite establecer unidades geográficas elementales que conforman el conjunto de datos, registros, unidades ambientales, unidades administrativas, etc. y que describen adecuadamente el problema que se quiere resolver. A partir de la caracterización de estas unidades por medio de atributos, se comienzan a identificar comportamientos o patrones en las variables que interesan y se elaboran hipótesis para su explicación. Parte del manejo de datos consiste en la búsqueda de relaciones entre los elementos de análisis y sus atributos, lo cual lleva a determinar cierto comportamiento, empleando modelos ya establecidos y comprobados o bien ajustados a las condiciones del contexto analizado o incluso, la creación de nuevos modelos. Finalmente, tras la prueba de hipótesis, se avanza un paso más hacia la comprensión del problema planteado inicialmente, no importando si la hipótesis inicial es válida o no. Este apasionante viaje circular es el análisis espacial y lo importante es aprender o desaprender lo aprendido y no el inicio o el fin del proceso. Este capítulo introduce algunos métodos, herramientas de exploración y de análisis espacial consideradas básicas para iniciar un proceso de explotación de IG. Por su condición indispensable, se repasan los inicios del análisis espacial con enfoque científico en Geografía, se presentan las bases analíticas y se ofrecen ejemplos de tareas de exploración y de análisis de primer nivel. Los temas de este capítulo se organizan en tres secciones (a) una introducción al análisis espacial y al manejo de la IG, describiendo su evolución en el tiempo y ofreciendo algunas definiciones, conceptos generales y objetivos, presentando un panorama general del análisis espacial; (b) una exposición de los métodos de exploración de datos geoespaciales, abundando en las consultas de datos geográficos, presentando definiciones y ejemplos de consultas temáticas y espaciales agrupados en dos niveles de exploración. El nivel I se refiere a consultas simples orientadas directamente a los atributos, y el nivel II que comprende la clasificación de los atributos en sus diferentes modalidades, mostrando algunas de las vías más rápidas y expeditas para obtener respuesta a preguntas sobre el problema tratado; y (c) los métodos de análisis de primer nivel que permiten la extracción de rasgos o patrones espaciales en los datos a partir de una consulta espacial. Complementariamente se presentan definiciones, tipos de relaciones, ejemplos y diferentes procesos básicos que se pueden utilizar, profundizando en el grado de complejidad de los planteamientos a los que se puede responder.

Palabras clave: patrones, consultas, herramientas de exploración, análisis espacial

8.1 Introducción

Un aspecto importante en una IDE es la explotación de la IG y su interacción con la misma, mediante la consulta y aplicación de funciones de análisis espacial. Esto permite responder a las preguntas que el usuario plantea, extrayendo sólo lo que es relevante y útil para sus propósitos específicos.

Por explorar se entiende el proceso de examinar, ubicar y determinar el contenido de cada dato o rasgo espacial, de cómo se puede gestionar y representar la IG y establecer las preguntas que pueden formularse. La importancia de la exploración radica en que permite optimizar las capacidades analíticas de la información de los usuarios (Longley *et al.*, 1999).

Analizar y explotar la IG implica interactuar con los datos, realizar preguntas y procesarlas. El éxito o fracaso en la resolución de un problema identificado, dependerá de la disponibilidad de información, del conocimiento previo que el usuario tenga sobre el problema y de la aplicabilidad de las herramientas de análisis disponibles. El aprovechamiento de la IG en una IDE favorece el análisis de los fenómenos que acontecen en el espacio geográfico para la toma de decisiones a diferentes niveles tales como determinar la localización de un puesto de auxilio a lo largo de un corredor de transporte, o elegir una ruta para llegar a destino considerando el tráfico, la hora y las movilizaciones en ese momento.

Este capítulo introduce algunos métodos y herramientas de exploración y de análisis espacial consideradas básicas para iniciar un proceso de explotación de IG. Se divide en tres secciones: (a) breve introducción del campo de análisis espacial, objetivos y conceptos generales, (b) presentación de métodos básicos de exploración de datos geoespaciales como consultas temáticas y espaciales y (c) descripción de métodos de análisis de primer nivel que permiten la extracción de rasgos o patrones espaciales en los datos. Por último, se presentan enlaces y referencias a sitios de interés que pueden ampliar el panorama sobre el tema de explotación o manejo de datos geográficos.

8.2 Análisis espacial y el manejo de IG

Para poder aprovechar o explotar al máximo los atributos de la IG es importante realizar un análisis espacial. Esta disciplina consiste en la aplicación y generación de modelos, métodos y herramientas para descubrir relaciones y patrones en datos geográficos, y explicar así el comportamiento de los fenómenos geográficos (Longley *et al.*, 1999; Fotheringham *et al.*, 2002).

El análisis espacial nace a mediados de los años 50 del siglo pasado como una necesidad de formalizar y conceptualizar fenómenos geográficos de naturaleza multidimensional (social, cultural, económica, política, física), en las escuelas de geografía de Estados Unidos y Gran Bretaña (Mc Harg, 1995). Básicamente, es la incorporación del método científico clásico en el campo de la geografía, disciplina que en esos años buscaba establecer conceptos y metodologías transversales en diferentes áreas (Hagget, 1965). La aplicación de modelos físicos, matemáticos y económicos para el estudio de fenómenos geográficos impulsó el

desarrollo de métodos y herramientas de exploración y manejo de datos geográficos incorporando posteriormente procesos computacionales y cartografía digital con el objetivo de facilitar el análisis espacial. Estas herramientas se conocieron como SIG. Hay que tener presente que un SIG considera, además de las herramientas de análisis, aspectos de organización, políticas de uso, alta interactividad con los usuarios y enfoques o puntos de vista propios del grupo que lo emplea para hacer eficientes sus procesos de trabajo y toma de decisiones (Reyes, 2005).

El análisis espacial contempla métodos de exploración de datos que permiten identificar comportamientos característicos de los procesos observados en forma de patrones, como un primer acercamiento a la descripción y caracterización de un fenómeno. Requiere de herramientas y técnicas de visualización a nivel del dato individual o del conjunto de datos tales como resaltados, acercamientos, alejamientos, consultas temáticas, etc. Pueden considerarse como tareas elementales a realizar sobre los datos e información de referencia o localización geográfica del dato y de los atributos asociados a éste. A este nivel de exploración simple se le denominará Nivel I (Andrienko y Andrienko, 2006).

En otro nivel de interacción y manejo de los datos se pueden realizar tareas más avanzadas para comparar diferentes atributos en un mismo conjunto de datos o para comparar patrones entre diferentes atributos y/o diferentes conjuntos de datos (fig. 8.1). En este nivel se encuentran tareas como la búsqueda y comparación de patrones. Las herramientas y técnicas de visualización se aplican más bien a nivel del conjunto o subconjunto de datos y hacen uso extensivo de otras técnicas de visualización que complementan el despliegue visual como gráficos, matrices, clasificación, plantillas de mapas, enlaces a bases de datos externas, animaciones o hipermapas, vuelos virtuales, etc. A este nivel de exploración se le denominará Nivel II y a él corresponden las consultas espaciales (Andrienko y Andrienko, 2006; Gahegan *et al.*, 2001). El proceso de exploración de datos es un ejercicio de razonamiento abductivo que consiste en dejar que los datos hablen, sin establecer una hipótesis previa de su comportamiento.

Tras la exploración de datos se inicia un proceso de modelación geográfica donde se determina qué tipo de representación espacial sería más adecuada para simular el comportamiento del fenómeno estudiado (Fotheringham *et al.*, 2002). Esta fase de análisis a nivel primario permite hacer una serie de supuestos aplicables al conjunto de datos y de procesos involucrados, así como de modelos geográficos adecuados. El resultado de este análisis primario es una hipótesis general sobre el comportamiento observado. Si bien los datos tienen inicialmente una forma lógica de representación (puntos, líneas y polígonos), no significa que el fenómeno pueda caracterizarse de manera eficiente tal como se ha observado. Por ejemplo, muchas variables meteorológicas se observan en puntos fijos (estaciones), cuando su comportamiento es más bien distribuido espacial y temporalmente. Por lo tanto, se requieren modelos de superficies o fluidos para modelarlas. La generalización de un comportamiento observado mediante la aplicación de supuestos y modelos aplicables, constituye

un ejercicio de inducción. Una vez que se determina un modelo espacial apropiado para representar al fenómeno estudiado, se procede a realizar tareas de análisis que soporten la modelación geográfica para explicar el origen y significado del comportamiento observado.

Con estas tareas se inicia una fase de análisis espacial de orden secundario con la aplicación de modelos de procesos y técnicas de geocomputación (modelos lógicos y físicos de datos, algoritmos espaciales). En esta fase es donde ha habido un gran desarrollo de modelos conceptuales, semiempíricos y empíricos para explicar fenómenos geográficos (Fotheringham *et al.*, 2002; Hagget, 1965).

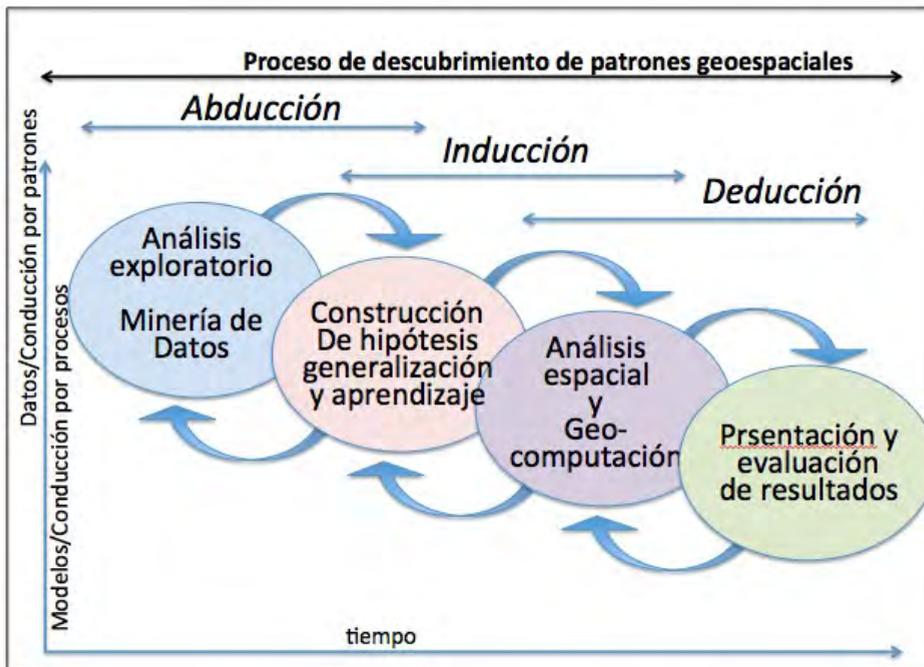


FIGURA 8.1. Proceso de identificación de patrones geoespaciales. (Fuente: modificado de Gahegan *et al.*, 2001)

Finalmente, se aplican técnicas y métodos de análisis que aprueben la pertinencia y desempeño de los modelos, y la aprobación o rechazo de hipótesis. Para mayores detalles sobre las técnicas de análisis confirmatorio consultar Anselin, (2005).

Cuando se tiene un conocimiento suficiente sobre un proceso no se requiere un análisis exploratorio de datos. En este caso, se aplican modelos conocidos a un fenómeno observado y el análisis se limita a determinar el desempeño del modelo y su ajuste, con un método deductivo. El proceso general de análisis espacial resulta en la generación de información acerca de un proceso observado, lo cual permite cambiar la perspectiva del analista o usuario de los datos geográficos a lo largo del proceso (MacEachren *et al.*, 1999).

A continuación se analizan las consultas de datos geográficos que forman parte de las tareas básicas en un análisis exploratorio. Dependiendo de cómo se responda a las preguntas, se distingue entre consultas temáticas y espaciales.

8.2.1 Consultas de datos geográficos

Una consulta puede definirse como un proceso donde el *software* responde a las preguntas de los usuarios acerca de los datos bajo análisis. Si las preguntas son elementales, entonces el análisis exploratorio es de Nivel I y si las preguntas involucran comparación y extracción de patrones se consideran de Nivel II.

8.2.2 Consultas temáticas

La consulta temática se refiere a preguntas relativas a los atributos en los datos espaciales. Puede referirse a un rasgo en particular, a una muestra del conjunto de datos o a su totalidad. La consulta espacial se refiere a la ubicación de rasgos en función de una combinación de variables espaciales como la distancia, contigüidad, álgebra de mapas o bien se emplean funciones de análisis espacial de mayor complejidad (análisis de redes, geocodificación, etc.). Como los atributos están ligados directamente con la referencia espacial, la consulta temática despliega el resultado como un realce en el mapa y en la tabla. No obstante, la consulta temática se realiza directamente sobre los atributos.

Dependiendo de la naturaleza de los atributos se pueden distinguir dos tipos de variables: cuantitativas y cualitativas. Las variables cuantitativas se expresan con valores numéricos y es posible hacer operaciones con ellas: ingresos, peso, afluencia vehicular, cantidad de asistentes a un evento, etc. Las variables cualitativas se refieren a rangos de valores o clases resultantes de un esquema de clasificación establecido previamente, [78], [79], [80], [81].

Otra clasificación de las variables que puede ayudar a entender su naturaleza:

- Cateóricas (nominales): Se pueden tener dos o más categorías, pero no tienen un orden intrínseco. Por ejemplo: género, color del cabello, religión, etc. Pueden ser incluso numéricas como el código postal, zona postal, número de predio, etc. Sirven sólo para identificación.
- Ordinales: Similares a la nominales, con la diferencia que deben estar claramente ordenadas. Por ejemplo: nivel de estudios, experiencia (nula, poca, regular, mucha), etc. Este tipo de variables no cuentan con distancia entre categorías, ya que no son cuantificables o medibles.
- Intervalo: Son variables numéricas, y cada clase representa un intervalo de valores. Por ejemplo, grupos de edades. La distancia entre cada rango puede o no ser la misma. Estas variables emplean un origen arbitrario. Pueden ser especificadas con operadores =, <, >, etc.
- Razón: Son iguales que las variables de intervalo, pero la diferencia radica en que cuentan con un cero absoluto, que representa la ausencia de valor. Por ejemplo: peso, altura, distancia, ingreso, etc. Permite establecer relaciones de igualdad, superioridad o infe-

rioridad, mayor que, menor que, con respecto a unidades existentes entre dos valores o respecto al origen.

Nivel I de exploración

En estas consultas la interacción con los datos es simple y está orientada a los atributos. Las figs. 8.2, 8.3 y 8.4 constituyen un ejemplo de estas interacciones.



FIGURA 8.2. Identificar elementos en pantalla mediante un clic sobre el objeto de interés. (Fuente: Elaboración propia)

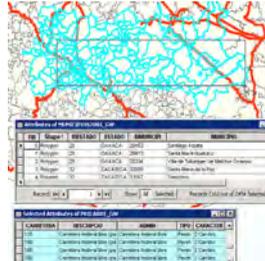


FIGURA 8.3. Selección por medio de un rectángulo, mostrándose los atributos de las capas seleccionadas. Fuente: Elaboración propia)

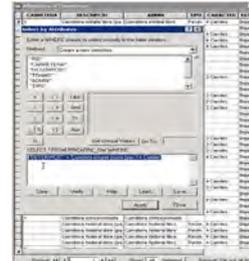


FIGURA 8.4. Selección de objetos por consulta de atributos. (Fuente: Elaboración propia)

8.2.3 Consultas por clasificación. Nivel II de exploración

Normalmente, para representar en forma resumida el comportamiento de una variable, se realiza la clasificación de los atributos. Se pueden distinguir dos tipos de clasificación: conceptual y semiempírica. La primera se define a priori con criterios ya establecidos, que pueden ser taxonómicos, jerárquicos (escalares) o funcionales. En la clasificación taxonómica caben los tipos de suelos, vegetación y uso de suelo, etc.; en el segundo, se pueden mencionar las clasificaciones ecológicas jerárquicas y el tercero se define por criterios funcionales como, por ejemplo, las clasificaciones por rango de tamaño para las ciudades.

La clasificación semiempírica recibe este nombre porque los criterios de clasificación dependen parcialmente del conjunto de datos y de su naturaleza, pero para que la clasificación sea útil, el analista debe determinar a priori el objetivo del mapa. Entonces, el mapa representará diferentes aspectos de los atributos, si lo que se busca es generalizar, expresar la variabilidad de los datos lo más posible o resaltar comportamientos agregados o raros.

Los tipos de clasificación útiles para caracterizar son desviaciones estándar y cuantiles (fig. 8.5), ya que identifican la media de la variable y sus desviaciones. Las clasificaciones de intervalos iguales, y percentiles permiten observar la variabilidad general de los datos sin enfatizar en los parámetros de caracterización. Cuando se desea identificar comportamientos agregados y/o extremos, las clasificaciones de cortes naturales y los mapas de caja son los más indicados, ya que permiten identificar clases estadísticamente separables (fig. 8.6).

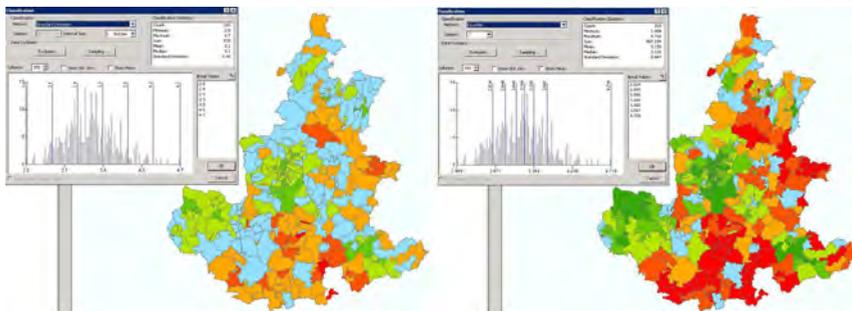


FIGURA 8.5. Misma variable, distintos método de clasificación. Desviación estándar a la izquierda y cuantiles a la derecha, ambas con siete clases y la misma rampa de colores. (Fuente: Elaboración propia)

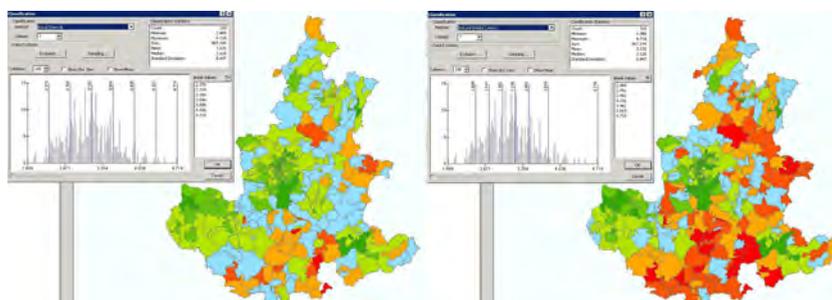


FIGURA 8.6. Misma variable, misma rampa de colores, siete clases en ambos casos. A la izquierda, clasificación por intervalos iguales A la derecha, por cortes naturales. Se observan mensajes distintos para una misma información: el de la izquierda se aprecia más distribuido, mientras que en el de la derecha, se aprecian más elementos en rojo, mostrando tendencias distintas, aunque en ambos casos es la misma información. (Fuente: Elaboración propia)

8.2.4 Consultas espaciales

El proceso de explotación de la información espacial requiere que la IDE resuelva cuestionamientos que involucran la comparación e identificación de patrones en el conjunto de datos, como los que siguen:

- Ubicación: ¿Qué tipo de uso de suelo hay en estas coordenadas?
- Condición: ¿Qué áreas recreativas hay en el radio de 2 horas de caminata por los senderos cercanos a mi alojamiento?
- Tendencia: ¿Cómo ha cambiado la ocupación del suelo desde 1944 hasta la fecha?
- Patrones: ¿Existe alguna agrupación espacial en la incidencia delictiva en la ciudad donde vivo?

Para resolver estas cuestiones se utilizan las consultas espaciales, que son aquellas que implican una relación de contigüidad, conectividad o pertenencia. Por ejemplo, saber si un predio dado, pertenece a una municipalidad u otra. Aunque se consultan los atributos, se

responde a este tipo de preguntas básicamente con respuestas espaciales. Algunas de ellas se realizan a través de procesos especialmente diseñados para ello, como pueden ser las áreas de afectación o *buffer*, unión de mapas, substracción de mapas, transferencia o herencia de atributos, etc. La consulta espacial implica la utilización de funciones de análisis que suponen comportamientos a priori del fenómeno estudiado.

8.3 Métodos de análisis de primer orden para identificar y comparar patrones en datos vectoriales

Como se vio en la sección anterior, las operaciones de exploración facilitan la comparación e identificación de patrones. Las operaciones como *buffer* o intersección de datos implican que el espacio es relevante para explicar ciertos comportamientos observados, que los temas o aspectos considerados presentan una relación e incluso cuál es la forma de la relación entre variables en el espacio. En la práctica, es difícil distinguir entre las distintas fases de análisis espacial. Algunas operaciones básicas de análisis espacial usadas en la consulta espacial son las siguientes:

8.3.1 Buffer o área de influencia

Realiza el cálculo de una área individual para cada uno de los elementos espaciales seleccionados (puntos, líneas o polígonos). El área calculada da lugar a una serie de polígonos alrededor de los elementos de entrada, acorde con una distancia establecida. En la fig. 8.7, se ve el resultado del cálculo de este área de afectación. En los puntos es un radio de 100 m y en líneas y polígonos es de 50 m.

Para los puntos, se dibuja una circunferencia con centro el punto y radio igual a la distancia de área de influencia seleccionada. Las líneas generan el área de afectación en ambos lados de los segmentos seleccionados. Los polígonos se generan creando áreas de afectación en todos los lados de cada polígono, creando una suerte de copia del polígono original, pero aumentado en todos lados acorde con la distancia especificada. El área de afectación puede ser calculada para puntos, líneas o polígonos.

8.3.2 Intersección

La intersección es la operación geométrica en la cual se calcula la coincidencia espacial de las capas en cuestión. Como resultado se obtiene todo aquel objeto espacial que coincide en la misma región geográfica. Se pueden intersectar objetos de distinta geometría: puntos, líneas y polígonos. En esta operación existen varias opciones de salida, todas acorde con la entrada; si entran solo polígonos, la salida puede ser de polígonos, líneas o puntos. Si la entrada es de líneas, la salida puede ser de líneas o puntos; si la entrada es de puntos, la salida es de puntos. La fig. 8.8 muestra la intersección de dos capas de polígonos. En la fig. 8.9 se muestran los atributos de tales polígonos y en la fig. 8.10 los atributos de los polígonos de intersección. De acuerdo a la teoría de conjuntos sería: $A \cap B$.



FIGURA 8.7. Áreas de influencia. (Fuente: Elaboración propia)

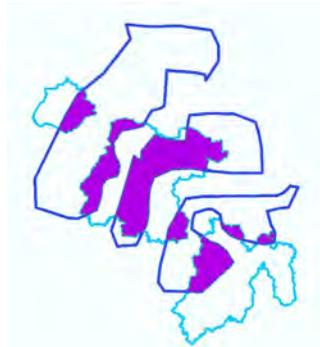


FIGURA 8.8. Intersección de polígonos, el resultado en color lila. (Fuente: Elaboración propia)

Attributes of Poligons				Attributes of Poligonos_Edos_x_buffer			
FID	Atributo1	Atributo2	Atributo3	NOMBRE	EDO	DESCRIPTOR	REGION
0	Poligon A	123	08/02/2011	Aguaascalientes	01	\aguas.dbf	4
1	Poligono B	456	01/12/2010	Guanajuato	11	\guanajua.dbf	4
2	Poligono C	789	31/01/2002	Mexico	15	\mexico.dbf	5

FIGURA 8.9. Atributos de los polígonos de entrada. A la izquierda azul sólido, a la derecha azul achurado. (Fuente: Elaboración propia)

Attributes of Poligons_Intersect							
Atributo1	Atributo2	Atributo3	FID_Poli_1	NOMBRE	EDO	DESCRIPTOR	REGION
Poligon A	123	08/02/2011	0	Aguaascalientes	01	\aguas.dbf	4
Poligon A	123	08/02/2011	1	Guanajuato	11	\guanajua.dbf	4
Poligono B	456	01/12/2010	1	Guanajuato	11	\guanajua.dbf	4
Poligono C	789	31/01/2002	1	Guanajuato	11	\guanajua.dbf	4
Poligono C	789	31/01/2002	2	Mexico	15	\mexico.dbf	5

FIGURA 8.10. Atributos de polígonos, resultado de intersección. (Fuente: Elaboración propia)

En la fig. 8.11 se muestra la intersección de polígonos con líneas. Las líneas rojas y los polígonos rojos son las entradas, la salida son las líneas lilas. Los atributos también se heredan de la capa de salida.

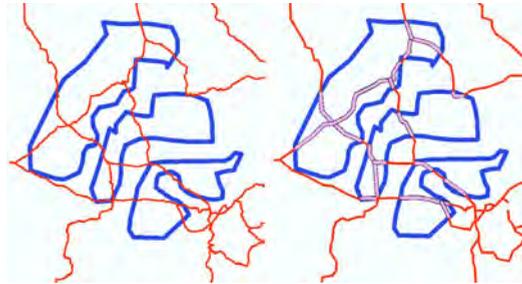


FIGURA 8.11. Intersección de polígonos con líneas. (Fuente: Elaboración propia)

8.3.3 Unión

Es el proceso que calcula la unión geométrica de las capas de entrada, todas ellas se agrupan e integran en una capa de salida. Las capas de entrada heredan sus atributos a la capa de salida, pero sólo los elementos geográficos que intersectan tendrán todos los atributos de las capas de entrada correspondientes. En este proceso sólo se admiten capas de polígonos (fig. 8.12). De acuerdo a la teoría de conjuntos sería: $A \cup B$.

8.3.4 Cortar

Similar a la intersección, calcula el área de superposición de la capa de corte y la capa de entrada. En la capa de salida solo quedan incluidos los elementos de la capa de entrada que intersecan el área de la capa de corte (polígonos naranjas). La capa de salida sólo tendrá los atributos de la capa de entrada (fig. 8.13).

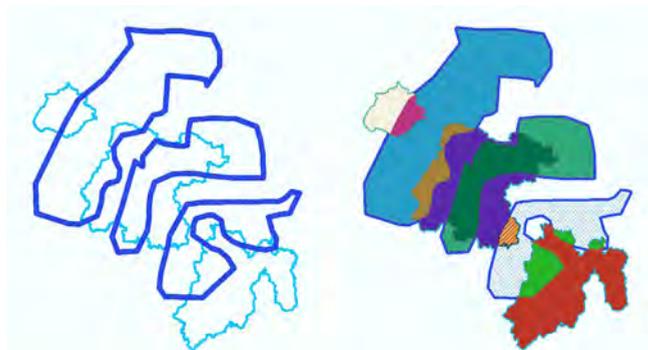


FIGURA 8.12. Unión de capas. (Fuente: Elaboración propia)

8.3.5 Borrar

El borrado calcula la superposición de la capa de entrada con la capa de borrado. Se borran las zonas comunes a ambas capas. La capa de borrado debe ser de polígonos, mientras que la capa a borrar puede ser de cualquier tipo. En la fig. 8.13, sólo se conservan los polígonos que no intersectan los polígonos de borrado (morados) (fig. 8.14). Este proceso podría usarse sobre parcelas para eliminar el área de expropiación para construir caminos.

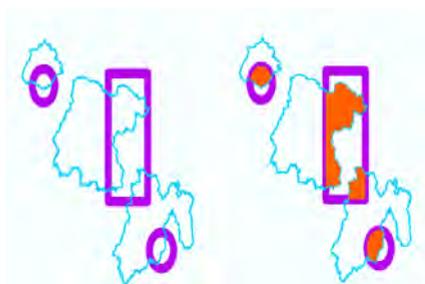


FIGURA 8.13. Corte de capas, polígonos con polígonos. (Fuente: Elaboración propia)

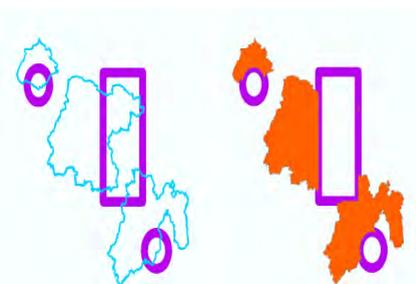


FIGURA 8.14. Borrado de polígonos. (Fuente: Elaboración propia)

8.3.6 Actualizar

Calcula la intersección geométrica de la capa de entrada (polígonos azules) con la capa de actualización (rectángulo) (fig. 8.15). Los atributos y la geometría de la capa de actualización sustituyen los de la capa de entrada en la zona de intersección, ajustándose los elementos restantes y sus atributos para producir la capa de salida. Sólo se trabaja con polígonos. Los atributos de ambas capas deben coincidir [82].

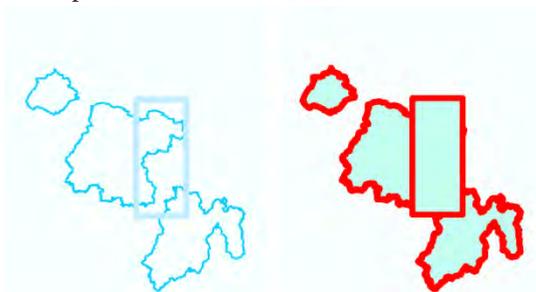


FIGURA 8.15. Actualización. (Fuente: Elaboración propia)

8.4 Análisis de redes

En el entorno de IG una red es todo aquel conjunto de líneas o hilos y uniones o nodos, interconectados, dependientes y convergentes, sobre los que existen atributos específicos de la red en cuestión como: dirección de flujo, sentido, impedancia, etc. Este arreglo puede representar cualquier tipo de grupo interconectado, en el que los nodos representan las

uniones entre los elementos lineales. El análisis de redes es un conjunto de técnicas que permiten representar las relaciones que hay entre los elementos de una red, en lo que se conoce como espacio topológico (Luaces *et al.*, 2007).

El análisis de redes permite investigar, explorar, cuestionar e incidir en las relaciones de los elementos constitutivos de la red. Por ejemplo, al ser parte de una IDE, la red de calles de una ciudad o poblado (fig. 8.16), debe contar con los atributos necesarios para ubicarlas, identificar las intersecciones entre ellas, averiguar qué sentido y orientación tiene cada una, si hay posibilidad de girar a la izquierda o a la derecha, velocidad media, mínima y máxima permitidas, etc.

8.4.1 Geocodificación

La geocodificación es el proceso mediante el cual se relaciona un elemento geográfico (una calle, dirección o código postal) que son cotidianos a cualquier persona, con un par de coordenadas (x,y), las cuales tienen significado y representación en un mapa, además de asignar un identificador a un objeto geográfico [83].

Con la descripción de la dirección (calle, número, colonia, código postal) es posible describir en lenguaje cotidiano la ubicación de un punto de interés, el cual tiene una correspondencia espacial en términos de coordenadas de latitud y longitud. Por ejemplo: la dirección calle Liverpool 137, Col. Zona Rosa, C.P. 14240, se sitúa en el mapa de la fig. 8.17 y espacialmente se representa con las coordenadas (-99.1632, 19.4247).

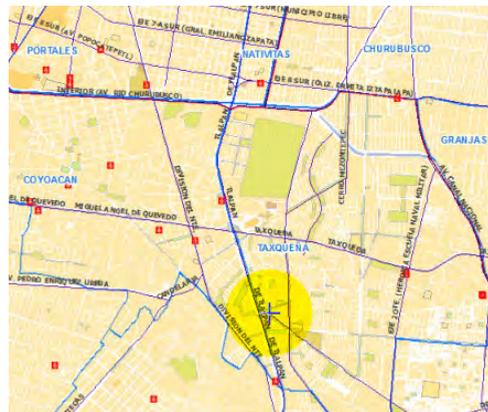


FIGURA 8.16. Red de calles clasificada. Los segmentos de calle de diferente color y grosor permiten identificar distintos tipos de vías de comunicación. (Fuente: Elaboración propia)

El proceso de **geocodificación inversa** consiste en seleccionar un punto de coordenadas (x, y) en un mapa y convertirlo en una dirección, un nombre de calle, un código postal, un número de lote, etc. Esto permite la identificación de direcciones de calles cercanas, lugares y subdivisiones de algunas áreas como colonias o fraccionamientos.

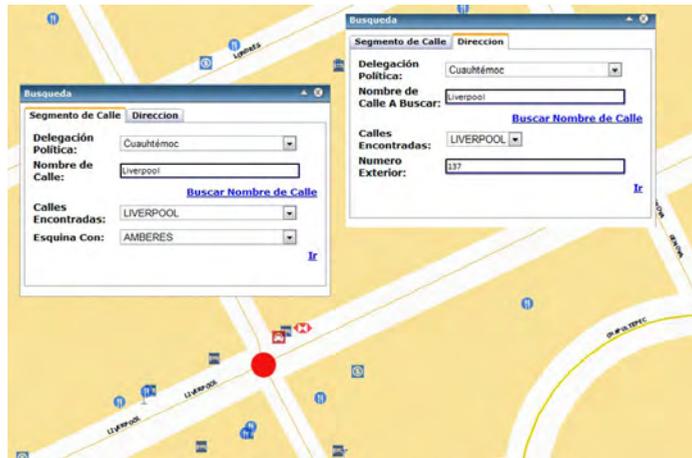


FIGURA 8.17. Geocodificación de un domicilio. Dado un domicilio se obtiene como resultado su ubicación geo-espacial (X,Y). (Fuente: Elaboración propia)

8.5 Conclusiones

El proceso de explotación de datos geográficos permite comprender más acerca de un problema dado, incorporando su contexto espacial y temporal, estableciendo el papel de este contexto en el propio comportamiento de los fenómenos observados y en general desarrollando en el analista un mayor conocimiento espacial, ya que de forma intuitiva se posee cierto manejo del espacio. Para el lector que desea ampliar sus conocimientos en el material presentado en este capítulo, se recomiendan una serie de referencias básicas y enlaces de interés, a saber: Chrisman, (2002); de Mers, (2002); Birkin *et al.*, 1996; Longley y Godchild (2001); Goldberg, (2008); Davis Jr. *et al.*, (2005), [84], [85], [86], [87], etc.

CAPÍTULO 9

LA REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Javier Moya Honduvilla¹, Miguel A. Bernabé¹, Francisco J. Escobar²

¹LatinGEO, Grupo de Investigación Mercator, Universidad Politécnica de Madrid, España

²Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá de Henares, España

¹{j.moya, ma.bernabe}@upm.es, ²francisco.escobar@uah.es

Resumen. Independientemente de sus implicaciones en las IDE, los mapas son y se han utilizado para presentar la información existente sobre la Tierra. No están exentos de errores ya que, debido a una mala redacción gráfica, pueden conducir a una mala legibilidad de la información o incluso a una idea equivocada de la realidad que muestran. Los mapas son modelos de la realidad y para eso se utilizan artificios como (a) las escalas, que obligan a reducir el tamaño y simplificar la información, (b) las proyecciones cartográficas que permiten representar la esfericidad de la Tierra sobre un plano, (c) las cartografías temáticas que representan aspectos concretos de la superficie de la Tierra (edafología, climatología, población, etc.) y (d) el lenguaje cartográfico con sus reglas de redacción, sintácticas, ortográficas y semánticas. Este último aspecto es clave para la producción de mapas que cumplan el objetivo de presentar adecuadamente la información geográfica, al que se dedica este capítulo. La redacción en base a sistemas de símbolos dispone de unas normas relacionadas con las capacidades perceptivas del sistema visual humano que no deben infringirse. El conocimiento de las variables gráficas que pueden aplicarse a la simbología (la forma, el color, el tamaño, etc.); las ventajas y dificultades que tienen cada una de esas variables para la percepción; su aplicación a los diferentes fenómenos, ya sean puntuales lineales o superficiales; la forma en la que se haya adquirido la información que los define (información cualitativa, ordenada o cuantitativa), permitirá garantizar que la información gráfica enviada al lector no sólo sea entendida sino que sea correctamente comprendida. Vulnear el uso de las variables visuales, desconocer el funcionamiento de la percepción respecto a los estímulos visuales y no tener en cuenta el tipo de información que define a los fenómenos, crea errores como se muestra en el presente capítulo a través de unos ejemplos finales.

Palabras Clave: Lenguaje Cartográfico, Semiología Gráfica, Variables Visuales, Dimensión de los Fenómenos Geográficos, Escala de Medida de los Fenómenos, Distribución de los Fenómenos, Simbolización, Errores Cartográficos.

9.1 Introducción

A pesar de haberse alcanzado un notable nivel en el número y calidad de publicaciones, reuniones, iniciativas e incluso legislación sobre IDE, su definición, conceptos y componentes aún son motivo de debate entre la comunidad de usuarios y productores de IG (de Man, 2011). Las IDE se conciben de forma diferente según los países y los sectores. Sin embargo, existe unanimidad en la idea de que las IDE deben facilitar el acceso a los datos geográficos. Con tal fin se han ido depurando protocolos de acceso, normas, estándares, aplicaciones y mecanismos de colaboración entre las diferentes instancias administrativas productoras y usuarias de IG. Uno de los requisitos primarios para todo acceso a IG es la posibilidad de visualizar y representar los datos a los que va a tenerse acceso. La forma más efectiva para representar este tipo de información es a través de mapas. La norma ISO 19117, que trata de la representación de la información geográfica, proporciona una metodología aplicable a cualquier base de datos, para generar de forma general, representaciones gráficas para cada una de las apariciones de objetos geográficos (río, montaña, lago) descritos en las base de datos. Esto se hace por medio de la vinculación de variables gráficas (tonos, tamaños, valores, texturas, etc.) a los atributos espaciales (punto, línea, área) propios de los objetos geográficos descritos en un catálogo. Sin embargo, la norma no concreta ningún tipo de estandarización gráfica ni proporciona la descripción geométrica de una simbología.

Aunque los globos terrestres pueden ser considerados como mapas, para simplificar se denominará como mapa a una representación bidimensional que muestra las propiedades y características de la realidad geográfica de la totalidad o de una parte de la Tierra. Esta simbolización de la realidad puede realizarse sobre cualquier superficie plana: un papel, la arena de una playa o la pantalla de un ordenador; en todos los casos, pretende ser un resumen de las características de un territorio o de lo que sobre él ocurre (Monmonier, 1996).

Ni el tamaño de la Tierra cabe en un mapa, ni la superficie de la esfera es desarrollable sobre un plano, ni la variedad de aspectos de un territorio pueden visualizarse a la vez en un mapa (Cauvin *et al.*, 2010). Por lo tanto, la Humanidad tuvo que buscar estrategias que siguen estado presentes en la visualización a través de las IDE (Dent *et al.*, 2008) mediante:

a) *Un dibujo de la realidad a escala* modificando el tamaño de su representación por medio de la aplicación de una proporción que afecta a sus medidas. Si la escala es de reducción, los elementos representados serán menores que en el original. Tal es el caso de las escalas aplicadas en cartografía. Esta aplicación conlleva un proceso de filtrado y otro de generalización de la información que desemboca en una reducción de la información mostrada. De los tres tipos de escalas habituales en el mapa encontramos la numérica (1:50.000), la textual (un centímetro equivale a quinientos metros) y la gráfica (una barra horizontal con un 0 en un extremo, y un 500 m en el otro). Sólo ésta última es aplicable a las representaciones en la pantalla de un ordenador ya que constituiría un error mostrar una escala numérica en pantallas de ordenador de diferente tamaño.

b) *Proyectando la esfericidad de la Tierra sobre un plano* por medio de las proyecciones cartográficas que son correspondencias biunívocas entre un punto de la esfera y otro del plano sobre el que se proyecta. Este sistema no está exento de deformaciones que, dependiendo de los parámetros que se elijan, afectarán a las distancias, a los ángulos, a las superficies o a la forma de los objetos representados (fig. 9.1).

Se llaman *proyecciones conformes* las que mantienen los ángulos que forman dos líneas cualquiera. Por ejemplo, la proyección de Mercator (fig. 9.2). Estas proyecciones son útiles para cartas de navegación pero es un error utilizarlas para mostrar información de áreas (McEachren y Kraak, 2001).

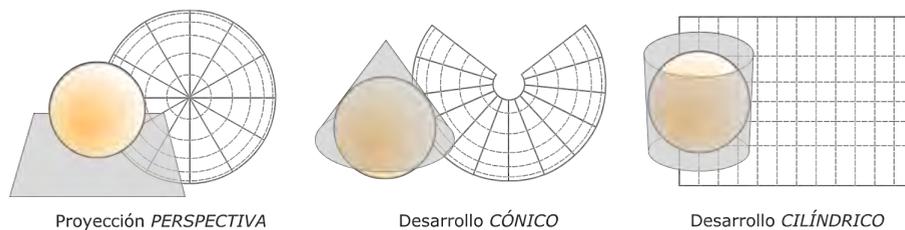


FIGURA 9.1. Dependiendo de cómo se proyecte la superficie de la esfera sobre un plano, el mapa mostrará distinto aspecto. Las deformaciones de los mapas serán conocidas mediante las ecuaciones que caracterizan las proyecciones. (Fuente: Elaboración propia)

Las *proyecciones equivalentes* son las que mantienen la proporcionalidad entre las superficies aunque se modifique la forma de los objetos. Son útiles para mostrar mapas en los que lo importante sea tener en cuenta las áreas de los territorios. Por ejemplo, la proyección cilíndrica equivalente tiene esa propiedad, aunque no se mantienen los ángulos (fig. 9.2b).

En función del plano sobre el que se proyecta la esfera, las proyecciones se dividen en perspectivas cuando se proyecta la esfera desde un punto al plano y en desarrollos cuando se proyecta sobre un cono o un cilindro tangente o secante a la esfera que con posterioridad se desarrolla (fig. 9.1).

c) *Utilizando distintos mapas* (cartografía temática) para mostrar la diversidad de circunstancias que ocurren sobre un mismo punto de la superficie del Planeta. INSPIRE por medio de sus especificaciones, propone la aplicación de unos estilos por defecto, muy elementales, para representar cada uno de sus temas recomendados para los países de Europa.

El tipo de suelo, la temperatura, las precipitaciones, la población, el uso del suelo, las leyes que le afectan, etc. Son fenómenos cuya representación conjunta sería ilegible sobre una misma imagen (Monmonier, 1993). Se opta por realizar distintos mapas especializados o mapas temáticos, que muestran la diversidad de aspectos que ocurren sobre el mismo territorio (Anson y Ormeling, 1996). También hay que hacer notar que algunos sectores de aplicación de la simbología, como pueden ser las cartas marinas oficiales o las cartas aeronáuticas (ver cap. 33), disponen de su propia simbología estandarizada. Y finalmente,

d) Creando un lenguaje cartográfico con el que el autor del mapa comunique visualmente al lector el máximo de información (Cauvin et al., 2010). Los fenómenos geográficos están descritos mediante datos almacenados en tablas de bases de datos. Esa información alfanumérica, cualitativa y cuantitativa, se transforma en IG, que es la que constituye los mapas. Por esta razón, es necesario un sistema de comunicación gráfico que ayude a visualizar y comprender la IG de manera rápida y eficaz (Gurr, 1999, Kraak, 2000). Los sistemas de comunicación gráfica proporcionan al usuario:

- las características gráficas o variables visuales que pueden ser aplicadas a los símbolos y
- las propiedades perceptivas de esas variables visuales que limitan su uso para adecuarse a las capacidades del sistema cognitivo humano potenciando o restringiendo las posibilidades expresivas de puntos, líneas y áreas (Bertin, 2010).

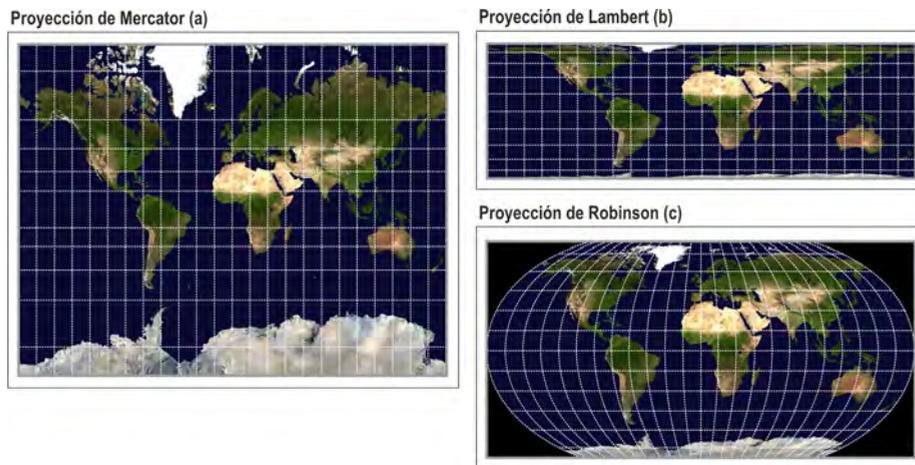


FIGURA 9.2. A la izquierda la proyección de Mercator. Al ser conforme, mantiene los ángulos de las líneas trazadas sobre la esfera terrestre pero no mantiene las áreas (cuanto más cerca de los Polos mayor es el error en área). Arriba a la derecha, una proyección cilíndrica equiárea: mantiene las áreas de las superficies de la esfera pero las superficies se deforman conforme se acercan a los polos. Debajo, la proyección de Robinson, que no es ni conforme ni equivalente pero proporciona una «buena imagen». La elección de la proyección del mapa es una cuestión relevante que facilita o dificulta la comprensión de sus contenidos. (Fuente: Elaboración propia)

Las variables visuales y sus propiedades perceptivas conforman las bases de la semiología gráfica y son el conjunto de reglas que garantizan una comunicación por medio de un sistema de signos. Aquí se presentan las más elementales, bien consolidadas en el acervo cartográfico, que fueron descritas por Bertin (1967), y posteriormente refinadas y ampliadas por numerosos autores. Sin embargo, hay que ser consciente de que los nuevos desarrollos tecnológicos ligados a la popularización de la informática, y en particular a la multimedia (con sus componentes de interacción, animación y sonido); y las nuevas formas de representación geográfica realista (geovisualización, realidad virtual), tienen necesariamente que

provocar el establecimiento de nuevas variables, esta vez no sólo visuales, sino también sonoras, táctiles, dinámicas y tantas como nuevos desarrollos tecnológicos las demanden.

El OGC describe un estándar *Styled Layer Descriptor* (SLD) para la descripción de estilos aplicables a las capas de una cartografía de manera que puedan elegirse colores, grosores, tamaños, etc., para cada una de las características representadas en mapas a diferentes escalas. El estándar SLD utilizado por muchos servidores estandarizados de mapas en Internet (WMS) necesita un lenguaje específico para definir las reglas de representación. Ese lenguaje, estandarizado por el OGC, para almacenar simbología puntual, lineal y superficial se denomina *Symbology Encoding* (SE). Desde [88] puede accederse a la especificación SLD.

9.2 Visualización de la información geográfica

Se han citado las variables visuales y sus propiedades perceptivas como elementos básicos para la transmisión de IG. A continuación, se ampliará la información acerca de las propiedades perceptivas de las variables visuales y se aplicarán sobre ejemplos sencillos que evidencian la potencia de las variables y que ilustran los errores que pueden cometerse cuando están mal aplicadas.

9.2.1 Las variables visuales

Una marca gráfica presentada por un servidor de mapas puede diferenciarse de otra por la variación de una o varias de las variables visuales que la acompañan: forma, orientación, tono, textura, valor o tamaño.

Al observar los mapas de la fig. 9.3, la percepción visual humana tiene capacidad para responder a las siguientes preguntas referidas a cada uno de los mapas (Anson y Ormeling, 1996):

- ¿Tienen todos los símbolos del mapa la misma importancia visual?
- ¿Alguna de las variables permiten distinguir fácilmente familias de símbolos?
- ¿Se puede reconocer un orden en los símbolos?
- En el caso de que exista un orden, ¿se puede cuantificar ese orden?

A continuación, se verá la respuesta a esas preguntas

a) Propiedad asociativa: cuando los símbolos lucen con igual importancia

Si la aplicación de una variable sobre una colección de símbolos, hace que ninguno de ellos tenga más importancia visual que los demás, se dice que la variable aplicada tiene propiedad asociativa. Por ejemplo, la fig. 9.3a muestra un mapa con símbolos puntuales que se diferencian entre sí por su forma. ¿Se puede afirmar que son más importantes los lugares marcados con un círculo que los marcados con un cuadrado? La respuesta es que no y, por lo tanto, la variable forma no aporta importancia.

La *forma* (fig. 9.3a), la *orientación* (fig. 9.3b) y el *tono* (fig. 9.3c), son variables visuales asociativas pues hace que los símbolos aparezcan con similar importancia visual.

b) Propiedad selectiva: cuando se pueden visualizar familias de símbolos

Si de un golpe de vista se puede aislar fácilmente una familia de símbolos, se dice que se ha aplicado sobre ellos una variable con la propiedad selectiva. Esta propiedad es propia del tono: se pueden aislar de golpe todos los rojos o todos los verdes (fig. 9.3c). Esta propiedad la tiene en menor medida del *valor* (fig. 9.3e) y el *tamaño* (fig. 9.3f). No es fácil aislar de golpe todos los cuadrados o triángulos (fig. 9.3a) sin hacer un recorrido por todo el mapa buscándolos y recordando su posición y, por lo tanto, la forma no es selectiva.

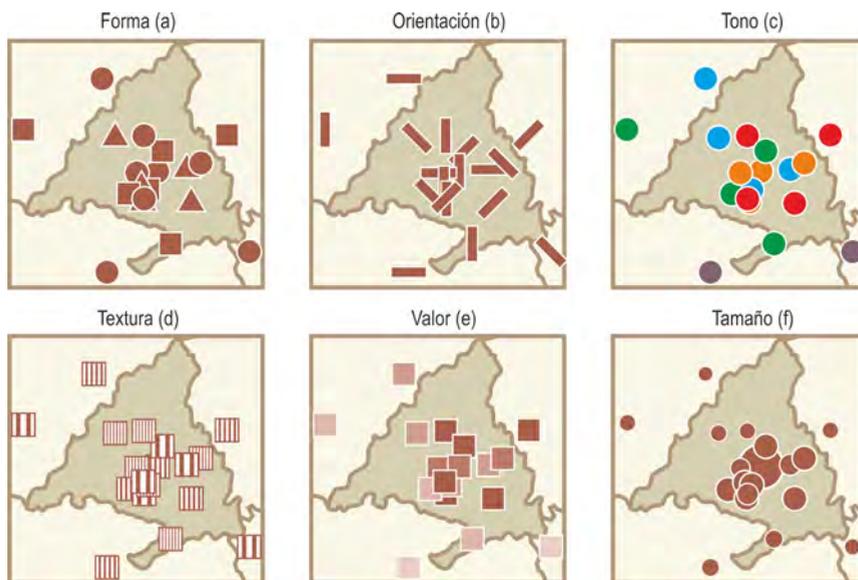


FIGURA 9.3. Aplicación de las distintas variables visuales a un mismo mapa. En todas las figuras se ha representado el mismo fenómeno y se han elegido variables visuales diferentes. Dependiendo de la variable utilizada la información gozará de unas características perceptivas determinadas. (Fuente: Elaboración propia)

c) Propiedad ordenada: cuando los símbolos proporcionan un orden

Si mirando la simbología del mapa puede obtenerse un orden en los elementos sobre los que se ha aplicado una determinada variable visual, se dice que la variable visual tiene la propiedad ordenada. Las propiedades que mejor ordenan son el *valor* (fig. 9.3e) y el *tamaño* (fig. 9.3f). La *forma* y el *tono* no proporcionan un orden.

d) Propiedad cuantitativa: cuando los símbolos pueden cuantificar

Si la aplicación de una variable a una simbología, además de ordenarla, permite que se pueda hablar de que un símbolo es el doble o triple que otro, se dice que la variable visual dispone de la propiedad cuantitativa. Sólo el *tamaño* es capaz de cuantificar la simbología. (fig. 9.3f).

Deben tenerse muy en cuenta las propiedades perceptivas de las variables visuales, que deben corresponderse con las características cualitativas o cuantitativas de los fenómenos geográficos representados.

9.2.2 Los fenómenos geográficos

Los fenómenos geográficos son manifestaciones de hechos que ocurren dinámicamente sobre la superficie del planeta. Estos hechos y las entidades del territorio (de carácter más permanente) pueden representarse en un mapa de acuerdo a tres características (Cauvin et al., 2010): (a) a las dimensiones del fenómeno o entidad, (b) a su escala de medida y (c) a su distribución sobre la superficie del territorio.

a) Dimensiones del fenómeno

Los fenómenos y las entidades que pueden representarse en un mapa tienen una dimensión propia y pueden ser considerados como:

- Puntos, como por ejemplo la cumbre de una montaña, la confluencia de dos ríos, la situación de una fuente.
- Líneas, como las fronteras, las carreteras, los ríos, los límites de una inundación.
- Superficies, como lo devastado por una plaga, la cuenca de un río, la extensión de un cultivo.
- Volúmenes, como la producción de trigo, las precipitaciones, la topografía del terreno.
- Temporales como las migraciones, las variaciones de temperaturas, los tiempos de desplazamiento, las floraciones.

b) El tipo de medida (la escala de medida)

El tipo de medida con el que un fenómeno o entidad se describe se denomina 'escala de medida' y puede ser: *cualitativa o nominal, ordenada y cuantitativa*.

Si se describe un objeto diciendo 'río', 'gasolinera', 'puente', 'zona verde' se está hablando de una escala de medida *nominal*. Esas categorías no son comparables entre sí y por lo tanto no puede hablarse de niveles de importancia entre ellas. Tampoco es posible cuantificarlos (no se sabe si el río es grande o pequeño o si la gasolinera es una estación de servicio o un simple surtidor). Para representarlos no se podrán utilizar variables visuales que indiquen orden o cantidad. Se podrán utilizar, por ejemplo, las variables *forma y/o tono* que no son cuantitativas ni ordenadas (fig. 9.4).

El fenómeno podría haber sido medido con una escala *ordenada* que organice la información de mayor a menor importancia. Ejemplo: 'río', 'arroyo', 'reguero'. Se sabe que un río es más importante que un arroyo y éste lo es más que un reguero pero no se sabe si es dos veces o tres veces más importante. Se utilizará una variable visual que muestre el orden pero que no cuantifique como, por ejemplo, el *valor* (fig. 9.6).

Finalmente, el fenómeno o la entidad puede haber sido medido por medio de una escala *cuantitativa* en la que las categorías están totalmente definidas ya sea con valores absolutos (fig. 9.5a) o por medio de porcentajes, proporciones, densidades, etc. (fig. 9.5b). Por ejemplo: caudal en m³/s, ocupación en % de superficie de las tierras, lluvia en litros/m², presión atmosférica en mm de mercurio o densidad de población en hab/km². El *tamaño*

es la única variable visual cuantitativa. El *valor*, aplicado a las provincias en la fig. 9.6b, no cuantifica sino que sólo ordena.

Con frecuencia, una cantidad importante de objetos cartográficos, conteniendo cada uno su propio valor, hace virtualmente imposible replicar la variabilidad de los valores por medio de símbolos igualmente numerosos. Es necesario algún tipo de agrupamiento, de clasificación de los valores de la variable. La elección de alguno de los métodos disponibles para ello — una amplia discusión y revisión puede consultarse en Cauvin *et al.* (2010) — no es neutra, y tendrá un impacto importante sobre el resultado final. Tanto la elección de la escala (y por tanto el nivel de simplificación y generalización que mostrará el mapa), como la elección de la proyección (y por tanto sus deformaciones), condicionan la validez de la elección de un método u otro para la discretización de la variable en intervalos. Olvidar esto puede conducir a la creación de un mapa fallido.

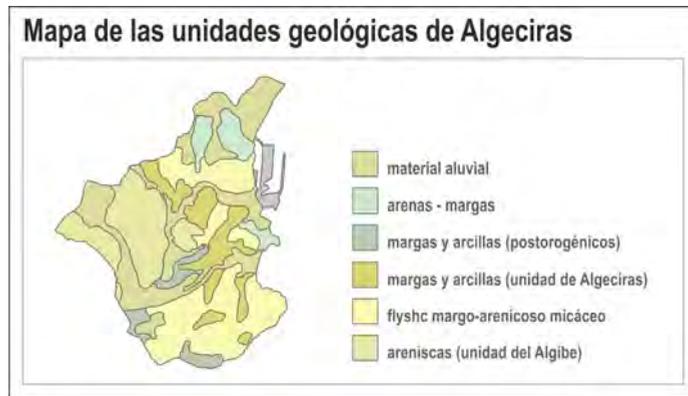


FIGURA 9.4. Un ejemplo típico de escala nominal son las clases de un Plan Parcial o las unidades geológicas que se muestran en la figura. Ninguna clase es más importante que otra (no hay orden). Sería inadecuado utilizar variables visuales que potenciarían esa característica inexistente. (Fuente: Elaboración propia)



FIGURA 9.5 (a) y (b). Representación cuantitativa (puntos) y sobre otra ordenada (valor). (Fuente: Elaboración propia)



FIGURA 9.6. Ejemplo de la aplicación de variables a una simbología lineal (valor y grosor) que jerarquiza visualmente la información vial. De un golpe de vista se conoce la importancia relativa de unas carreteras respecto a otras excepto en el caso de las marcadas de color verde. ¿Son más importantes las carreteras verdes que las blancas o las grises? El color no aporta un nivel de importancia. Solo indica que «son diferentes»; En este caso se indican las que son de peaje. (Fuente: Elaboración propia)

c) La distribución del fenómeno

Dependiendo de su distribución sobre el territorio, los fenómenos pueden ser **continuos**, cuando están presentes en todos los puntos del territorio, como por ejemplo la temperatura, la presión, el grado de humedad, etc. y **discretos**, cuando sólo están presentes en algunos puntos, como por ejemplo, la población o la vegetación.

Un fenómeno continuo debe representarse con una simbología (como por ejemplo las isólinas) que permita conocer su valor en cualquier punto del territorio (fig. 9.7a). Un fenómeno discreto debe representarse mediante una simbología que no extienda su existencia más que a los sitios donde ocurra, como, por ejemplo, mediante mapas de puntos (fig. 9.7b).

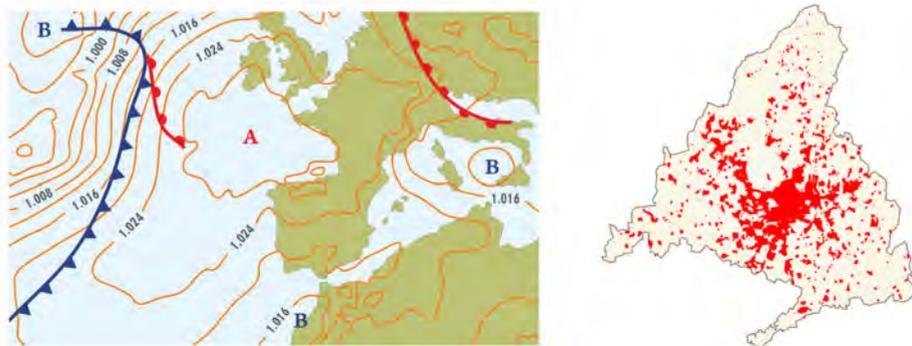


FIGURA 9.7(a) y (b). A la izquierda, representación de un fenómeno continuo o existente en todos los puntos del territorio (presión atmosférica). A la derecha uno discreto o existente solamente en puntos concretos del territorio (población). (Fuente: Elaboración propia)

Algunas transformaciones cartográficas (Cauvin et al., 2010), permiten que ciertos fenómenos discretos puedan convertirse en continuos y por lo tanto, modificar su representación. Por ejemplo, la población (fig. 9.7b) que se distribuye de forma discreta allá donde haya viviendas, puede transformarse en densidad de población para hacerla extensiva a todo el territorio y representarse en forma de coropletas, coloreando todo el municipio, toda la provincia o todo el país con el tono correspondiente a la media de la población que le corresponda. La fig. 9.10 muestra un mapa de coropletas del voto sindical de las regiones de España. Es como si todos los puntos de la región votaran a un partido — información continua —, aunque se sabe que sólo hay votos en los puntos donde haya poblaciones — información discreta —.

9.2.3 La simbolización

La simbolización es un proceso de simplificación y abstracción que clasifica y jerarquiza los fenómenos geográficos para facilitar su visualización y comprensión.

Un símbolo es una representación convencional de algo. Por ejemplo, las banderas son uno de los símbolos de los Estados. Los símbolos cartográficos pueden clasificarse en: pictóricos, que son descriptivos, mostrando una imagen reconocible; geométricos, que son abstractos y generalmente no evocan la imagen que representan; y literales, que son propios de la rotulación cartográfica a los que también se aplican las variables visuales (grosor, color, inclinación, separación, etc.).

El diseño de la simbología debe pasar por procesos de evaluación que garanticen la correcta comprensión por parte del usuario, evaluando sus capacidades semánticas (en qué medida el símbolo representa el mensaje), sintácticas (relaciones entre el conjunto de imágenes) y pragmáticas (la relación entre el símbolo y el usuario) (AIGA, 1981 y Dent, 1985).

9.3 Algunos errores frecuentes en la representación cartográfica

Generalmente los programas SIG permiten representaciones cartográficas sin imponer restricciones semánticas debidas al tipo de datos o a la naturaleza del fenómeno. No respetar las reglas de la semiología gráfica, conduce a dificultar la comunicación y a veces a enviar mensajes falsos (McEachren, 1994). Son errores frecuentes: mostrar datos cuantitativos mediante una variable visual que no lo es (fig. 9.8); transcribir un orden mediante una variable no ordenada (fig. 9.9 vs. 9.10); utilizar valores absolutos en tipos de mapas que no lo permiten (fig. 9.11); diseñar mal las leyendas que conducen a mapas con poca utilidad (fig. 9.12).

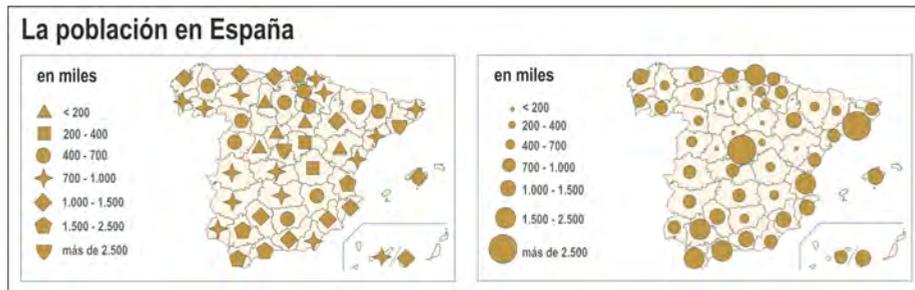


FIGURA 9.8. A la izquierda se muestra una representación errónea. Se ha utilizado la *forma* que es una variable visual no cuantitativa para representar una información cuantitativa (la población). Con esa representación hay dificultades para aislar, de un golpe de vista, dónde se concentra la población española o dónde están las zonas más deshabitadas. A la derecha se corrige el error utilizando el *tamaño*, que es una variable cuantitativa. (Fuente: Elaboración propia. Datos ficticios.)



FIGURA 9.9. La utilización de la variable visual *orientación* para dar una información ordenada (% de votantes), impide la comprensión del mensaje incluso dedicando un buen tiempo a su visualización. (Fuente: Elaboración propia. Datos ficticios.)

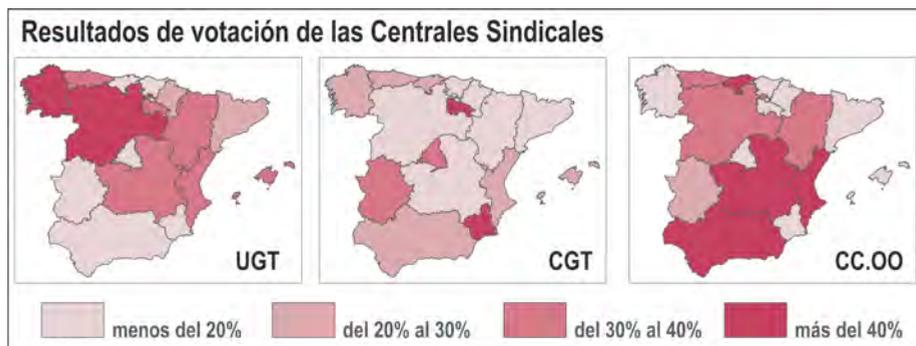


FIGURA 9.10. La aplicación de una variable ordenada como el *valor*, permite evidenciar el resultado de las elecciones mejor que en la fig. 9.9, mostrándose ahora claramente el resultado de la votación. (Fuente: Elaboración propia. Datos ficticios.)

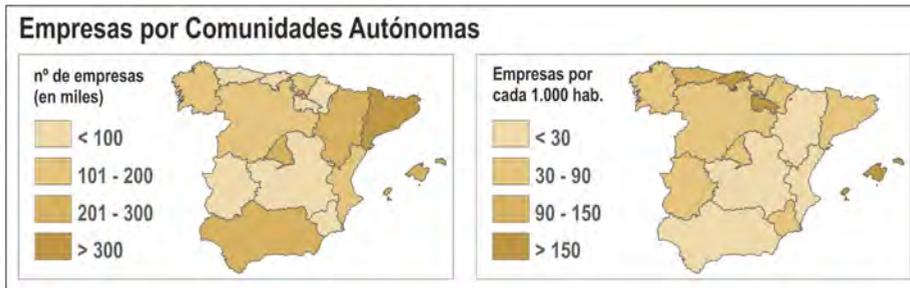


FIGURA 9.11. Izquierda: El uso de un mapa de coropletas para representar valores absolutos proporciona una información errónea: dos Comunidades Autónomas de superficies y población muy diferentes como Castilla-La Mancha y La Rioja, pero con el mismo número de empresas, aparecen a la izquierda con el mismo tono de marrón. Esa información conduce a tener una idea errónea. A la derecha una representación correcta utilizando valores relativos muestra las diferencias con el mapa anterior. (Fuente: Elaboración propia. Datos ficticios)

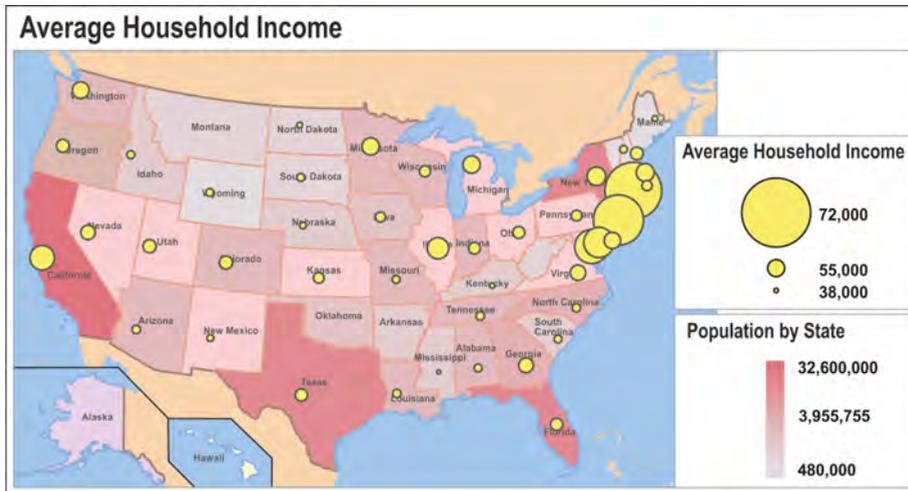


FIGURA 9.12. Imagen de pantalla proveniente de un *software* de cartografía avalado por una reconocida multinacional. Varios errores son evidentes: (a) leyenda con círculos sin proporción perceptual en sus tamaños; (b) aplicación de coropletas (colores a las divisiones administrativas) en base a valores absolutos; (c) leyenda de población sin división en clases. ¿A qué valor del tono corresponde la cifra de 3.955.755 y por qué esa cifra? ¿Cómo saber cuántos habitantes tiene un determinado estado? ¿Cómo saber la cantidad que representa el círculo sobre California? (Fuente: Elaboración propia a partir de una imagen web de baja calidad)

9.4 Conclusión

La IG precisa de mecanismos y transformaciones para poder ser comunicada, siendo la forma más frecuente la que se realiza a través de mapas. Toda IDE incluye esta forma de representación, ya sea a través de visores o de herramientas más sofisticadas.

Además de la escala (y por consiguiente del grado de simplificación y generalización), la proyección y la escala de medida en que se presentan los datos temáticos, el lenguaje cartográfico resulta crucial. En este capítulo se ha visto como, con frecuencia, no se respetan las reglas de este lenguaje, dando lugar a mapas fallidos (el mensaje que pretende transmitirse resulta distorsionado). Una IDE efectiva debe considerar el desarrollo de mecanismos, quizá estándares, que garanticen el correcto uso y aplicación de las reglas que rigen este lenguaje. Ello supondría un mínimo punto de partida necesario para la progresiva incorporación de reglas que permitan guiar la adopción de nuevas formas de representación de IG como son los mapas multimedia y los productos llamados de geovisualización.

CAPÍTULO 10

DOCUMENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: LOS METADATOS

Diana Ivonne Benavides¹, Lilia Patricia Arias Duarte²

¹LatinGEO, Grupo de Investigación Mercator. Universidad Politécnica de Madrid, España

²International Geospatial Society – Global Spatial Data Infrastructure

¹dii.benavides@gmail.com, ²liliaparias@yahoo.es

Resumen. La constante evolución de las tecnologías geoespaciales ha permitido la consolidación de un gran volumen de IG cuya utilidad se evidencia en el estudio de la Tierra y en los procesos de toma de decisión a diversos niveles. En este contexto, las IDE se han desarrollado para proporcionar mecanismos de intercambio de IG, que se logran a través de un proceso sistemático de documentación de los conjuntos de datos, denominado metadatos geográficos. La descripción y catalogación de la IG suelen ser tareas complejas si no se basan en directrices que aseguren el seguimiento de un patrón común en dichos procesos. El uso de normas y perfiles de metadatos garantiza la estandarización de estos procedimientos, permitiendo que los actores involucrados (organismos, creadores, responsables y usuarios) se puedan comunicar a través de un lenguaje común e inteligible. La norma ISO 19115 establece recomendaciones sobre la estructura, contenido y forma de la implementación de metadatos geográficos. Una vez que se ha descrito un recurso o producto, se obtiene un registro cuya publicación es posible a través de los servicios de consulta ofrecidos por los catálogos, un componente básico de las IDE. Dada la importancia de los metadatos como un mecanismo de aprovechamiento de la IG por parte de la sociedad, se han establecido estándares y especificaciones para la gestión de la calidad de los metadatos mismos, que tiene en cuenta los mismos elementos de calidad establecidos para la IG. Dichos elementos tienen una definición, un nivel de cumplimiento, un proceso de medición y la determinación de ser o no aceptables para el propósito establecido. Los metadatos ofrecen diversos elementos de análisis y aplicación que contribuyen a la gestión de las organizaciones, en cuanto a la definición de estrategias para optimizar la producción, programar procesos de mantenimiento y actualización, aprovechar las técnicas de descubrimiento y reutilización de los datos y lograr mecanismos adecuados de responsabilidad en cuanto al uso de los conjuntos de datos.

Palabras Clave: Gestión de Información Geográfica, Documentación, Metadatos, ISO 19115, Gestión de la Calidad.

10.1 Introducción

De acuerdo con el Recetario (GSDI, 2009), las IDE proporcionan el marco de acción para la optimización de la producción, el mantenimiento y la distribución de la IG, desde el nivel de una organización hasta el global. Desde otra perspectiva, las IDE se definen habitualmente como un conjunto coordinado de datos, servicios, metodologías, normas, estándares y acuerdos institucionales para facilitar el acceso y la explotación de la IG [89], (Rodríguez *et al.*, 2006). El cumplimiento de estos objetivos sólo será posible si se establece un mecanismo de documentación de los metadatos geográficos y se garantiza su acceso a través de Internet, mediante la implementación de políticas, protocolos, estándares y modelos de gestión de información.

Los metadatos contribuyen al conocimiento de los datos existentes y a evitar la duplicación de esfuerzos en los procesos de producción. Potencian la explotación de los datos fundamentales de la IDE y reducen el riesgo de que los datos se desconozcan por la falta de mecanismos de gestión de información adecuados.

En este capítulo se presenta la definición de los metadatos geográficos dentro del contexto de las IDE. En la sección 3, se plantea la importancia de entender los metadatos como un componente fundamental de la gestión de IG. En la sección 4, se exponen los principales criterios de gestión de calidad de metadatos geográficos, considerando la importancia de garantizar que los metadatos cumplan con su propósito. Finalmente, este capítulo concluye con la descripción de algunas aplicaciones de metadatos que proporcionan elementos de fortalecimiento en la gestión de las instituciones encargadas de producir y proveer IG.

10.2 Los metadatos geográficos en el marco de las IDE

El desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y su aplicación en diferentes campos, permite obtener y compartir datos de forma ágil y confiable a través de Internet (Ahonen-Rainio, 2005).

Con el fin de lograr la organización, búsqueda y localización de la información de manera más precisa, se desarrolló el concepto de metadatos. Su importancia radica en que los metadatos son fichas técnicas que proporcionan mecanismos de descripción, selección y análisis del uso de la información, a partir de diversos criterios. Este conjunto de elementos y procesos garantiza el fin fundamental de las IDE: facilitar el acceso universal a la información. Pero incluso en situaciones en la que éste no es el objetivo primario (empresas, organizaciones militares o de seguridad nacional, por ejemplo) la existencia de metadatos se justifica ampliamente para preservar las inversiones realizadas en IG.

Un registro de metadatos es un archivo que contiene la información mínima necesaria para identificar un recurso; describe los atributos y contenidos de un producto principal (Albertoni *et al.*, 2003), para lo cual es necesario responder diferentes preguntas, como: ¿cuál es el nombre del recurso?, ¿de dónde proviene?, ¿quién es el responsable de la información?, ¿qué extensión geográfica incluye?, ¿a qué fecha corresponde? (GSDI, 2009).

Una de las principales ventajas de los metadatos es que proporciona información que permite la rápida y confiable ubicación del producto para su posterior manejo, además de las posibilidades (formatos disponibles, versiones, precio) y limitaciones (restricciones, derechos de autor) del mismo (Manso *et al.*, 2010).

Gracias al desarrollo de las IDE se ha fomentado una mayor conciencia sobre la importancia de representar espacialmente las variables asociadas al desarrollo. Como resultado, existe un gran volumen de datos vinculados al territorio que reflejan las perspectivas e intereses del gobierno, del sector privado, la academia y de la comunidad en general.

Para determinar la pertinencia de un conjunto de datos geográficos en un campo de aplicación específico, los usuarios necesitan conocer quién lo creó, quién lo mantiene, y su escala y exactitud, entre otros. Dicho conocimiento contribuye en última instancia a determinar la interoperabilidad de los datos y su capacidad de compartirse e integrarse en diversos sistemas (Rajabifard *et al.*, 2009).

En este sentido, el uso de los metadatos reduce considerablemente la producción de datos duplicados y permite mantener actualizada la información referente a dichos datos; gracias a ellos, los datos se encuentran disponibles para cualquier tipo de aplicación (Aho-nen-Rainio, 2005).

A continuación, se enumeran los principales criterios que orientan la consolidación de los metadatos geográficos desde el punto de vista de las políticas de las IDE, en cuanto a promover el acceso y uso de la IG (Giles *et al.*, 2002):

- Las políticas nacionales y los aspectos legales deben potenciar el uso de la información como un elemento fundamental para el servicio a los ciudadanos.
- Los metadatos geográficos, accesibles gracias a la implementación de catálogos, facilitan la consulta sobre la información e identificación de su potencial de uso.
- La propiedad intelectual de los datos y los derechos asociados debe estar documentada y ser entendible.
- La producción de la IG de los estados se ha financiado, en su gran mayoría, con recursos públicos. Los recursos de información deben estar disponibles y ser cuantificados, con el fin de justificar los costes de producción y mantenimiento.
- El conocimiento de la existencia de los datos, a través de los metadatos, permite identificar, documentar y estandarizar el ciclo de vida de la información e implementar estrategias adecuadas para su gestión.
- Los usuarios requieren un acceso más rápido y fácil a la información correcta, a un precio bajo o gratuito.

A partir de la implementación de las políticas de gestión de metadatos, se identifican los siguientes beneficios para diversos actores que participan en las IDE, de acuerdo con las categorías de usuarios (Giles *et al.*, 2002):

- **Administradores de información:** los metadatos permiten llevar un registro de los activos de información de la institución, y establecer acciones de mantenimiento y auditoría para dichos activos.
- **Sector privado:** los metadatos ofrecen un claro entendimiento de las oportunidades de desarrollar aplicaciones con datos, y facilitan la integración de diversos conjuntos de datos para generar productos de valor agregado y nuevos negocios.
- **Usuarios y clientes:** mediante el uso de sistemas de búsqueda de metadatos, se facilita encontrar la información para una aplicación determinada, de acuerdo con los mecanismos de publicación y adquisición establecidos por sus autores.
- **Gobiernos:** los metadatos contribuyen a reducir los costes en que incurren los gobiernos para producir información relevante, debido a que se disminuye el riesgo de duplicar información que ya se ha producido con recursos públicos.

De acuerdo con la experiencia del gobierno de Alberta (*Information Management Branch*, 2004), la estrategia de gobierno electrónico proporciona un manejo de información consistente y confiable. Los gobiernos han evaluado a nivel mundial cómo comunicar y proveer servicios a los ciudadanos a través de Internet, apoyándose en metadatos estandarizados al igual que se hace en comercio electrónico.

10.3 Los metadatos geográficos como un proceso de gestión de información

La evolución de las IDE ha impulsado en las organizaciones la implementación de modelos de gestión de información, que requieren de los metadatos geográficos como parte de un proceso. Las principales actividades que se deben considerar en el proceso de documentación con metadatos geográficos son:

1. **Formular una política de gestión de metadatos geográficos.** El primer paso que debe establecer una organización para garantizar el éxito en la gestión de metadatos geográficos es definir el conjunto de lineamientos y principios de alto nivel que orientarán el proceso. La política se debe adoptar formalmente y tener el respaldo de las autoridades del más alto nivel (Giles *et al.*, 2002).
2. **Adoptar un estándar de metadatos geográficos.** Existen diferentes grupos sociales interesados en el uso de productos cartográficos, por lo que la descripción e interpretación de un determinado producto puede variar. Esto hace indispensable utilizar un estándar que defina la estructura de documentación y los elementos necesarios para describir correctamente los datos geográficos, de tal forma que su uso proporcione un entorno común e interoperable, para cumplir con los objetivos de las IDE.

La Organización Internacional de Estandarización (ISO), a través del Comité Técnico 211 «Geomática-Información Geográfica», desarrolló y oficializó la norma internacional ISO 19115:2003 «*Geographic Information – Metadata*». El objetivo principal de esta norma es presentar la estructura y terminología común que permitan describir IG.

La ISO 19115 está dirigida a profesionales del ámbito geográfico que intervienen en procesos de análisis, planificación, desarrollo y uso de este tipo de información. La implementación de esta norma permite definir registros de metadatos de propósito general en el ámbito de la IG (AENOR, 2003), aplicándola a diferentes niveles de información como conjuntos de datos geográficos, series de conjunto de datos o fenómenos geográficos individuales, entre otros [90]. En el cap. 11 pueden encontrarse más detalles.

Otro aspecto fundamental de la estandarización, consiste en identificar los criterios de implementación de los servicios de catálogo que se proveen a través de los geoportales. Esto garantizará que la información obligatoria para los criterios de búsqueda, se cumpla conforme a los protocolos internacionales de búsqueda y recuperación de información. A dicho efecto, el CT 211 de la ISO elaboró la norma internacional ISO 19119:2005 «*Geographic Information – Services*». Esta norma describe las características especiales de los servicios de IG y representa una extensión de la norma 19115, ya que adiciona algunos elementos específicos y tipos de datos para describir los servicios (Nogueras *et al.*, 2009). Este servicio se tratará con mayor profundidad en el cap. 27.

3. **Planear el proceso.** Durante esta fase se realiza un proceso de programación y organización de las actividades. En principio, se identifican los datos que se documentarán mediante la evaluación de las necesidades y prioridades de la organización.
4. **Se establecen el cronograma y los recursos requeridos** en términos de la conformación de equipos de trabajo, tecnologías informáticas (*software* y *hardware*), y los procesos de coordinación con el área de producción de información correspondiente.
5. **Se presenta el plan de acción** para informar a los responsables de los procesos de validación de la propuesta, la documentación y publicación de los metadatos, y de las divisiones encargadas de suministrar la información que será documentada.
6. **Definir los perfiles de metadatos.** De acuerdo con las características de los productos geográficos, se realiza la clasificación en series y subseries. Se realiza el análisis de cumplimiento del estándar y el nivel de detalle de la documentación que se requiera.
7. **Seleccionar un perfil de metadatos.** Teniendo en cuenta que el conjunto de elementos descriptores de la norma ISO 19115 es muy extenso (409 ítems), frecuentemente, las organizaciones seleccionan un grupo de elementos que conforman lo que se llama un perfil de metadatos. Un perfil de metadatos debe contener al menos los elementos obligatorios de la norma original (en el caso de basarse en la norma ISO 19115, como mínimo debe contener los elementos del core o núcleo), debe ser específico y fundamentalmente más sencillo de implementar. En la norma ISO 19106 «*Geographic Information – Profiles*» se determinan las reglas necesarias para establecer un perfil. Normalmente, los perfiles de metadatos incluyen elementos que tienen importancia en un ámbito específico pero que no se espera sean importantes en un contexto más amplio [91]. El perfil se implementa en la herramienta que se utilice para la captura de metadatos geográficos, con el fin de facilitar el proceso de documentación por series que

comparten características (elementos de metadato) comunes. Se recomienda desarrollar una guía o manual de procedimientos que describa, de manera detallada, la aplicación de los diversos perfiles de metadatos. En particular, se debe establecer el manejo de descriptores, los valores predefinidos y las variables de la organización que se repiten frecuentemente, con el fin de facilitar la captura y garantizar la calidad del metadato geográfico.

8. **Elaborar y actualizar los metadatos geográficos.** De acuerdo con el plan de trabajo, se realiza la organización de la IG en medio impreso o digital. Se agrupa de acuerdo con las series y subseries, y se realiza el proceso de recopilación sistemática de elementos que requieren un proceso específico, tales como la generación de las muestras gráficas o la determinación de coordenadas para establecer la cobertura geográfica, entre otros. Se considera muy importante que la herramienta de gestión de metadatos permita la reutilización de información de contactos y citas, entre otros. Esta característica es útil cuando se trata de documentar el metadato tipo de una serie y los metadatos de productos de la subserie, que tienen características comunes. Por otra parte, se debe realizar un proceso de revisión de los metadatos existentes para determinar la necesidad de actualización.
9. **Validar y publicar los metadatos.** Tras documentar los productos con metadatos geográficos, se debe realizar un proceso de evaluación y control de la calidad de los mismos, con el fin de garantizar que tengan sentido para el usuario, confirmando que la información contenida en ellos sea acorde con la estructura estandarizada y en consecuencia, el proceso de búsqueda y recuperación de la información será exitoso.

Generalmente los metadatos se almacenan en catálogos con el fin de ponerlos a disposición de la consulta de usuarios. Su acceso se realiza a través de algunas aplicaciones o servicios que ofrecen una interfaz estándar con el fin de facilitar la interoperabilidad (Nogueras *et al.*, 2005). En particular, es importante destacar la especificación de servicios de catálogo propuesta por el OGC (Nebert *et al.*, 2007). Esta especificación ofrece la posibilidad de utilizar distintos protocolos de comunicación a través de Internet como el Z39.50 o el CSW sobre HTTP. El protocolo CSW es uno de los más extendidos actualmente y se utiliza por herramientas como GeoNetwork [92], SpatiumCube [93] o GICat [94].

10.4 Importancia de la gestión de la calidad de los metadatos geográficos

El éxito del servicio de metadatos geográficos en cuanto a la localización de datos geográficos depende de la calidad de los metadatos geográficos mismos, la cual se determina principalmente por el grado de conformidad con el estándar de metadatos y la cantidad de elementos que satisfacen las necesidades de los usuarios (Rackham *et al.*, 2011).

Con el fin de establecer un nivel de calidad adecuado para los metadatos geográficos, se requiere establecer o describir los componentes de la calidad, definir los niveles de calidad

que se pueden alcanzar y mantener, desarrollar buenas prácticas que permitan alcanzar, mantener y mejorar los niveles de calidad establecidos, medir la calidad de los metadatos y controlar los metadatos que no cumplen con los niveles establecidos.

Como ocurre con la IG, los componentes de la calidad para los metadatos geográficos se describen a partir de los siguientes elementos [95]:

- Compleción/Compleitud/Totalidad: presencia o ausencia de los metadatos.
- Consistencia lógica: grado de cumplimiento de las reglas lógicas.
- Exactitud posicional: exactitud de las coordenadas que determinan la extensión geográfica del dato geográfico.
- Exactitud temporal: diligenciamiento correcto de las fechas.
- Exactitud temática: diligenciamiento correcto de los valores de cada elemento de metadatos.

El proceso de evaluación de la calidad de los metadatos geográficos debe considerar los siguientes pasos [96]:

- Identificar los elementos y subelementos de la calidad que pueden aplicarse a los metadatos.
- Identificar las medidas de calidad de los metadatos, es decir, los tipos de pruebas que se aplicarán para evaluar cada uno de los elementos.
- Determinar los niveles de cumplimiento de la calidad, a partir de los requisitos de los usuarios que puedan medirse, y los parámetros que el creador del metadato puede lograr.
- Seleccionar y aplicar los métodos de evaluación de calidad de los metadatos, para obtener los valores de cada elemento.
- Determinar los resultados de calidad para cada medición.
- Determinar si los resultados se ajustan al nivel de calidad establecidos.
- Agregar y presentar los resultados de las mediciones de calidad.
- Determinar si el metadato del producto geográfico es aceptable según el nivel de cumplimiento de la calidad establecido para él.
- Reportar el resultado final de la calidad del metadato.

También se puede establecer un proceso de mejora de la calidad de los metadatos geográficos mediante el uso de mecanismos de retroalimentación que se generan tanto con el reconocimiento de los errores cometidos, como con el análisis de otros procesos de gestión de información, con el esquema de lecciones aprendidas y con algunas estrategias de gestión del cambio.

Cuando se han presentado cambios significativos en el proceso, se requiere implementar acciones que permitan actualizar los metadatos y cumplir con los niveles de calidad de manera sistemática. En estos casos, se deben modificar las herramientas de captura, entrenar

al personal, modificar los procedimientos y pruebas de calidad, procesar las actualizaciones y publicar nuevamente los metadatos.

10.5 Utilidad de los metadatos geográficos para la gestión de IG

Los metadatos geográficos proporcionan un método estándar de descripción de la IG. En este sentido, los elementos que se documentan bajo este esquema contribuyen al análisis de diversos componentes de la gestión de la IG en las instituciones que producen y administran grandes volúmenes de datos.

Los principales campos de aplicación en los que se puede aprovechar la información de los metadatos para la toma de decisiones y el establecimiento de políticas en las instituciones son:

- **Mantenimiento y actualización de los conjuntos de datos.** Los elementos temporales de los metadatos permiten seleccionar los datos que deben actualizarse, archivarse y eliminarse de los directorios de información, aspecto importante cuando existen grandes colecciones y un espacio de almacenamiento reducido.

De igual forma, los elementos temporales permiten seleccionar conjuntos de datos que se desarrollaron antes o después de eventos importantes, como un terremoto o una tormenta, u otros sucesos que hayan ocasionado importantes cambios (por ejemplo) en el relieve.

La información sobre el procesamiento de datos facilita la identificación de metodologías obsoletas y la necesidad de actualizar los productos geográficos que se generaron a partir de ellas.

Otra ventaja de contar con metadatos es que permiten realizar procesos de mantenimiento en situaciones de cambio organizacional o tecnológico. A través de un script se pueden editar, de manera global, campos de contacto, políticas de distribución, sitios web, etc.

- **Localización y reutilización de los datos.** Los metadatos son el núcleo para la localización de datos. Mediante el uso de portales y diversas formas de catálogos de datos en línea, los usuarios pueden consultar la localización de datos mediante parámetros como la cobertura geográfica, fechas o temas previamente definidos. Cuando los datos potenciales se recuperan, los usuarios pueden seguir necesitando el metadato para conocer más detalles de los productos geográficos disponibles, atendiendo así sus necesidades específicas.

Por otra parte, los catálogos de metadatos se pueden implementar y usar en un nivel interno de la organización con el fin de determinar los planes de producción y actualización de los datos, y promover un mayor uso interno de los activos de información en los que se han invertido sumas considerables. El catálogo de datos también sirve para implementar estrategias de preservación de la información de la institución, lo cual puede ser independiente de querer publicitar o no la misma.

- **Responsabilidad.** Un metadato bien desarrollado presenta información a los usuarios sobre lo que es y no es el dato que está consultando. El mecanismo previsto se estable-

ce mediante un listado de aplicaciones apropiadas y no apropiadas de la información. La definición explícita del propósito de los datos, en el campo correspondiente del metadato, identifica condiciones especiales y requisitos que pueden afectar la aplicabilidad de los datos en otros proyectos. Las declaraciones de responsabilidad pueden redactarlas los asesores jurídicos que se encargan de asegurar el cumplimiento de requisitos legales.

10.6 Conclusiones

La IDE se convierte en la plataforma para compartir el acervo de IG entre diferentes actores, de manera que los usuarios pueden utilizar la información en nuevas aplicaciones que permiten avanzar en el conocimiento y entendimiento del planeta Tierra.

Lograr la efectividad en la creación y publicación de metadatos, implica llevar a cabo un proceso de estandarización para la documentación, procesamiento e intercambio de datos y metadatos.

Asimismo, el proceso de documentación o elaboración de metadatos permite abordar de manera sistemática la organización de los datos fundamentales de la IDE, e implementar estrategias para garantizar su acceso, a partir de estándares y políticas de IG.

Gracias a las normas de metadatos geográficos y las especificaciones de catálogo, hoy en día es posible catalogar y compartir información de forma estandarizada. La posibilidad de realizar búsquedas a través de los servicios de catálogo de las IDE establecidas por diferentes organismos, o incluso empresas privadas, es cada vez mayor, en la medida en que cada responsable de generar información se preocupa de su correcta catalogación y disposición a los usuarios.

Los metadatos contribuyen al desarrollo de estrategias de gobierno en línea. En el contexto geográfico, facilitan la consolidación de servicios de consulta de información pública por parte de los ciudadanos y la sociedad en general.

Dentro del proceso de implementación del estándar ISO 19115, se considera indispensable crear perfiles que se adapten a las necesidades de una aplicación particular, conservando la interoperabilidad y estructura de elementos obligatorios.

Los elementos de calidad se deben aplicar desde el punto de vista del usuario, que consulta el sistema de metadatos; y del proveedor, que debe garantizar que la información de los metadatos permita recuperar la información con los criterios utilizados por el usuario de consulta.

CAPÍTULO 11

METADATOS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: NORMATIVAS, IMPLEMENTACIÓN Y PUBLICACIÓN

Alejandra Sánchez-Maganto¹, Antonio F. Rodríguez²

^{1,2}Centro Nacional de Información Geográfica, IGN de España

¹asmaganto@fomento.es, ²afrodriguez@fomento.es

Resumen. En capítulos anteriores se ha visto cómo modelar el mundo real y generar un conjunto de datos geográficos que lo describa; se ha explicado la importancia de la interoperabilidad para lograr un funcionamiento eficaz de las IDE; se ha puesto de manifiesto la oportunidad de disponer de iniciativas IDE en la sociedad y el papel tan relevante que juegan en la toma de decisiones al permitir combinar la IG de distintos organismos y acceder a multitud de servicios. En ese contexto, para poder acceder a los conjuntos de datos y a los servicios de los diferentes proveedores, es necesario que tanto unos como otros se encuentren adecuadamente descritos e indexados; de ahí la importancia de tales descripciones, llamadas metadatos, y el papel esencial que juegan en las IDE. La descripción de la información geográfica es una tarea complicada y compleja, debido a las características de la IG que hace que sea difícil de gestionar. El uso de normas, perfiles y guías de metadatos ayudan a lograr la normalización de los metadatos y la aplicación de criterios comunes, haciendo posible que, por un lado, los productores de datos puedan gestionar y organizar mejor la información que producen; y por otro, que los usuarios puedan localizar, acceder, adquirir y utilizar esa información de un modo más eficiente. En el ámbito internacional, las normas ISO 19115, ISO 19115-2, ISO 15836 e ISO 19119 fijan los criterios sobre la estructura, el contenido y el modelo de metadatos a aplicar; e ISO/TS 19139, el formato de intercambio en archivos XML. En el ámbito europeo, la Directiva INSPIRE ha establecido unas normas de ejecución destinadas a garantizar que los registros de metadatos sean compatibles y utilizables en un contexto comunitario y transfronterizo. Por último, muchos países o comunidades han definido sus conjuntos de metadatos mínimos recomendados basándose en las normas ISO, como ocurre con el Núcleo Español de Metadatos (NEM). Para facilitar la creación de los registros de metadatos, existen herramientas que cumplen con las normas, como por ejemplo CatMDEdit, ServiCube, Geonetwork e incluso el prototipo desarrollado por INSPIRE. Para que un proyecto IDE de una comunidad o sociedad se consolide y dure en el tiempo, es necesario que los metadatos se conviertan en un elemento más en el ciclo de producción, mantenimiento y actualización de la IG. Por ello, es recomendable establecer actividades que favorezcan el conocimiento en metadatos y los beneficios que su generación y publicación pueden proporcionar en la sociedad. El acceso a los registros de metadatos en un geportal IDE se realiza a través del catálogo, componente básico de las IDE, ya que permite recuperar los registros de metadatos y, gracias a éstos, responder a las consultas y necesidades de los usuarios.

Palabras Clave: Documentación, Metadatos de datos y de servicios, ISO 19115, ISO 19119, Perfiles, Catálogo, CSW.

11.1 Introducción

Los datos geográficos digitales modelan el mundo real para su visualización y análisis a través de medios muy diversos (GDSI, 2009). Esta visión que se da del mundo real tiene unas características «propias» que quedarán reflejadas a través de los metadatos.

Los metadatos, datos sobre los datos, (Rajabifard, 2009) son descripciones de las características de los datos (calidad, propietario, fecha de actualización, usos permitidos, precios, etc.), que permiten a un productor de datos de IG describir las características del conjunto de datos que produce; y a un usuario, utilizarlos adecuadamente. Por ejemplo, para que en una hoja de un Mapa Topográfico Nacional se pueda conocer a través de los metadatos en qué sistema de referencia se encuentra, qué organismo lo ha producido, qué fecha de creación tiene, etc.

Pero los metadatos no sólo existen en el ámbito de la IG, sino que cualquier recurso tiene asociado un registro de metadatos. Por ejemplo, una imagen JPEG o un simple fichero de texto word tienen sus propios metadatos que rara vez se eliminan cuando se comparten a través de Internet, pudiéndose así conocer el editor del archivo, su fecha de creación, etc. Por un lado, esto supone un riesgo en función de la privacidad que se quiera o se deba mantener respecto a una información dada, y una garantía sobre su autenticidad. Por otro lado, el acceso electrónico de los ciudadanos a los servicios públicos necesita que las administraciones dispongan de registros de metadatos para cada uno de los documentos publicados, garantizando así su interoperabilidad.

Pero, ¿qué es un registro de metadatos? Pues bien, en última instancia es un archivo en formato XML que contiene la información mínima necesaria para identificar unos datos; describe los atributos y contenidos de un producto principal (Manso *et al.*, 2009), para lo cual es necesario dar respuestas a preguntas del tipo: ¿cuál es el nombre del recurso?, ¿de dónde proviene?, ¿quién es el responsable de la información?, ¿qué extensión geográfica tiene?, ¿cuál es su fecha de creación? , etc.

Dentro del contexto de las IDE, los metadatos juegan un rol fundamental (Nogueras Iso *et al.*, 2004) porque permiten que los usuarios accedan a través de los catálogos a los conjuntos de datos y a los servicios, a los que se extiende también la descripción mediante metadatos para que se entiendan, compartan y exploten de manera eficaz.

En este capítulo se profundiza sobre el proceso de construcción de los metadatos geográficos en el contexto de las IDE, describiendo: a) las principales normas y perfiles que permiten cumplir los objetivos de normalización y documentación de los conjuntos de datos y servicios geográficos, b) ejemplos de herramientas para su creación y c) un conjunto de sugerencias para su implementación. Finalmente se incluye una descripción del servicio de catálogo y su relación con los metadatos.

11.2 Conceptos básicos

Un buen ejemplo para tener una idea clara sobre qué son los metadatos y qué tipo de información pueden contener, es el de la información marginal que rodea el marco de hoja de un mapa clásico en papel. Se describe el autor, fecha, escala, proyección cartográfica y todos los detalles que definen el contexto mínimo que permite interpretar correctamente la cartografía en cualquier circunstancia. Esta es la idea esencial de los metadatos, y en [97] puede verse un ejemplo que cumple ISO 19115.

Al generalizarse la producción de datos geográficos digitales, apareció una primera concepción de los metadatos como «datos sobre los datos» (ISO 19115). Con la llegada de las IDE basadas en servicios, se amplió el concepto y se habló de metadatos como «datos sobre datos y servicios» [98]. Pero la última evolución del concepto de metadatos consiste en utilizarlos para documentar cualquier recurso (ISO 15836), ya sea un fichero, un documento, un proyecto, un autor o cualquier otra cosa.

Del mismo modo que los datos geográficos presentan diversos grados de detalle según su resolución, la generación de los correspondientes metadatos se puede realizar a diferentes niveles. Así puede crearse un registro de metadatos de una serie cartográfica de todo un país o de un simple conjunto de datos como podría ser una ortofoto. Pero también se pueden crear metadatos de una base de datos geográficos, de un único objeto geográfico e incluso de un servicio web, como pueden ser los de mapas (WMS), de *Features* (WFS) o de procesamiento (WPS). Esos servicios forman parte de una IDE, y como su acceso se realiza a través de Internet, requieren buscarse y recuperarse mediante registros de metadatos.

La generación de metadatos geográficos persigue tres objetivos (que a su vez son beneficios) principales [99]:

- Organizar y mantener la inversión en datos realizada por una organización. Los metadatos fomentan la reusabilidad de datos sin tener que recurrir al equipo humano que se encargó de su creación inicial.
- Publicitar la existencia de IG a través de sistemas de catálogo. A través de este medio, las organizaciones pueden encontrar datos para usar, otras organizaciones con las que compartir datos y esfuerzos de mantenimiento, y ofrecer esos datos a usuarios potenciales.
- Proporcionar información que ayude a la transferencia de datos. Los metadatos deberían acompañar siempre a los datos pues facilitan un acceso, adquisición y utilización más eficaz, lográndose la interoperabilidad de la información cuando procede de diversas fuentes.

Puesto que los metadatos describen datos, servicios, y en general recursos, la tarea de su creación corresponde a los propios organismos productores de recursos de IG, que deben a su vez, crear los registros de metadatos asociados. Así, por ejemplo, cada WMS publicado y cada Modelo Digital del Terreno (MDT) deberían tener su fichero de metadatos.

11.3 Los metadatos geográficos en el marco de las IDE

Una IDE puede definirse como un sistema informático integrado por un conjunto de datos, servicios, aplicaciones, normas, estándares y acuerdos institucionales para facilitar el acceso y la explotación de la IG (Rodríguez *et al.*, 2006). Para poder acceder y explotar la IG a través de una IDE del modo más eficiente, es necesario tener documentados los datos y servicios mediante metadatos geográficos. A continuación se describen las principales normas aplicables, se mencionan algunos ejemplos de herramientas para la generación de metadatos y se incluyen una serie de sugerencias para la implementación de metadatos en una IDE.

11.4 Normas de metadatos

Los metadatos resultan realmente útiles y eficaces cuando se generan conforme a una norma, lo que permite mezclar en una consulta metadatos procedentes de diferentes fuentes de información y, en general, que haya interoperabilidad para los metadatos.

11.4.1 ISO 19115: descripción de datos geográficos

El Comité Técnico 211 de ISO, titulado «Geomática-Información Geográfica», desarrolló y aprobó en 2003 la norma internacional ISO 19115:2003, «Información geográfica. Metadatos» (AENOR, 2003). En el año 2006, se publicó un corrigiendo de dicha norma en ISO 19115:2003/Cor 1:2006.

La norma ISO 19115 original estaba destinada principalmente a documentar IG digital, aunque era fácilmente extensible a productos cartográficos analógicos. Por otro lado, la mayoría de sus elementos estaban pensados para información vectorial. Por ello, la norma resultaba insuficiente para una completa y adecuada documentación de la información raster, por lo que en el año 2009 se publicó una extensión para establecer los metadatos para la información raster: ISO 19115-2:2009 «Información geográfica. Metadatos. Parte 2: Extensiones para imágenes y datos malla» (AENOR, 2011).

ISO 19115 proporciona un modelo y establece un marco común de terminología, definiciones y procedimientos de aplicación, que permiten describir IG. Es aplicable a la catalogación de diferentes niveles de información tales como conjuntos de datos geográficos, series de conjunto de datos o fenómenos geográficos individuales, entre otros [99]. También proporciona información sobre la identificación, calidad, extensión geográfica y temporal, el sistema de referencia, la distribución de datos espaciales y muchos otros aspectos de IG.

La norma presenta un modelo de metadatos, descrito en UML, estructurado en paquetes, en el que cada uno de ellos puede contener varias entidades de metadatos (clases UML), que pueden estar o no relacionadas entre sí. De este modo, por ejemplo, existe el paquete «Identificación» (MD_Identification), que contiene como entidades: el título del recurso, resumen, propósito, punto de contacto, etc. Las entidades, a su vez, contienen los elementos o ítems individuales de metadatos y cada elemento de metadatos se define a través de tablas con la siguiente información:

- Nombre (*Name*): etiqueta asignada a la entidad o al elemento de metadatos.
- Nombre corto (*Short Name*): nombres definidos para cada elemento, para la posterior implementación en XML.
- Definición (*Definition*): descripción del elemento o entidad de metadatos.
- Obligación/condición (*Obligation/Condition*): establece si la inclusión del elemento es obligatoria, opcional o condicional.
- Ocurrencia máxima (*Maximum Occurrence*): número máximo de instancias que la entidad o el elemento de metadatos puede tener.
- Tipo de dato (*Date Type*): cadena de texto, clase, asociación, etc.
- Dominio (*Domain*): texto libre, enumeración, valores concretos, etc.

Esta norma define un conjunto muy extenso de elementos (casi 300 ítems), e incluye 27 listas controladas, por lo que catalogar cada conjunto de datos por medio de esos 300 elementos descriptores es enormemente trabajoso (Manso *et al.*, 2010). Para agilizar dicha tarea, la norma incluye un conjunto mínimo de metadatos, el llamado núcleo o core, que facilita la localización, acceso, transferencia y utilización de datos. Este núcleo está formado por elementos obligatorios y opcionales, que se consideran los más frecuentemente usados y esenciales. Cualquier organización que quiera elaborar un perfil propio basado en ISO 19115 debe incluir, como mínimo, los elementos definidos en dicho núcleo, que se recogen en la Tabla 11.1.

TABLA. 11.1. Núcleo de metadatos que define ISO 19115. Los elementos pueden ser: Obligatorios (O), Opcionales (Op) y Condicionales (C). (Fuente: Elaboración propia)

Título del conjunto de datos (O)	Tipo de representación espacial (Op)
Fecha de referencia de los datos (O)	Sistema de Referencia (Op)
Parte responsable de los datos (Op)	Linaje (Op)
Localización geográfica (C)	Localización geográfica (C)
Idioma de los datos (O)	Identificador del archivo de metadatos (Op)
Conjunto de caracteres de los datos (C)	Nombre de la norma de metadatos (Op)
Categoría del tema de los datos (O)	Versión de la norma de metadatos (Op)
Resolución de los datos (Op)	Idioma de los metadatos (C)
Resumen de los datos (O)	Conjunto de caracteres de los metadatos (C)
Formato de distribución (Op)	Punto de contacto de los metadatos (O)
Información adicional de la extensión de los datos (vertical y temporal) (Op)	Fecha de creación de los metadatos (O)

11.4.2 Perfiles de metadatos

El núcleo de ISO 19115 puede resultar insuficiente en muchos ámbitos de actuación específicos o comunidades de interés, por lo que la norma establece el concepto de «perfil» como aquel conjunto de elementos que se adapta a las necesidades de una organización en

particular, conservando la interoperabilidad y estructura de la base original. Un perfil de metadatos debe contener como mínimo los elementos del *core* o núcleo de ISO 19115, más un conjunto de elementos adicionales.

La norma ISO 19106:2004 «Información geográfica. Perfiles», determina las reglas a seguir para establecer un perfil. Dos perfiles de metadatos de interés para la comunidad hispanohablante son el NEM y el LAMP que se describen someramente a continuación:

- El NEM (Núcleo Español de Metadatos) es un perfil formado por elementos de ISO 19115 (Sánchez *et al.*, 2005), compuesto por un conjunto mínimo de elementos de metadatos recomendados en España para describir conjuntos de datos. Se ha generado por consenso entre los productores de datos en España y se adecúa a las normas de ejecución de metadatos de INSPIRE [100], (NEM 1.1, 2010).
- El Perfil de Metadatos Geográficos para Latinoamérica (LAMP) se ha desarrollado de la mano de tres organizaciones clave: GSDI, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el IPGH. Es un perfil de ISO 19115, en fase de aprobación (septiembre de 2011), que se compone de once secciones. Ocho de ellas se consideran secciones principales (referencia de los metadatos, identificación, calidad, representación espacial, sistema de referencia, contenido, distribución, extensión de los metadatos). Las tres restantes se consideran secciones de soporte (mención, contacto, información de la fecha).

11.4.3 ISO/TS 19139: un formato para los metadatos

La norma internacional ISO 19115 define un conjunto de elementos para documentar los datos, pero no establece un formato físico para intercambiarlos o almacenarlos. De ello se ocupa la especificación técnica ISO/TS 19139, que define los esquemas XML necesarios para generar metadatos conforme a ISO 19115 en formato XML. Esos esquemas XML se han generado a partir los modelos UML definidos en ISO 19115, y aplicando las reglas de codificación definidas en la norma «Información geográfica. Codificación» (ISO 19118:2005), para transformar los esquemas conceptuales UML descritos en cualquiera de las normas de la serie ISO 19100 en esquemas XML.

11.4.4 Normas de ejecución de metadatos de INSPIRE

La Directiva 2007/2/CE [98] establece reglas concretas para la creación de una IDE en la Comunidad Europea. Tiene seis principios generales, uno de los cuales tiene mucho que ver con los metadatos: «que sea posible localizar los datos espaciales disponibles, evaluar su adecuación para un determinado propósito y conocer las condiciones de uso». Para garantizar su cumplimiento, se ha aprobado el Reglamento (CE) N° 1205/2008 [101], también llamado normas de ejecución de metadatos, que definen un conjunto mínimo de elementos obligatorios para documentar los conjuntos de datos espaciales, las series y los servicios espaciales correspondientes a los temas indicados en los anexos I, II y III de la Directiva. Este conjunto mínimo no excluye que las organizaciones productoras de información documenten sus recursos con elementos adicionales procedentes de normas internacionales o proce-

dimientos locales. Los elementos de metadatos se extraen de las normas ISO 19115 e ISO 19119. Todas las características técnicas de cada uno de dichos elementos aparecen descritas en un documento de Directrices [102]. Las normas de ejecución INSPIRE en realidad no son normas, en el sentido de normalización¹, sino disposiciones legales que forman parte del marco jurídico europeo y son de obligado cumplimiento en toda la Unión Europea.

11.4.5 ISO 19119: metadatos de servicio

Las IDE se basan en la Arquitectura Orientada a Servicios, y los servicios son el concepto fundamental que orienta toda su concepción (Rodríguez, 2006). En ese sentido, la descripción de servicios para su gestión eficaz parece una tarea tan esencial o más que la documentación de conjuntos de datos. Para cubrir ese aspecto, el Comité Técnico 211 ha elaborado la norma internacional ISO 19119:2005 «*Geographic Information-Services*». Esta norma establece un modelo para describir los servicios web de IG y representa una extensión de la norma 19115, ya que incluye elementos y tipos de datos específicos para describir adecuadamente servicios (AENOR, 2007; Noguera et al., 2009). Se plantea así un registro de metadatos de servicio formado, por un lado, por elementos que proceden de ISO 19115, como el título del servicio y el autor; y por otro lado, por elementos específicos definidos en ISO 19119, como el tipo de operaciones que ofrece.

Para poder obtener información de las propiedades de un servicio y completar su registro de metadatos, lo habitual es consultar su autodescripción, es decir, su fichero de «capacidades», ‘*capabilities*’ — mediante la operación *GetCapabilities*, definida en la correspondiente especificación OGC, lo que permite recuperar, por ejemplo: el nombre del servicio, el estándar OGC que cumple, la versión, quién publica el servicio, la zona que cubre, las restricciones de uso, un punto de contacto, el sistema de referencia, las capas que incluye, etc.

Las «capacidades» permiten completar la mayoría de los ítems de metadatos que definen ISO 19115 e ISO 19119, el resto será necesario documentarlos por otros medios. De ahí que una de las tareas fundamentales a acometer cuando se implementa un servicio web sea completar el fichero de «capacidades» de manera cuidadosa y completa, para tratar que la descripción tenga la máxima calidad posible. [104]

11.4.6 Dublin Core

La iniciativa de Metadatos *Dublin Core* (ISO 15836: 2003), nacida en Dublín en 1995, es una organización dedicada a la promoción y difusión de normas sobre interoperabilidad de metadatos y el desarrollo de vocabularios especializados en metadatos para la descripción de recursos, de manera que el usuario pueda realizar búsquedas y recuperar información de una manera rápida y eficiente (Duval *et al.*, 2002; Kresse y Fadaie, 2004).

(¹) Una norma es un documento de aplicación voluntaria que contiene especificaciones técnicas basadas en los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico. Las normas son el fruto del consenso entre todas las partes interesadas e involucradas en la actividad que constituye su objeto. Deben aprobarse por un organismo de normalización reconocido, como ISO, CEN en Europa o AENOR en España [104]

Dublin Core define sólo quince elementos muy básicos para describir cualquier tipo de recurso, pudiéndose documentar un fichero, servicio, publicación, programa, página web, autor, fuente, organización, etc. Este esquema de metadatos se utiliza mucho a nivel mundial y su independencia semántica permite que se pueda estructurar de un modo muy sencillo en formato XML, por lo que se está convirtiendo en una infraestructura de desarrollo muy importante en la Web Semántica, y una de las claves para la interoperabilidad (Duval, 2002). Esta iniciativa ha adquirido el rango de norma internacional, al aprobarse como la norma ISO 15836:2003 «*Information and Documentation- The Dublin Core Metadata Element Set*». Los ítems del *Dublin Core* son muy similares a los elementos más utilizados de ISO 19115. La pasarela entre ambos modelos de metadatos se ha completado hace tiempo (CWA 14856:2003).

En el ámbito de la IDE, los elementos de *Dublin Core*, se utilizan para definir uno de los perfiles de acceso a los datos en el servicio de catálogo de OGC (CSW).

11.5 Herramientas para la gestión de metadatos

Una vez determinado el perfil de metadatos a implementar, es necesario disponer de una herramienta que ayude en el proceso de generación de metadatos. Existen diversas opciones en el mercado para crear metadatos de datos y de servicios, de entre las que pueden destacarse:

- CatMDEdit: herramienta *software* libre de edición de metadatos que facilita la documentación de los recursos. Permite crear registros de metadatos conforme a ISO 19115, ISO 19119, ISO 19538 (*Dublin Core*), INSPIRE, NEM y perfiles personalizados.
- Geonetwork [105]: aplicación de catálogo para administrar los recursos espaciales. Proporciona edición de metadatos tanto para datos como para servicios y las funciones de búsqueda, así como un visualizador que permite incluir servicios web de mapas. Actualmente se utiliza en numerosas iniciativas de IDE en todo el mundo.
- ServiCube [106]: aplicación web *software* libre que permite documentar y buscar servicios web mediante registros de metadatos.
- Editor de metadatos INSPIRE: editor web en línea que permite crear y validar metadatos de datos y servicios conforme al perfil de metadatos INSPIRE.

El grupo de trabajo de metadatos del FGDC, con la colaboración de NOAA-NGDC, ha llevado a cabo en 2009 un estudio comparativo de once herramientas capaces de generar metadatos conforme a la norma ISO 19115. Este estudio consta de dos partes: una primera parte que recoge información sobre las características técnicas de las herramientas, y una segunda parte que recoge las observaciones de voluntarios del grupo de trabajo de metadatos del FGDC. El resultado de este estudio está disponible en el portal web del FGDC, en su sección de metadatos [107].

11.6 Ideas clave para implementar metadatos

Uno de los factores que hacen posible que un proyecto IDE emergente se consolide y dure en el tiempo en una comunidad o sociedad, es la creación de equipos de personas multidisciplinares que se especialicen en metadatos: en el conocimiento de las normas, su evolución y novedades, en el proceso de gestión, control y mantenimiento de los registros de metadatos y, por último, en su publicación a través del catálogo de IDE.

Para que el equipo responsable de los metadatos de un proyecto IDE disponga de dichos equipos, es necesario que en el momento de producir IG, la unidad productora de datos y servicios establezca como requisito indispensable generar también un registro de metadatos; de tal modo que «dato más metadatos» se convierta en un único elemento en la cadena de producción, desde la toma de datos hasta su explotación. Para ello, se aconseja que la autoridad de la organización defina políticas de gestión de metadatos, tanto para llevar a cabo estos trabajos con personal interno como con personal externo, mediante la redacción de contratos que incluyan un apartado destinado a los metadatos.

Uno de los dilemas que se pueden plantear a la hora de generar metadatos es si es más eficaz abordar esa tarea con personal propio o, por el contrario, es mejor contratar su elaboración a personal externo. La experiencia acumulada en el IGN de España durante el despliegue de la IDEE (2004-2011) manifiesta que el equipo encargado de la producción y mantenimiento de datos es quien debe abordar la generación de los metadatos correspondientes, por dos motivos. Primero, son quienes mejor conocen los datos geográficos a catalogar y segundo, son quienes están en mejor posición para mantenerlos actualizados en un futuro. Por lo tanto, si se contrata con personal externo la toma de datos, ésta debe incluir la elaboración de los metadatos correspondientes, y si esa toma de datos se aborda con personal propio, lo mismo ha de hacerse con los metadatos. En el caso del IGN ha resultado muy eficaz la contratación de una asistencia técnica con una empresa externa especializada en metadatos, para cubrir la formación del personal interno, la elaboración de un plan de acción y de un primer conjunto de registros de metadatos, labores de asesoría y la correspondiente transferencia de conocimiento, para que a continuación el personal interno pudiera hacerse cargo de la producción y mantenimiento de metadatos

También es conveniente que las organizaciones productoras inviertan recursos en la organización de cursos, talleres, jornadas, seminarios u otros eventos sobre metadatos, para fomentar su generación y divulgación. El objetivo que se persigue es intentar poner medios para vencer la falta de conocimiento en metadatos, consiguiendo que se conozcan los beneficios que su creación y puesta a disposición pública pueden proporcionar a la sociedad .

11.7 Publicación de metadatos: el catálogo

La finalidad de un registro de metadatos es que lo consulten los usuarios de la IG, y que cumpla con sus objetivos: la localización de datos y servicios geográficos, el análisis de sus

características, así como su acceso y uso eficientes, admitiendo diferentes criterios de búsqueda: espaciales (ámbito geográfico) y temáticos (palabras clave, organismos, fechas, etc.).

Los catálogos de metadatos se pueden también implementar y usar internamente en una organización, con el fin de integrarlos en flujos de trabajo, o de tener información relevante para planificar tareas y tomar decisiones.

En una IDE, la publicación de metadatos se realiza a través de servicios web que ofrecen una interfaz estándar para facilitar la interoperabilidad (Nogueras *et al.*, 2005). En particular, es importante destacar la especificación CSW propuesta por el OGC (Nebert *et al.*, 2007) y la necesidad de ajustarse a las normas de ejecución definidas por INSPIRE para metadatos (Nogueras-Iso *et al.*, 2009). En el cap. 27 se ampliará sobre CSW.

Sería muy interesante que el catálogo estándar de una IDE fuese distribuido, de manera que se propagase por una serie de servicios de catálogo en red una consulta hecha en uno de ellos. Esta solución ideal presenta ciertas complicaciones tecnológicas. ¿Cómo mezclar y ordenar los resultados? ¿Qué ocurre si un catálogo no contesta?, etc. Sin embargo ya hay disponibles varias soluciones al problema. Una de ellas es un *software* diseñado para la consulta de varios catálogos, el *Catalogue Connector* [108], un cliente múltiple capaz de realizar una misma consulta simultáneamente a varios catálogos, para devolver la respuesta de cada uno en una pestaña diferente.



FIG. 11.1. El catálogo de una IDE permite acceder a la IG a través de servicio CSW. (Fuente: Elaboración propia)

(?) El portal de metadatos del IGN tiene como objetivo la difusión y formación en materia de metadatos: <http://metadatos.ign.es/metadatos>

11.8 Conclusiones

Los metadatos, definidos en principio como «datos sobre los datos», describen las características básicas de los datos, sean o no de IG. El concepto se puede extender a datos sobre servicios web, e incluso a otros recursos.

Disponer de metadatos en una organización facilita que los usuarios puedan localizar, acceder, evaluar, adquirir y utilizar su información, por lo que los metadatos y los servicios de catálogo son un componente clave y esencial en la organización de una IDE.

Una base de datos de metadatos, en el ámbito de la IG, es un conjunto de ficheros, habitualmente en formato XML que da respuestas a preguntas como: ¿cuál es el nombre del recurso?, ¿de dónde proviene?, ¿quién es el responsable de la información?, ¿qué extensión geográfica tiene?, etc.

Para garantizar la interoperabilidad de los metadatos se ha definido una norma, la ISO 19115, de propósito general sobre metadatos, que establece un conjunto común de terminología, definiciones y procedimientos de aplicación que permite describir IG.

Por otro lado, ISO/TS 19139 es la especificación técnica que define el esquema XML a implementar para cada base de datos de metadatos. Dentro del proceso de implementación de la norma ISO 19115, puede ser conveniente crear perfiles que se adapten a las necesidades de un sector de aplicación particular, conservando la interoperabilidad y estructura de los elementos obligatorios. Un ejemplo a nivel europeo de implementación de la norma ISO 19115 es la norma de ejecución de INSPIRE, y en la comunidad española, el perfil NEM. Un ejemplo en Latinoamérica es el perfil de Metadatos geográficos para Latinoamérica (LAMP), en proceso de aprobación.

Hay que destacar que los metadatos son un recurso clave en los proyectos IDE; para favorecer que esos proyectos se consoliden y duren en el tiempo se recomienda: crear equipos de profesionales especializados en metadatos (Crespo *et al.*, 2010), incluir la creación de los metadatos en el proceso de producción de la organización, impartir curso o talleres para acercar los beneficios de los metadatos a los usuarios y controlar su calidad (ver cap. 10).

Gracias a las normas de metadatos geográficos y las especificaciones de catálogo, hoy en día es posible catalogar y compartir la información de forma estandarizada. La posibilidad de realizar búsquedas a través de los servicios de catálogo de las IDE establecidas por diferentes organismos, o incluso empresas privadas, es cada vez mayor a medida que cada responsable de generar información se preocupa de su correcta catalogación y su puesta a disposición de los usuarios.

Por último, es interesante destacar que los metadatos contribuyen a reducir los gastos de los gobiernos para producir IG, al tener un control de lo producido con recursos públicos. Además, en el marco de los procesos de gobierno y administración electrónica, se consolidan los servicios de consulta de información pública por los ciudadanos y la sociedad en general.

CAPÍTULO 12

TOPONIMIA Y NOMENCLÁTORES

Ayar Rodríguez de Castro¹, Antonio Vázquez Hoehne²

^{1,2}LatinGEO, Grupo de Investigación Mercator, Universidad Politécnica de Madrid, España

¹ayar.rodriguez@geografos.org, ²antonio.vazquez.hoehne@upm.es

Resumen. El desarrollo de las IDE facilita la transferencia de IG. Para adquirir y distribuir esta información, resulta indispensable contar con una lista normalizada de identificadores geográficos que permitan referirse a fenómenos geográficos determinados. En este contexto, la Toponimia constituye un elemento esencial en la construcción de las IDE en la medida en que es la herramienta empleada para designar los fenómenos geográficos. Toda IDE debe contar con un corpus toponímico que permita su desarrollo. Dicho corpus debe estar conformado por nombres geográficos normalizados por una autoridad competente que debe encargarse de su recolección y su actualización. Para recopilar la toponimia de territorios concretos, se generan nomenclátors geográficos, en los que cada topónimo va asociado a un identificador geográfico georreferenciado, lo que permite que sirvan de instrumentos de consulta para identificar y localizar lugares. Los nomenclátors geográficos se pueden publicar en servicios de nomenclátor para su divulgación entre el público en general y los usuarios de IG en particular. En el presente capítulo se detalla la importancia de la toponimia en una triple dimensión: (a) como herramienta imprescindible para identificar y designar entidades geográficas, (b) como herramienta que facilita el común acceso a la IG de las IDE de los países y, por último, (c) como instrumento de referencia espacial personal que constituye un valor cultural y patrimonial de valor inestimable. Por otro lado, se ahonda en el significado y las funciones de los nomenclátors, diferenciándolos de otros mecanismos de recopilación de IG como son las listas controladas, los tesauros y las ontologías. Por último, se detallan los procedimientos que hay que seguir para recopilar la toponimia, desde la propuesta inicial de elaboración de un nomenclátor geográfico hasta su publicación en un servicio normalizado de nomenclátor, así como los elementos que debería incluir todo nomenclátor geográfico.

Palabras clave: Toponimia, Nomenclátors Geográficos, Servicio de Nomenclátor, Normalización de Nombres Geográficos.

12.1 Introducción

La Toponimia constituye un elemento esencial en el marco de las IDE, ya que ejerce de medio para el acceso común al conjunto de datos fundamental de las IDE de los países (Kerfoot, 2006). La estandarización y normalización de los topónimos a partir del desarrollo de nomenclátors geográficos, constituye una tarea indispensable para el tratamiento y la divulgación de la información relativa a los fenómenos geográficos.

En este capítulo, tras definir e informar acerca de la toponimia, se abordará, desde el punto de vista de las IDE, por qué y cómo generar nomenclátors geográficos y servicios de nomenclátor que faciliten al usuario la consulta y la asimilación de la IG.

12.2 La Toponimia

El diccionario de la RAE [109] define toponimia como el «conjunto de los nombres propios de lugar de un país o de una región». La toponimia constituye un elemento indispensable para el usuario de IG y por ello su salvaguardia es primordial.

12.2.1 ¿Qué es un topónimo?

Los topónimos, también llamados nombres geográficos, son nombres propios de lugar que permiten designar cada entidad geográfica, individualizándola respecto al resto. En el marco de las IDE, los topónimos permiten nombrar entidades geográficas (*geographic features*), definidos, según la ISO 19109 [110], como una abstracción del mundo real asociada a una ubicación concreta.

El Grupo de Expertos de Naciones Unidas en Nombres Geográficos (UNGEGN) define ‘nombre geográfico’ como el nombre propio dado a un accidente sobre la superficie de la Tierra (Kerfoot, 2006). Considera, por tanto, que un topónimo es el nombre propio (una palabra, una combinación de palabras o una expresión concreta) empleado de forma sistemática para designar un lugar, un accidente o una zona con una idiosincrasia propia sobre la superficie de la Tierra. En este sentido, los topónimos constituyen una herramienta geográfica, en la medida en que permiten designar elementos geográficos concretos.

La estandarización y normalización de la toponimia de cada país corresponden al organismo nacional competente en cada caso. La Organización de Naciones Unidas cuenta con una división encargada de proporcionar recomendaciones técnicas para la estandarización de nombres geográficos a nivel nacional e internacional. Asimismo, el Consejo Internacional de Ciencias Onomásticas (ICOS) [111], constituye la organización consultiva de referencia para el fomento y la coordinación de la investigación en toponimia a nivel internacional en un contexto interdisciplinar¹.

(1) El análisis y el tratamiento de la toponimia es un objeto de estudio marcadamente multidisciplinar. Si bien, para algunos autores la toponimia también es, con frecuencia, concebida como una parte de la ciencia lingüística (Rodríguez, 2002), lo cierto es que disciplinas tan heterogéneas como la Geografía, la Historia, la Política o la Topografía, reivindican su papel en la elección y el tratamiento de la toponimia.

12.2.2 ¿Por qué son importantes los topónimos? La importancia de ordenar, normalizar y salvaguardar la toponimia

La correcta catalogación y normalización² de la toponimia de un país es indispensable por tres motivos fundamentales:

- En primer lugar, el uso de nombres normalizados es imprescindible para identificar de forma inequívoca un lugar. Por ello, la toponimia normalizada tiene especial interés para las administraciones públicas, los medios de comunicación, la cartografía, los SIG, la señalización vial y las publicaciones [112].
- En segundo lugar, la ONU destaca la importancia de los nombres geográficos como medio común de acceso al conjunto de datos fundamental de las IDE nacionales. Resulta indiscutible la importancia de la toponimia [113] aplicada para el planeamiento local, regional y nacional, así como para la reacción frente a emergencias, la seguridad nacional, el análisis medioambiental y un buen número de aplicaciones relacionadas. En este sentido, la estandarización de los nombres geográficos constituye el verdadero soporte de las IDE nacionales [114].
- Por último, la toponimia tiene un componente importante de instrumento de ordenación «mental» (Arroyo, 2010), ya que no sirve únicamente para localizarse en el espacio, sino que, con frecuencia, también aporta elementos descriptivos o perceptivos del fenómeno geográfico al que designa. En este sentido, los nombres geográficos constituyen un patrimonio cultural de valor inestimable para una nación porque, además de reflejar sus patrones de ocupación y su diversidad lingüística (de Carvalho, 2006), caracterizan cómo percibe el territorio la población local.



FIGURA 12.1. La toponimia permite identificar y localizar entidades geográficas, pero también aporta información sobre su idiosincrasia. 'Risco Gordo' o 'El Picote' incluyen información sobre la morfología de las entidades orográficas a las que designan. 'Castillo de la Mezquita' y 'Barranco del Infierno' aportan información sobre el origen y la evolución del topónimo respectivamente. (Fuente: Mapa Topográfico Nacional de España a escala 1:25.000. Hoja 938-I)

(2) Por estandarización y normalización de la toponimia se entiende ajustarla a un tipo de norma común.

Las sucesivas conferencias de las Naciones Unidas sobre la Normalización de los Nombres Geográficos han abogado por la recopilación sistemática de los nombres geográficos y su promoción, como instrumento de referencia espacial para el público en general. En este sentido, el UNGEGN, recomienda a los gobiernos nacionales que desarrollen procedimientos para reunir los nombres geográficos de todas las fuentes autorizadas con el fin de responder a las necesidades de los usuarios de nombres geográficos (Kerfoot, 2006).

En este contexto, a nivel nacional, resulta indispensable contar con un corpus toponímico que reúna la principal toponimia oficial y normalizada del país. La recopilación de toda esta toponimia conforma los Nomenclátore Geográficos Nacionales.

12.2.3 ¿Cómo salvaguardar la toponimia?

Cada país es responsable de respetar, conservar y difundir su toponimia, así como de cerciorarse de que la planificación de los nombres geográficos se lleve a cabo de manera adecuada, garantizándose la conservación de la funcionalidad de la toponimia y su protección como patrimonio inmaterial³. Por ello, varios países han decidido delegar las competencias en materia de toponimia en una autoridad nacional en nombres geográficos (Orth, 1990), que debe cumplir los siguientes requisitos:

- Tener estatus de continuidad,
- Contar con una comisión con poderes, privilegios, misiones y áreas de responsabilidad claramente definidas,
- Ser, por un lado, responsable de la política nacional en materia de nombres geográficos y por otro, de las decisiones sobre problemas toponímicos concretos y,
- Contar con algún tipo de soporte administrativo.

Las autoridades nacionales en nombres geográficos tienen la misión de encargarse de su estandarización o normalización. La expresión ‘nombres geográficos estandarizados’ se refiere al dualismo de los nombres propios: el nombre en sí mismo y la identificación de la entidad a la que se refiere. Por esta razón, la estandarización se limita, generalmente, a:

- Establecer la ortografía estándar para la forma escrita de cada topónimo.
- Asegurar su aplicación a un lugar, elemento o área geográfica concreta.

Para ello, el desarrollo de nomenclátore geográficos nacionales permite catalogar toda la toponimia oficial⁴ y normalizada⁵ georeferenciada empleada en un país (Alcázar, 2005), de cara a servir de referencia para cualquier fuente oral o escrita que requiera la inclusión de nombres geográficos.

(3) La Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial de la ONU (2003), sentó las bases para que en la Novena Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Normalización de los Nombres Geográficos (2007) se reconociera que los topónimos constituyen un patrimonio cultural inmaterial.

(4) Nombre geográfico establecido por una autoridad competente siguiendo un procedimiento administrativo y publicado oficialmente.

(5) La 1ª Conferencia de la ONU sobre la Normalización de los Nombres Geográficos (1967) recomendó que cada autoridad nacional desarrollara y revisara, permanentemente, nomenclátore de sus topónimos normalizados.

12.3 Los Nomenclátores Geográficos

Los nomenclátores geográficos constituyen la forma primordial de organización de la información toponímica de un país, pero no el único. Es necesario abordar todas las formas posibles de manejar este tipo de IG antes de abordar con precisión su definición.

12.3.1 Nomenclátores, listas controladas, tesauros y ontologías

Existen diversas maneras de recopilar IG, según el objetivo para el que esté planteada su recolección. Así, a la hora de hablar de nomenclátores resulta indispensable diferenciarlos de las listas controladas, los tesauros y las ontologías:

- Los **nomenclátores** constituyen «catálogos de nombres de elementos o voces técnicas de una ciencia o facultad» [109]. Desde el punto de vista geográfico, los nomenclátores son sistemas para referenciar IG basados en identificadores geográficos unívocos de localizaciones geográficas.
- Las **listas controladas** consisten en listados de palabras que el usuario puede utilizar en un cierto entorno. En este sentido, se puede considerar que constituyen enumeraciones de conceptos concretos definibles con términos únicos. La Norma ISO 19115 [115], define veintisiete tipos de listas controladas para la IG.
- Los **tesauros** consisten en listas jerarquizadas de palabras utilizadas para definir conceptos. En el ámbito geográfico, un tesoro permite conocer el conjunto de términos que representan los conceptos geográficos clasificados en áreas temáticas determinadas, y las relaciones existentes entre ellos: de equivalencia, jerarquía y asociación con el resto de términos que forman el tesoro.
- Por último, las **ontologías** son sistemas de expresión comunes que emplean personas y aplicaciones que trabajan en un dominio concreto. Una ontología geográfica, por tanto, describe formalmente la IG, usando conceptos y definiendo las relaciones que éstos mantienen (Vilches *et al.*, 2008). En las ontologías geográficas, los topónimos son instancias, objetos percibidos en el mundo real.

12.3.2 ¿Qué es un Nomenclátor Geográfico?

Los catálogos de nombres que designan fenómenos geográficos y que contienen información relativa a su posición, constituyen, por tanto, nomenclátores geográficos. Naciones Unidas define nomenclátor geográfico como «catálogo de topónimos ordenado alfabéticamente o con otro orden secuencial, con información sobre su ubicación... el tipo de accidente topográfico y cualquier otra información descriptiva o definidora de cada uno de ellos» (Kadmon, 2002).

En los nomenclátores se enumeran los nombres geográficos de un territorio específico en un orden lógico. Para cada topónimo oficial se deben explicitar el tipo de entidad geográfica a la que se aplica, su ubicación, y posibles variantes del nombre y su ortografía. Con frecuencia, los nomenclátores geográficos contienen datos suplementarios, tales como la

altitud de la entidad geográfica designada, el número de habitantes (para las poblaciones o unidades administrativas), información gramatical sobre el topónimo, su etimología y su evolución, etc. Los nomenclátors se suelen publicar cuando ya se ha reunido una lista mínima pero completa de los topónimos de la zona tratada.

FIGURA 12.2. Portada del Nomenclátor Compuesto de la Antártida. La web consiste en una plataforma de consulta de una base de datos relacional de modo que los mapas de un área en particular pueden buscarse a través del nomenclátor, enumerándose todos los nombres geográficos que queden dentro de sus límites. (Fuente: Tomado de [117])

Para la ISO 19112 [116], desde un punto de vista fundamentalmente cartográfico, un nomenclátor (*gazetteer*), es un directorio de elementos de un tipo o tipos de entidades que contiene información relativa a su posición. Cada elemento puede incluir una referencia a sus coordenadas, pero también puede ser puramente descriptivo, empleando, entonces, otros identificadores geográficos, como por ejemplo códigos postales o identificadores catastrales.

El principal problema en el desarrollo de nomenclátors geográficos consiste en la estandarización y el registro de la toponimia. Es tarea de los organismos competentes en materia de toponimia en cada país promover nombres geográficos adecuados y normalizados, así como evitar su ambigüedad en la designación de las distintas entidades geográficas. En este sentido, afrontan la resolución de problemas complejos tales como (Parker, 2001):

- Que un lugar tenga más de un nombre que lo designe,
- Que varios nombres aparezcan duplicados en localizaciones diferentes, incluso a nivel local,
- El tratamiento de nombres con ortografía variante⁶,

(6) Topónimos alternativos con ortografía diferente al topónimo oficial y normalizado.

- Que los nombres locales sean diferentes a los ampliamente reconocidos a nivel internacional.

En síntesis, los nomenclátores geográficos deben recopilar todos los nombres estandarizados de un territorio. Por tanto, un nomenclátor debe contener, como mínimo, los topónimos normalizados y la información necesaria para la localización e identificación de la entidad geográfica a la que designan.

12.4 Elementos de un Nomenclátor Geográfico

Un nomenclátor parte de los elementos reconocibles en la realidad, a los que se les designa como entidades o fenómenos geográficos en términos del Modelo de Nomenclátor oficial (*geographic features*, en términos de las IDE). Para hacer referencia a dichas entidades, se pueden emplear bien topónimos o identificadores geográficos. Los identificadores geográficos son instancias que hacen referencia a fenómenos geográficos únicos, con posición conocida y una idiosincrasia (pues se corresponden con atributos como usos del suelo específicos, superficie definida y otra serie de características concretas) que los identifica. Los topónimos pueden funcionar en ocasiones como identificadores geográficos cuando son elementos de un nomenclátor que hacen referencia a una entidad geográfica concreta de forma inequívoca.

La norma ISO 19112 sobre IG plantea una serie de campos de información para cada identificador geográfico que, por tanto, deben aparecer en un nomenclátor:

- Un nombre geográfico o un identificador que permita, de forma oral o escrita, hacer referencia a cada entidad geográfica.
- La delimitación territorial de cada entidad.
- El nombre de la organización responsable de la recolección y normalización de cada nombre geográfico.
- Unas coordenadas respecto a un sistema de referencia espacial determinado, que permitan localizar cada entidad geográfica. Para las entidades no puntuales, se deberá escoger un punto representativo de la ubicación de la entidad.

La norma 19112 también considera recomendable, aunque no obligatorio, incluir las siguientes características de cada identificador geográfico en un nomenclátor:

- La fecha de registro del identificador geográfico.
- La inclusión de identificadores geográficos alternativos, si los hubiere.
- El identificador geográfico de nivel superior donde se ubique cada entidad designada.
- El identificador geográfico de la localización o las localizaciones que subdividen a cada entidad designada.

El Grupo de Trabajo en Bases de Datos de Toponimia y Nomenclátores de Naciones Unidas [118] propone, tal y como explicita la resolución 4 de la Primera Conferencia de Naciones Unidas en la Estandarización de Nombres Geográficos, el conjunto mínimo de información sobre nombres geográficos necesario para la construcción de un nomenclátor que permita el intercambio digital de IG:

- El nombre geográfico asociado al identificador geográfico designado.
- El tipo de entidad a la que hace referencia el identificador geográfico.
- La localización del nombre geográfico expresada en un determinado sistema de coordenadas.
- El área administrativa donde se localiza la entidad designada.
- La hoja cartográfica de referencia para ubicar la entidad designada (en el marco de las series estandarizadas de la cartografía nacional correspondientes).

El Grupo de Trabajo hace también referencia a la necesidad de incluir, en un nomenclátor, una serie de informaciones adicionales requeridas por el usuario de un conjunto de datos geográficos para interpretar su contenido: sus metadatos. En la construcción de un nomenclátor geográfico, se deberían contemplar los siguientes metadatos:

- Información básica de identificación de los datos toponímicos (editor, año).
- Información sobre los estándares en los que se basa.
- Información sobre la calidad de los datos (precisión, vigencia...).
- Información sobre el mecanismo empleado para representar los datos espaciales (texto, símbolos, etc.).
- Información sobre la referencia espacial (sistema de coordenadas, elipsoide, datum, etc.).
- Información de la entidad y el atributo (tipo de entidad, dominio, etc.).
- Información acerca del *software* utilizado para crear el conjunto de datos.
- Información sobre la distribución del conjunto de datos (cómo y dónde obtener los datos).

12.5 Utilidad de los nomenclátoreos

En la práctica, los nomenclátoreos geográficos satisfacen las necesidades toponímicas de las comunidades de usuarios de IG. El análisis de la utilidad de los nomenclátoreos permite plantear en qué medida los servicios de nomenclátor constituyen la herramienta más adecuada para su uso y consulta.

12.5.1 ¿Por qué son útiles los nomenclátoreos?

El desarrollo de nomenclátoreos geográficos (Jordan, 2009) responde a la demanda creciente de topónimos para su utilización en SIG, así como en bases de datos automatizadas, especializadas y de uso múltiple. En este sentido, los nomenclátoreos:

- Facilitan la generación de cartografía y la identificación de entidades geográficas en los mapas.
- Permiten la «búsqueda de lugares». Las funciones de búsqueda de nombres geográficos con mapas interactivos (los servicios de nomenclátor) permiten al lector buscar lugares a través de los nombres geográficos. Sin nomenclátoreos esto no sería posible.
- Constituyen instrumentos de catalogación especialmente útiles para el análisis de las características internas de las entidades geográficas a través de la interpretación de los topónimos.

- Por último, los nomenclátos reúnen parte de la historia cultural y lingüística de un país, por lo que constituyen verdaderas herramientas de investigación arqueológicas, históricas y geográficas. Los catálogos de topónimos reflejan la estratificación cultural e histórica diacrónica de un lugar.

12.5.2 Los servicios de nomenclátor

Los servicios de nomenclátor (*Web Reference Service*) ofrecen la posibilidad de localizar un fenómeno geográfico de un determinado nombre [119]. Se trata de servicios que permiten introducir topónimos y devuelven la localización de los fenómenos geográficos a los que dichos topónimos designan⁷. Permiten visualizar lugares de interés en el mapa y escoger la cartografía o imagen sobre la que se representan. A través del encadenamiento de consultas, el usuario puede seleccionar servicios web de mapas catalogados (Mas *et al.*, 2010).

La Séptima Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Normalización de los Nombres Geográficos recomendó establecer en Internet sitios web con **listas de topónimos**, servicios de nomenclátor que pudieran utilizarse con diversos fines: para recopilar información sobre la normalización de nombres geográficos; para acordar directrices toponímicas a nivel global; para informar sobre nombres normalizados a nivel nacional (de cara a fomentar su utilización); para facilitar las consultas interactivas sobre nombres geográficos; y para facilitar el intercambio internacional de datos toponímicos. En este sentido, los servicios de nomenclátor permiten, por un lado, desarrollar marcos de trabajo para resolver distintos conflictos regionales y globales y, por otro lado, facilitan la adopción de políticas comunes de acceso a los datos.



FIGURA 12.3. Servicio de nomenclátor del Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC). Ante una petición de búsqueda («Tuc»), el servicio propone al usuario una serie de opciones para que pueda identificar de forma unívoca el identificador geográfico que está buscando. (Tomado de [120])

(7) Una especificación de implementación para Servicios de Nomenclátor de OGC define cómo debe ser un Servicio de Nomenclátor estándar e interoperable.

12.6 Directrices básicas para la elaboración de un nomenclátor

La elaboración de un nomenclátor geográfico es un proceso largo y costoso, no exento de dificultades. En este apartado se enumeran las tareas que se deben llevar a cabo para el proceso de catalogación de la toponimia de un determinado ámbito geográfico.

En primer lugar, tal y como se ha señalado en apartados anteriores, quien encargue el nomenclátor geográfico correspondiente debe proponer una autoridad en nombres geográficos a la que deberá otorgar las competencias necesarias para normalizar y oficializar la toponimia, de cara a facilitar su inclusión en el nomenclátor.

Posteriormente, en el marco de dicha autoridad competente, tras un profundo debate con otros organismos competentes en materia de toponimia (entidades públicas o privadas responsables de su propia toponimia⁸) y posterior reflexión, es aconsejable determinar qué términos se deben incluir en el nomenclátor. Resulta apropiado, a este respecto, elaborar un tesoro asociado al nomenclátor, donde se considere la definición de cada término y se incluyan ejemplos representativos.

Por otro lado, se debe recoger la información toponímica asociada a los identificadores geográficos del nomenclátor. Para ello, se suelen utilizar bases de datos oficiales y distintas fuentes cartográficas o de cualquier otro tipo. Los topónimos recogidos se estudian para valorar su idoneidad. En este sentido, a la hora de concretar qué topónimos se van a incluir en el nomenclátor, se deben revisar los errores que puedan comportar y desarrollar políticas de actuación ante las dudas que pueda generar su grafía en zonas bilingües; las dudas respecto a si deben incluir o no términos genéricos, y un largo etcétera de cuestiones que se pueden detectar en el proceso de depuración de la toponimia.

Resulta también necesario revisar la correcta referenciación de las coordenadas de los topónimos en el sistema de coordenadas que se adopte, que debe seguir las directrices consignadas por la autoridad competente.

Por último, todo nomenclátor geográfico solo puede llegar a ser absolutamente completo si se complementa con trabajos de campo, fundamentalmente necesarios para la resolución de dudas sobre la ubicación, la grafía de los topónimos y su clasificación según el tipo de entidad a la que designan.

Para realizar todas las tareas descritas se necesitan herramientas como los editores de topónimos. Son aplicaciones que facilitan las modificaciones de las bases de datos toponímicas y con ello, la elaboración y depuración de un nomenclátor.

Siguiendo los pasos descritos, se generan nomenclátors que se pueden publicar en servidores de nomenclátor y que deben cumplir con las especificaciones existentes y respetar, en la medida de lo posible, los niveles mínimos de calidad en lo referido a formularios de consulta de topónimos, presentación cartográfica, tamaño de los mapas, etc.

(8) Por ejemplo, los Parques Nacionales o las Confederaciones Hidrográficas pueden ser, en algunos países, autoridades públicas o privadas en materia de toponimia.

12.7 Conclusiones

La toponimia se ha erigido tradicionalmente como elemento indispensable para el desarrollo de las IDE. En este sentido, se ha llegado a definir la toponimia como herramienta geográfica, como base de la información cartográfica, como parte indisociable de la IG, e incluso como campo de conocimiento. De hecho, es todo eso. La catalogación de la toponimia oficial y normalizada es indispensable en una sociedad como la actual, donde se emplean continuamente nombres geográficos en los actos cotidianos.

A nivel multidisciplinar y multiescalar (la toponimia es tan importante a nivel individual como a nivel global), por los motivos descritos en este capítulo, se debe continuar investigando en el desarrollo de nuevos procedimientos y herramientas para el tratamiento y la divulgación de topónimos que permitan mejorar la accesibilidad a la IG para su uso y disfrute.

CAPÍTULO 13

INTEROPERABILIDAD SEMÁNTICA DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: CASO GENERAL

Doris Mejía Ávila¹, Antonio Vázquez Hoehne², Indalecio F. Bezos³, Lola B. Jiménez⁴

¹Facultad de Ciencias Básicas e Ingenierías, Universidad de Córdoba, Colombia

²LatinGEO, Grupo de Investigación Mercator, Universidad Politécnica de Madrid, España

³FICH, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, República Argentina

⁴CLIRSEN, Sección de Geosemántica, Quito, Ecuador

¹doris@sinu.unicordoba.edu.co, ²antonio.vazquez.hoehne@upm.es, ³bezos@fich.unl.edu.ar,

⁴loly.jimenez@clirsens.gob.ec

Resumen. La consideración de las cuestiones del significado (cuestiones semánticas) de la geoinformación conduce a mejoras importantes en su gestión, así como potencia la interoperabilidad y los mecanismos que permiten alcanzarla. La interoperabilidad semántica está encargada de asegurar que el significado de los contenidos de la información, se entienda de la misma manera por cualquier sistema, facilitando la posibilidad de intercambiarla y compartirla y, por lo tanto, supone una mejora en el uso, tanto de la web, como de las IDE. El entendimiento y evolución de la interoperabilidad semántica, como una herramienta que permitirá mejorar el uso de la web y como elemento importante en el contexto de las IDE, implica conocer cómo se han ido desarrollando los mecanismos que organizan, estructuran y definen los términos propios de un contexto específico. Se parte de la estructuración de los diccionarios que recopilan conjuntos de términos y los definen en lenguaje natural (el lenguaje utilizado por los humanos para comunicarse). Asimismo se deben conocer los vocabularios controlados (listas limitadas de palabras que pueden usarse en un contexto específico) y las taxonomías (listados de términos elaborados por una autoridad y organizados jerárquicamente). Se alcanza un mayor nivel de descripción semántica mediante la generación de redes de conceptos como los lexicones computacionales o bases de datos léxicas relativas a listas de palabras que contienen la morfología, ortografía, categoría léxica (verbo, sustantivo...) y la semántica que se refiere al significado de la palabra, hasta desembocar finalmente en los tesauros y las ontologías. Los tesauros y las ontologías son, en definitiva, las herramientas más avanzadas en la búsqueda de la interoperabilidad semántica. Un tesoro es una forma de clasificación y descripción de un tema por medio de palabras clave que forman un vocabulario especializado y cuyos términos se articulan entre sí por medio de relaciones de jerarquía, asociación y equivalencia para la interpretación humana. Las ontologías, además de precisar la definición de los conceptos de manera explícita, incluyen las relaciones y las restricciones entre ellos. Son susceptibles de representarse en lenguaje formal (informático), y pueden interpretarse por personas y máquinas, por lo que se convierten en un puente de comunicación entre los contenidos y la búsqueda de información en la web. El resultado de esto se traduce en búsquedas más rápidas y mejor filtradas. La incorporación de las ontologías supone un gran reto para la mejora de los contenidos de IG en la web; es una extensión de la Web Semántica y se necesitan lenguajes que permitan descripciones más detalladas de la Geoinformación. La evolución

hacia la web semántica implica a la interoperabilidad en sus diferentes perspectivas; (a) la interoperabilidad sintáctica, que hace posible la transferencia de datos entre diferentes sistemas y (b) la interoperabilidad semántica, que permite el entendimiento de la información intercambiada. Para mejorar los resultados de las búsquedas en la web se deben adaptar las actuales estructuras de intercambio sintáctico de información (simples coincidencias de símbolos) a estructuras de intercambio semántico. En otras palabras, las búsquedas en la web deben orientarse por el significado de los objetos, diferenciando su naturaleza de acuerdo al contexto en el que se utilicen. Las IDE son el resultado de los esfuerzos en materia de interoperabilidad sintáctica, de la aplicación de los servicios web en el ámbito geográfico y de avances en relación a los SIG. Adicionalmente, en la actualidad se está vislumbrando la importancia de la interoperabilidad semántica para hacer más eficiente tanto la disposición de la información como su consulta en una IDE. Por esta razón, el presente capítulo describe la interoperabilidad semántica en el contexto de las aplicaciones relacionadas con la geoinformación.

Palabras Clave: Web Semántica, Interoperabilidad Semántica, Ontologías, Información Geográfica, Infraestructuras de Datos Espaciales, Tesauros.

13.1 Introducción

La web constituye un mecanismo de consulta e intercambio de uso amplio, que permite disponer de ingente cantidad de información, almacenada en diversos formatos y con niveles de calidad heterogéneos. Esta situación se hace extensible en el ámbito de la IG, donde se ha evolucionado en el desarrollo de estrategias para estructurar, e intercambiar información como, por ejemplo, los SIG, los servicios web geográficos y las IDE.

Actualmente la web utiliza mayoritariamente un sistema de enlace de recursos mediante hipervínculos constituidos por palabras clave. Cuando un usuario inicia una búsqueda, el sistema compara la palabra introducida en el buscador con las palabras que constituyen los hipervínculos de las páginas web, y selecciona aquellas que coinciden. Para ello se comparan los signos gráficos que representan a las letras, los números y otros caracteres y el orden en que éstos se encuentran; es lo que se conoce como la **Web Sintáctica**.

La Web Sintáctica es la responsable de que una búsqueda arroje resultados dispersos. Un término de búsqueda puede devolver simultáneamente resultados referidos a la página de un museo, de una página personal, del nombre de un hotel o el nombre de un lugar geográfico, entre otros.

Una situación diferente se produce cuando la comparación se realiza a nivel semántico. Es decir, si en una búsqueda el sistema selecciona como resultado, además de las coincidencias obtenidas en una comparación sintáctica, las páginas en las que el significado de los términos clave coincide con el significado del término o términos de búsqueda; y más aún, si estos significados se establecen dentro de un contexto preciso. Esto constituye una aproximación a lo que se denomina la **Web Semántica**.

La Web Semántica propone superar las limitaciones de la web actual mediante la introducción de descripciones explícitas del significado (Berners-Lee *et al.*, 2001). De esta

manera, las páginas web ya no almacenarían únicamente el contenido como un conjunto de palabras (o, de manera más precisa, signos gráficos y espacios sin relación), sino que también incluirían su significado y su estructura (Vilches-Blázquez *et al.*, 2008). Siguiendo esta estrategia, las descripciones de las páginas web diferenciarán la naturaleza de los objetos; es decir, sabrán si se está haciendo referencia a una entidad geográfica, a una marca de automóvil o a un establecimiento comercial.

13.2 Contextualización de la interoperabilidad semántica

La interoperabilidad se define como la habilidad de dos o más sistemas para intercambiar información y utilizarla (IEEE, 1997). La noción de interoperabilidad implica un proceso de comunicación entre dos agentes (Brodeur y Bédard, 2001). Depende de la claridad que se tenga acerca de los significados de la terminología que se quiera intercambiar (Nowak *et al.*, 2005) y debe contemplar las cuestiones sociales y organizativas involucradas en el hecho de compartir la información (Harvey *et al.*, 1999). En el campo tecnológico, la interoperabilidad se puede abordar desde diferentes perspectivas. En el ámbito de las IDE, Manso (Manso-Callejo, 2009), identifica quince niveles de interoperabilidad, de los cuales en el presente capítulo se hará referencia a tres de ellos: interoperabilidad sintáctica, semántica y estructural.

La **interoperabilidad sintáctica** asegura la existencia de conexión técnica, es decir, que los datos puedan ser transferidos entre diferentes sistemas (Hasselbring, 2000). Los puentes de conexión entre los sistemas a vincular son los estándares o especificaciones de formatos, que determinan protocolos o reglas para disponer la información de manera homogénea que pueda ser visualizada por grupos amplios de usuarios. Entre los estándares más destacados está el lenguaje XML, que constituye una vía para proporcionar una sintaxis común en los procesos de intercambio e integración de información heterogénea (Cui et al., 2001). En particular para el intercambio de datos geográficos se usa el lenguaje GML (Portele, 2007). Esta interoperabilidad se desarrollará en el cap. 21 al hablar de los Lenguajes Geoespaciales.

La **interoperabilidad semántica** asegura que el contenido de la información intercambiada (su significado) sea entendido de la misma manera por cualquier sistema (Sheth, 1998). Alcanzar la interoperabilidad semántica es uno de los objetivos más importantes para las comunidades interesadas en la información geográfica a través de la web.

Para ilustrar con más detalle el concepto de interoperabilidad semántica, se toma como ejemplo el término «*monte*», que se puede utilizar en varios contextos: como sinónimo de montaña, sierra, pico, cerro, colina, cordillera; es decir, para referirse a un «accidente topográfico». O a un bosque, soto, carrascal, zarzal, espesura, bosque, selva; es decir, para referirse a un tipo de «formación vegetal» [121]. Además, en contextos disciplinares específicos, estos términos tienen significados diferentes y por ejemplo, desde el punto de vista paisajístico, se diferencian por su forma, cobertura y altura. Esta posibilidad de polisemia determina una condición de ambigüedad en el uso de términos como el del ejemplo. El

objetivo principal de la interoperabilidad semántica es disminuir esta ambigüedad de criterios, de manera que los contenidos de información puedan compartirse e interpretarse eficientemente en los contextos específicos en los que se usan.

Aunque ajeno al mundo geográfico, otro ejemplo de interoperabilidad semántica que puede aclarar el concepto es la clasificación taxonómica de los seres vivos en el ámbito de la Biología, que puede entenderse como un esfuerzo para superar las ambigüedades que se presentan al utilizar nombres comunes. Por ejemplo, el término «rana» definido como: «anfibio anuro de cuerpo rechoncho, ojos prominentes, lengua incisa y extremidades posteriores fuertes adaptadas al salto, con el dorso generalmente de color verdoso y el abdomen claro» [121], se utiliza para nominar un amplio grupo de organismos, e incluso en la mayoría de veces se confunde con el término «sapo». Sin embargo, entre ranas y sapos la taxonomía biológica distingue 6021 especies diferentes [122], cada una con un nombre científico único para un organismo de características exclusivas. Incluso las nominaciones taxonómicas superaron las barreras idiomáticas ya que el nombre científico de una especie (escrito en latín) se acepta, reconoce y usa a nivel mundial. Aunque las clasificaciones biológicas no sean perfectas, pues aún hay ambigüedades, quizá sea uno de los intentos más avanzados de homogenización de contenido de información y es posible que los avances en la investigación científica de las ciencias biológicas se deban en parte a este esfuerzo.

Un ejemplo de la utilidad de la semántica en la web, se puede apreciar en la aplicación para consulta de la Red Nacional de Ferrocarriles Españoles (RENFE), en la que una asistente virtual llamada «Irene» [123] está preparada para responder preguntas realizadas en diferentes construcciones gramaticales; así, ante la pregunta: «¿con cuánto tiempo se pueden anular los boletos?», contesta lo mismo que cuando se le formula: «¿con cuántas horas se pueden anular los billetes?», especificando las condiciones oportunas (fig. 13.1).



FIGURA 13.1. Consulta al Asistente Virtual de Renfe referida a tiempo cronológico. (Fuente: Elaboración propia)

Sin embargo, si se le pregunta: «¿qué tiempo va a hacer hoy en Madrid?», es capaz de discriminar entre el tiempo atmosférico y el cronológico, con una irónica respuesta que apunta hacia lo inapropiado de la cuestión formulada (fig. 13.2).

«Irene» es un programa informático, pero es capaz de asociar y disociar construcciones gramaticales porque hay un concepto central que las articula denominado «tiempo», para el que se ha descrito su semántica o significado. Entre otros elementos, se explicita que el tiempo se expresa en horas, y se ha representado en lenguaje computacional, para establecer un puente entre éste y el lenguaje natural que un usuario emplea en la búsqueda [124]. Este ejemplo ilustra la utilidad de la descripción semántica de los conceptos incluidos en una página web, ya que se facilita la comunicación entre el contenido de la página y la necesidad de información por parte del usuario.



FIGURA 13.2. Consulta al Asistente Virtual de Renfe referida a tiempo atmosférico. (Fuente: Elaboración propia)

En el contexto de las IDE, también es necesaria la interoperabilidad semántica, puesto que estas infraestructuras pretenden compartir e intercambiar información para mejorar la toma de decisiones en múltiples campos, como la planificación y ordenación del territorio. Puede afirmarse que la información ofrecida por los diferentes servicios de IDE se genera, mantiene y actualiza por diversos productores, lo que da como resultado una gran disparidad de fuentes y terminología (diferencias de escala y niveles de procesamiento entre otros), que dificultan los procesos de búsqueda, acceso e interpretación de la IG (Vilches-Blázquez *et al.*, 2006).

La **interoperabilidad estructural** es un nivel intermedio entre la interoperabilidad sintáctica y la semántica. Se encarga de proporcionar los medios para que puedan especificarse y compartirse esquemas conceptuales comunes (Shekar, 2004). La estrategia se orienta hacia el uso de lenguajes de modelado común para conceptualizar la información, como por ejemplo el UML que se puede consultar en mayor profundidad en el cap. 18.

13.3 Recursos semánticos

Los primeros esfuerzos para conseguir la interoperabilidad semántica se enfocaron en el desarrollo de técnicas o herramientas que agrupaban y organizaban términos, como, por ejemplo, diccionarios impresos y digitales que recopilaban conjuntos de conceptos y los definían en lenguaje natural (entendido por humanos). A partir de aquí se avanzó hacia otras aplicaciones que se orientaban a agrupar los datos en forma jerárquica como las taxonomías y los vocabularios controlados, en los que los términos debían tener una definición no-ambigua y no-redundante (Alcina et al., 2009). Entre ellos, se pueden mencionar los catálogos de fenómenos u objetos, que contienen un listado de conceptos organizados de acuerdo a una estructura especificada, definidos en lenguaje natural y asociados a una geometría determinada (punto, línea, polígono). Estos catálogos, sin embargo se constituyen en una forma muy básica de organización de conceptos cuya limitación más importante radica en la falta de relación entre los elementos. La Norma ISO 19110 no exige la especificación de las relaciones entre fenómenos.

Posteriormente, se evolucionó hacia la generación de redes de conceptos como los lexicones computacionales o bases de datos léxicas, que son listas de palabras que contienen la morfología, ortografía, categorías léxicas o clases de palabras (si es un verbo, un sustantivo u otro) y la semántica, que se refiere al significado de la palabra (Wilson y Keil, 1999). Como ejemplos de bases de datos léxicas, se pueden citar WORDNET, EURONET y ACQUILEX (Ureña, 2002).

Finalmente, se llegó a los tesauros y las ontologías como las herramientas más avanzadas en la búsqueda de la interoperabilidad semántica. Dada la importancia que tienen estos dos últimos recursos semánticos, se amplía su descripción en los siguientes epígrafes.

13.3.1 Tesauros

Un tesoro es un sistema de clasificación y descripción de un tema por medio de palabras clave que forman un vocabulario especializado. Constituye una herramienta esencial para el control del vocabulario en la construcción de aplicaciones de recuperación de información (Lancaster, 2002), por ejemplo, de vocabularios controlados. Los términos definidos dentro de un tema dado, se relacionan entre sí de forma jerárquica, asociativa y equivalente (Roe y Thomas, 2004)).

La fig. 3 presenta la vista de una consulta al tesoro de la UNESCO, que contiene más de 7 000 términos en inglés y en ruso, y cerca de 9 000 en francés y en español. Estos términos corresponden a los «dominios» (temas) de educación, cultura, ciencias naturales, sociales y humanas, comunicación e información [125]. En este ejemplo, el término que se va a describir (*descriptor*) es «Forma terrestre», que se indica en español, inglés, francés y ruso. Posteriormente se muestra el número y nombre del microtesoro al que pertenece (sigla MT), y se disponen a continuación unas siglas para indicar:

- Que tiene una relación de equivalencia con otros términos (Utilizado Para o UP), denominados «no descriptores» o «no preferidos», como en este caso «relieve terrestre».
- Que existe una relación de jerarquía con otros términos, tanto con los que contienen el descriptor, expresados como «Término General» (TG): «Topografía» o TG2 «Geomorfología», como con otros que están incluidos en él, llamados «Términos Específicos» (TE), como «Cuenca», «Cueva», «Desierto», «Llanura»...
- Que existe una relación asociativa con otros términos con los que guarda alguna relación (Término Relacionado o TR), pero que no son sinónimos, como «Tierra pantanosa».

```

Término : Forma terrestre [5]
English term: Land forms
Terme français: Forme terrestre
Русский термин : Формы земной поверхности

MT 2.40 Geografía y oceanografía
UP Relieve terrestre
TG Topografía [59]
...TG2 Geomorfología [170]
TE Arrecife de coral [162]
TE Continente [9]
TE Cuenca [33]
TE Cueva [35]
TE Desierto [144]
TE Isla [358]
TE Jungla [1]
TE Karst [73]
TE Llanura [22]
TE Montaña [269]
TE Oasis [15]
TE Pastizal [15]
...TE2 Estepa [11]
...TE2 Sabana [46]
TE Taiga [8]
TE Tundra [22]
TE Valle [35]
TE Zona costera [683]
...TE2 Delta [163]
...TE2 Estuario [137]
...TE2 Playa [46]
...TE3 Duna [11]
...TE2 Zona intermareal [2]
TR Tierra pantanosa [158]

```

FIGURA 13.3. Vista de la estructura del descriptor “Forma terrestre” en el tesoro de la UNESCO. (Fuente: [125])

Otros tesauros interesantes en el contexto geográfico son el GEMET de la Agencia Ambiental Europea (EEA) [126], que contiene más de 6 500 términos que cubren las ciencias medioambientales; el AGROVOC [127], disponible en diecinueve idiomas cuenta actualmente con unos 32 000 descriptores (Baker y Keizer, 2010) que cubre los términos relacionados con el campo forestal, la agricultura, pesca y alimentación; y los tesauros en línea del Instituto de Estudios Documentales sobre Ciencia y Tecnología de España (IED-CYT) [128] que, entre los diversos temas de consulta, cuentan con uno de Geología, otro de Urbanismo y un Nomenclátor (topónimos).

13.3.2 Ontologías

Una ontología es una representación formal de la terminología y los conceptos de un dominio científico, que se utiliza para aclarar las relaciones entre términos y conceptos (Madin *et al.*, 2008). Una ontología incluye un vocabulario de términos (pertenecientes a un campo disciplinar) con sus definiciones y las relaciones entre los conceptos. La fig. 13.4 representa un listado de términos (río, lago) con sus significados en lenguaje natural, a partir de los cuales se extraen las relaciones y restricciones (algunas propiedades de «río» de acuerdo a su definición son: «tiene longitud», «tiene caudal»; de acuerdo a su definición, el término «lago» posee propiedades como «tiene superficie», «tiene profundidad», que permiten escribir estos significados en lenguaje informático.



FIGURA 13.4. Esquema de la definición de una ontología. (Fuente: Elaboración propia)

El mayor desafío en el uso de las ontologías está en la Web Semántica. Así, por ejemplo, la búsqueda del término “Santander” en *Google* devuelve (en junio de 2011) unos 150.000.000 resultados, que pueden agruparse, entre otros, en nombres de bancos, topónimos, clubes, loterías, academias de idiomas, institutos de investigación, oficinas de cruceros, nombres de libros, apellidos, etc. Frente a esta diversidad temática, un usuario de la web deberá invertir mucho tiempo para seleccionar las páginas que se ajusten a sus requisitos de información. Esta dispersión temática ocurre porque los documentos web no se encuentran suficientemente descritos para que sus motores de búsqueda identifiquen la naturaleza de los términos (objeto, lugar geográfico, ser vivo etc.). Si el sistema lograra establecer una comparación entre los significados de las palabras clave de las páginas web y el significado del término de búsqueda, el número de resultados arrojados podría concretarse a las páginas que tengan la mayor coincidencia con lo requerido.

El gran reto de la web semántica a nivel tecnológico-científico es mejorar los niveles de descripción de los contenidos de las páginas, y es en este contexto donde las ontologías cumplen un papel central, al representar el conocimiento por medio de la asignación de

significado a los conceptos, significado que se puede transcribir a lenguajes formales, lo que genera un puente de comunicación «inteligente» entre usuario y sistema.

Las ontologías se utilizan ampliamente en el ámbito de la ingeniería del conocimiento, la inteligencia artificial y las ciencias computacionales para el desarrollo de aplicaciones relacionadas con administración de conocimiento, formulación de mecanismos para comunicación entre personas o entre personas y máquinas, comercio electrónico, recuperación de información, diseño e integración de bases de datos, bio-informática y educación (Gómez-Pérez *et al.*, 2004).

Los principales elementos que componen una ontología son: las **clases** o **conceptos**, que representan ideas básicas que se definen formalmente y que generalmente están dispuestas en jerarquías taxonómicas (Gruber, 1995); las **relaciones**, que asocian las clases entre sí (Hasselbring, 2000) y los **axiomas**, que corresponden a teoremas que se declaran sobre relaciones que deben cumplir los elementos de la ontología (Gruber, 1995), es decir, restricciones propias del concepto que se está describiendo.

Las relaciones y axiomas se utilizan para expresar, en lenguaje de máquina, el significado de un concepto o clase. Un fragmento de la red ontológica *BiodiversityOntology* (Mejía, 2011) ilustra estos elementos en la fig. 13.5. La clase *Spatial_Data* (dato espacial) contiene a las subclases *GeoPoint* (punto geográfico), *GeoArea* (área geográfica), *Bounded* (límite) y *GeoLine* (línea geográfica). Cada clase se define utilizando principalmente relaciones y axiomas formales. La relación “*is-a*” articula a *Spatial_Data* con las demás clases, definiendo una relación de jerarquía. A la derecha del gráfico, el axioma [**interconnects min 2 GeoPoint**] formaliza la restricción que tiene un elemento geográfico lineal de interconectar como mínimo dos puntos.

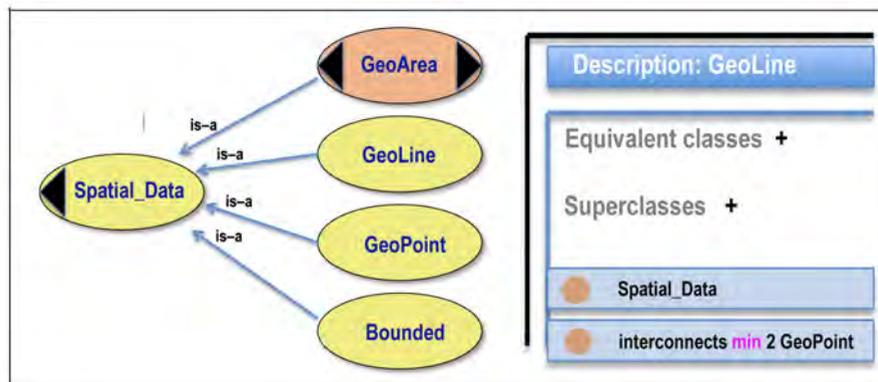


FIGURA 13.5. Vista de un fragmento de la ontología (Fuente: Elaboración propia)

Para expresar los significados y que los interpreten los ordenadores, se requiere un lenguaje que permita trasladar las definiciones de clases y relaciones entre clases y axiomas del

lenguaje natural, al lenguaje de máquina (formal). En el contexto de la web semántica se han desarrollado diferentes lenguajes para elaborar ontologías, entre los que se pueden mencionar RDF (Lassila y Swick, 1999), OIL (Bechhofer *et al.*, 2001) y OWL [129].

La comunidad ontológica ha desarrollado, además, editores que permiten crear y editar ontologías por parte de personal no experto en temas informáticos. Estos editores de ontologías generalmente son libres y de código abierto. Algunos ejemplos de editores son Protegé, creado por el Grupo de Investigación en Informática Biomédica de la Escuela de Medicina de la Universidad de Stanford [130], y OBO Edit, creado en el marco del proyecto de Ontologías y Bioinformática de Berkeley [131].

13.4 Ontologías en el ámbito geográfico

Como referencias más representativas de ontologías en el ámbito geográfico cabe mencionar:

- El proyecto Web Semántica para la terminología ambiental y de la tierra (SWEET) [132], (Raskin, 2006), que se enfoca en el campo de las Ciencias de la Tierra para construir ontologías en lenguaje OWL. Algunas ontologías desarrolladas en el marco de este proyecto son: *Earth Realm*, *Living Element*, *Human Activities* (Raskin y Pan, 2005), que se encuentran disponibles en el sitio web del proyecto.
- La ontología de hidrología del *Ordnance Survey* (Hart *et al.*, 2007), versión 2.0, compuesta por varios módulos (*Spatial relations*, *Network relations*, *Language relations*, *Political geography* y *Mereology*), que tiene como propósito describir los fenómenos hidrológicos tierra adentro recopilados por esta institución.
- La *HydrOntology* (Vilches-Blázquez *et al.*, 2007), ontología del dominio hidrográfico centrada en los fenómenos vinculados a las «aguas continentales» tanto superficiales como subterráneas. Las clases hijas de «aguas superficiales» son: «aguas de transición», «aguas quietas», «aguas corrientes» y «surgencias». A un nivel superior se sitúan los conceptos más abstractos como el de «fenómeno hidrográfico».

Otros proyectos en los que el ámbito geográfico tiene importancia, aunque su campo de aplicación sea la ecología o el medio ambiente, son:

- El denominado «Ciencias Ambientales para el conocimiento ecológico» (SEEK) [133], y el proyecto «Prototipos semánticos en investigación ecoinformática» (SPIRE) [134], que aplican la representación del conocimiento y las tecnologías de web semántica a problemas de búsqueda e integración de datos ecológicos y técnicas de análisis de datos. Estos proyectos han desarrollado ontologías como: *Biodiversity*, *EcologicalConcepts* y *EcologicalModels*, que se pueden consultar y descargar de la página web de SEEK o SPIRE. (Williams *et al.*, 2006)
- La *BiodiversityOntology* (Mejía, 2011), una red ontológica en el dominio ambiental, centrada en modelar la terminología referente a la evaluación del estado de conservación de la biodiversidad a nivel de especies y ecosistemas. Utiliza ontologías de alto

nivel como localización espacial, localización temporal, y mediciones, que se unen a conceptos de dominios más específicos tales como: entidad ecológica, procesos ecológicos, objetos de conservación, daño y amenaza entre otros.

13.5 Conclusiones

El proceso de migración de la web sintáctica a la web semántica involucra el desarrollo de diversas herramientas de gestión de información que, además, han contribuido a precisar conceptos y a lograr un mejor entendimiento en los diferentes campos temáticos, entre los que se incluye la geoinformación. Ejemplo de esto son las IDE, que permiten el intercambio de información geoespacial a niveles locales, regionales y globales.

El reto tecnológico se orienta hacia la extensión de la web semántica y el desarrollo de lenguajes que permitan descripciones más detalladas en este campo. En el ámbito de la Geografía, el interés se centra en el uso de las herramientas semánticas para precisar e integrar conocimiento entre los diferentes campos disciplinares que conforman el dominio de esa ciencia. De esta manera, las posibilidades que actualmente ofrecen las IDE para compartir información, se podrían potenciar o ampliar hacia otros contextos.

CAPÍTULO 14

INTEROPERABILIDAD SEMÁNTICA DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: CASO DE LA GEOMETRÍA

Carlos López-Vázquez¹, Héctor Rovera²

¹Laboratorio LatinGEO del Servicio Geográfico Militar y la Universidad ORT, Uruguay

²Servicio Geográfico Militar, Uruguay

¹carlos.lopez@ieee.org, ²dsgm@ejercito.mil.uy

Resumen. Una de las razones para la construcción de una IDE es compartir información, desarrollarla y mejorarla, lo cual plantea formidables exigencias a varios niveles: político, tecnológico y semántico. El primer nivel tiene que ver con la voluntad política, acuerdos institucionales y formalidades legales necesarias para permitir el flujo de información. El segundo atiende a las infraestructuras de comunicaciones necesarias que permitan a los servidores intercambiar información, referencias y, finalmente, datos. Ambos aspectos están considerados total o parcialmente en uno o varios capítulos de este libro. A los ojos de un observador apurado, el tercer nivel no parece ser un problema; ya hay datos y autorización para usarlos. La sorpresa aparece una vez que el usuario intenta desplegar, procesar, representar, etc. la información recibida y comprueba que no es interoperable. La interoperabilidad (término usado en la comunidad informática en un sentido más restringido) es la habilidad de un sistema para trabajar con o usar partes de otros sistemas. La interoperabilidad semántica se aplica típicamente para asegurar la comprensión del dato intercambiado. En este capítulo se analiza un problema muy concreto que surge cuando una vez localizados, accedidos y descargados los datos, se despliegan conjuntamente y... simplemente no encajan. La geometría de los objetos provenientes de diferentes conjuntos de datos, pueden diferir tanto que en ocasiones incluso violentan las relaciones topológicas (calles en el agua, puentes sin ríos, etc.). No es el único problema semántico que podría plantearse, pero por ser el más corriente es el que ha recibido más atención hasta el momento. En este capítulo se describirán las soluciones que van surgiendo para solventar este problema, ya caracterizado en el marco de INSPIRE. Esta iniciativa promueve desde la implementación de un servicio específico para corregir al vuelo las discrepancias entre pares de cartografías que van a representarse en un visualizador, hasta esfuerzos sistemáticos realizados en toda la cartografía de un país para hacer compatible su geometría con GNSS.

Palabras Clave: Conflación, Armonización, Fusión de datos, Integración, Interoperabilidad semántica, interoperabilidad geométrica, ProMEP.

14.1 Introducción

Al derivarse de sus ancestros en papel, los mapas digitales heredan sus méritos y limitaciones, entre las que se incluye la exactitud posicional. Ella se define como un número que mide la discrepancia entre las coordenadas de objetos geográficos recogidos en el mapa, y las coordenadas observadas en campo. También podrían considerarse otras exactitudes: temática, atributos, etc. que ponderan errores en categorías de uso del suelo, nombres de ríos y arroyos, etc.

Para algunos usos tradicionales, la exactitud posicional no fue ni es extremadamente importante; para las aplicaciones del siglo XXI, en cambio, la fácil auditoría basada en GNSS hace imprescindible mejorar los mapas existentes, o directamente construir otros nuevos. Esto último no es práctico (ni posible por su coste y plazo). Además, todos los mapas secundarios que se han asociado a la cartografía de base, perderían la conexión con la misma y obligarían a cada uno de los propietarios a reconstruirlos enteramente.

La aparición de los SIG a partir de los años 60 en Canadá, abrió ventanas a nuevas aplicaciones de la IG. El fenómeno se consolidó con otros factores contemporáneos: la disponibilidad cada vez mayor de información tomada por satélites (LANDSAT, METEOSAT, GOES, etc.), y la reducción permanente de los costes de *hardware* y *software*. Ese fenómeno se hizo sentir ya desde los años 70 con la aparición de los minicomputadores, pero se hizo explosivo debido a la difusión, primero de las estaciones de trabajo basadas en UNIX típicas de los años 80 y 90, y el aumento progresivo de la potencia de cálculo de los PC.

Si bien esta historia es bien conocida, algunas de sus consecuencias no fueron inmediatamente percibidas. La popularización de estas herramientas de tratamiento sofisticado de datos, supusieron una revolución para la comunidad académica. Primero, para la manipulación eficiente de imágenes de satélite y luego, para la realización de análisis más sofisticados involucrando otra información en formato vectorial.

En el pasado, los sensores remotos eran de «baja» resolución, siendo cada píxel representativo de una región del terreno de algunos cientos de metros de lado. Así, las resoluciones de la familia de satélites LANDSAT han ido evolucionando entre 120 y 15 m, dependiendo de la banda en que operan y del tipo de sensor. Otros satélites para aplicaciones meteorológicas (NIMBUS, SEASAT, GOES, etc.) han tenido y tienen resoluciones espaciales mucho más groseras, de varios cientos de metros.

El resultado es que lo corriente, en el pasado lejano y reciente, era disponer de imágenes que tenían una resolución mayor o comparable a los errores posicionales de la cartografía tradicional en papel. Por ello, era relativamente fácil superponer ambos tipos de dato y lograr inferencias a partir de ellos, sin que las inexactitudes de la cartografía vectorial fueran demasiado evidentes.

Al disponer, total o parcialmente, de servicios de intercambios de datos en una IDE con imágenes de alta resolución, es natural que esta situación cambie. Ello se agrava al intentar desplegar información que tiene baja exactitud planimétrica (tipo imágenes de *Google Earth*) junto con información vectorial de igual o mejor exactitud, pero que no comparte un

mismo linaje. La muy cómoda función de *zoom* desnuda modelos de la realidad diferentes (información de diferente linaje), haciendo que todas las discrepancias sean notorias. La satisfacción del cliente disminuye, ya que los objetos no parecen pertenecer a la misma región. Si se desea un procesamiento que vaya más allá de la visualización (por ejemplo, localizar servicios dentro de un radio de búsqueda dado), simplemente los datos no serán útiles.

En este capítulo se describen dos enfoques complementarios para este problema: el primero sería el que se denomina **conflación geométrica**, el cual intenta disminuir las discrepancias entre dos cartografías dadas, sin considerar cuál de ellas es la más exacta. Goodchild (2008), señala que la medida de exactitud no debería ser siempre contra la realidad, sino que en ocasiones tiene sentido hacerlo contra la cartografía de referencia. La conflación podría realizarse al vuelo, o estar ya precalculada en los servidores. Alternativamente, en lugar de encontrar funciones de transformación para ajustar la cartografía A con B, B con C, A con C, etc. se prefiere ajustar a cada una de A, B y C a la realidad R, haciéndolas compatibles indirectamente. Este segundo enfoque, más sistémico, promete mejoras sostenibles y se comentarán las experiencias conocidas, aunque no excluye totalmente al primero.

14.1.1 Métricas de exactitud geométrica

Para analizar y evaluar la situación presente y cuantificar la mejora obtenida, será necesario también introducir aquí terminología y conceptos asociados con exactitud planimétrica. En idioma inglés se utilizan dos términos: *accuracy* y *precision*. En castellano no hay una traducción única para la primera; de hecho, algunos diccionarios dan dos acepciones: ‘exactitud’ y ‘precisión’. Es claro que será necesario acordar una equivalencia en este documento. Así, para el término inglés *accuracy* se utilizará ‘exactitud’, y para *precision* se utilizará ‘precisión’.

¿Por qué se utilizan dos términos? En este capítulo se seguirán las definiciones del FGDC de los EE. UU. recogidas en el estándar NSSDA (FGDC, 1998). Así:

- Precisión: En estadística, es una medida de la tendencia de un conjunto de números aleatorios a agruparse alrededor de un número determinado por el conjunto.
- Exactitud: Es una medida de la cercanía de los resultados, cálculos o estimaciones a los valores verdaderos o valores que se acepta son verdaderos.

Ambos conceptos se pueden ilustrar con la imagen de la fig. 1. Nótese que la definición de ‘precisión’ no requiere conocer el verdadero valor; alcanzará con analizar la muestra disponible, calculando la media y la varianza muestral, lo que está determinado por los datos disponibles. En cambio, en el caso de ‘exactitud’ hay que tener acceso al valor «verdadero». Como en todo proceso de medida, ese valor es por definición inaccesible. Lo común es estimarlo con otro al que se le atribuya una exactitud mucho mayor. Típicamente esto requiere un instrumental diferente, etc.

El estándar NSSDA y otros similares están concebidos para medir exactitud contra la realidad del terreno (o un dato equivalente). Nada impide aplicarlo al caso de conflación, adoptando como «realidad» una de las dos cartografías bajo análisis. A efectos de comparar

las mejoras obtenidas tras un proceso de edición (manual, automático o semiautomático), es apropiado utilizar procedimientos estandarizados.

14.2 Conflación geométrica de datos vectoriales

La directiva INSPIRE, en su capítulo 11, literal d) requiere de los estados miembros implementar «...servicios de transformación, que permitan transformar los datos espaciales con vistas a lograr su interoperabilidad» y define interoperabilidad como «...la posibilidad de combinación de los conjuntos de datos espaciales y de interacción de los servicios, sin intervención manual repetitiva, de forma que el resultado sea coherente y se aumente el valor añadido de los conjuntos y servicios de datos». La acepción de interoperabilidad se corresponde con lo definido en los capítulos previos como **interoperabilidad semántica**, y parece claro que las inconsistencias geométricas son uno más de los problemas a resolver en esa categoría.

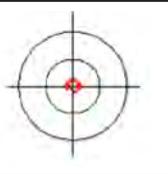
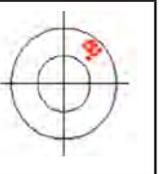
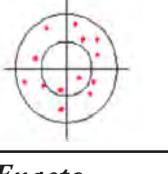
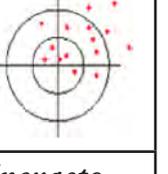
<i>Preciso</i>		
<i>Impreciso</i>		
	<i>Exacto</i>	<i>Inexacto</i>

FIGURA 14.1. Cuadro ilustrativo de las diferencias entre ‘exactitud’ y ‘precisión’. (Fuente: Modificado de un curso de Marji Puotinen, James Cook University, Australia.)

Este problema no es exclusivamente europeo. Por ejemplo, en el trabajo realizado por Kucera y Clarke (2005), se relevan necesidades insatisfechas del gobierno de los EE. UU. en esta área específica, incluyendo desde aspectos de investigación básica hasta de mejoras de *softwares* comerciales. Aunque no ha tenido demasiado impacto, el documento de Brennan (2008) también hace énfasis en especificar las necesidades (satisfechas o no) en relación al tema.

Prácticamente toda la literatura reconoce como antecedente los trabajos de Lynch y Saalfeld (1985), y Saalfeld (1988). En su momento, este último enfocó el problema de vincular en forma armónica la información digital vectorial producida por el Servicio Geológico de los Estados Unidos, con los datos de la Oficina del Censo. Se trataba por lo tanto de un caso hoy denominado de conflación vertical. La calidad o exactitud geométrica era

muy diferente, por lo que se debía modificar el más inexacto de forma que se alinearan sus objetos con los homólogos de mayor exactitud. Para ello, Saalfeld sugirió dividir el proceso en dos etapas:

- Identificar los objetos homólogos (en su propuesta eran puntos).
- Realizar la transformación geométrica.

Según Hope (2008), esta propuesta metodológica de Saalfeld ha tenido gran aceptación. Los trabajos posteriores se enfocan, en su gran mayoría, en una u otra de las etapas por él definidas. Sin embargo, en el informe de Kucera y Clarke (2005), y evaluando con algo más de perspectiva qué es lo que los usuarios requieren de este proceso, los autores sugieren separar las etapas requeridas en tres:

- Identificar objetos homólogos.
- Reseñar las diferencias encontradas (de deletreo, de atributos, etc.).
- Realizar la transformación geométrica.

Ellos recomiendan que las tres etapas no tienen por qué ir juntas; hay aplicaciones que requieren sólo la primera y la segunda.

Nótese que, en los casos precedentes, se asume que los mapas tendrán cierto solape. Es perfectamente posible imaginar situaciones en las que se intentan vincular mapas de orígenes diferentes que tienen poco o ningún solape (poca o ninguna confluencia horizontal), por lo que no habrá casi homólogos. En el caso inusual en que los objetos geográficos no tengan atributos (como ocurre cuando se obtienen poligonales a partir de una imagen de satélite) o que sus atributos no tengan intersección (como por ejemplo, si uno indica el tipo de pavimento mientras que el otro señala la fecha del último mantenimiento realizado), el problema de identificar homólogos se vuelve a reducir a la formulación tradicional de Saalfeld basada en la geometría. Analizando la misma, es posible ya distinguir varios requisitos:

- Criterios de medida de exactitud, para priorizar un mapa sobre otro menos exacto.
- Identificar objetos geográficos homólogos.
- Establecer transformaciones matemáticas que logren el resultado deseado.
- Establecer criterios de éxito en el resultado deseado.

El autor propone utilizar los puntos homólogos para a) subdividir el dominio mediante una triangulación de Delaunay y b) con los desplazamientos conocidos en cada vértice, determinar y aplicar una transformación de tipo afín a todos los puntos interiores a cada triángulo. El procedimiento es progresivo, identificándose manualmente nuevos puntos homólogos que idealmente mejoran la exactitud del conjunto. Si bien la solución es conceptualmente sencilla, tiene debilidades como introducir quiebros artificiales a los segmentos que cruzan un lado de un triángulo (fig. 14.2), no incorporar mecanismos que preserven la topología, etc. Tras este esfuerzo pionero, se han presentado numerosos trabajos con métodos variados: ver Casado (2006) para una revisión metodológica. Recientemente, se han

realizado estudios comparativos sistemáticos (López, 2009) para discernir qué método es el mejor en un caso particular, aspecto crucial en el marco de una IDE ya que el servicio de confluencia debería utilizar un método cuyos méritos tengan un sólido respaldo estadístico.

Con la definición de Saalfeld, el problema a resolver está formulado en términos de interpolación. Por interpolación se entenderá que la transformación debe preservar exactamente las coordenadas de los puntos homólogos. A pesar de ser muy popular, este enfoque olvida considerar la exactitud original de cada mapa. Así, si ambos mapas tienen exactitud comparable, no sería razonable imponerle a uno la geometría del otro si no es necesariamente más correcta. Parece más razonable el enfoque que defiende Hope (2008), en el que trabaja con el concepto de aproximación: la transformación matemática se realiza de forma que minimiza las discrepancias. Una posibilidad sería minimizar la suma de cuadrados de las discrepancias. No es la única opción, y hay literatura abundante en estadística y matemática sobre otras alternativas. La formulación de Saalfeld es un caso particular, en el que se elige la transformación matemática de forma que la discrepancia final es nula.

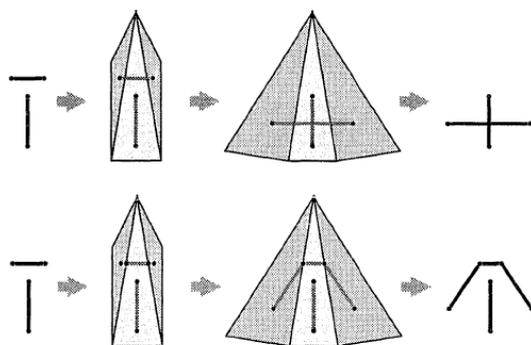


FIGURA 14.2. Problemas de la transformación afín. En la imagen superior, a la izda., dos segmentos con vértices pertenecientes a diferentes triángulos que originalmente no se cortaban, pero tras la transformación sí. La solución requiere identificar las intersecciones con los bordes, agregarlas a la poligonal y transformar el conjunto. (Fuente: Saalfeld, 1993.)

Los *softwares* de SIG tienen implementados mecanismos más o menos establecidos basados en la técnica denominada *rubber sheeting*. Ella se basa en una analogía mecánica, ya que consiste en suponer que el mapa B está dibujado sobre una membrana elástica. Una vez identificados los pares homólogos entre los mapas, se deforma el mapa B y los puntos homólogos se hacen coincidir «con alfileres». Como ocurre en una membrana, los vecinos de los puntos homólogos se comportarán en forma parecida si la función de transformación es continua. La técnica es muy popular, y típicamente se usa para asociar un mapa vectorial con una imagen de referencia. La complejidad de las verdaderas ecuaciones de la membrana hace que muchas implementaciones no representen estrictamente esa parte de la analogía, sino que se contentan con lograr que los puntos homólogos sean imagen uno de los otros.

Si bien el método cumple estrictamente con los requisitos (para los puntos homólogos), se vio rápidamente que puede introducir más problemas que los que soluciona. En particular, uno bastante perturbador resulta de comprobar que al agregar más puntos homólogos el aspecto del mapa modificado, puede degradarse muy significativamente. Eso muestra que la relación del método al crecer el número de puntos dato no es asintótica a la solución exacta (y desconocida) a la que intenta aproximar. Según Casado (2006), esto se debe a que la mayoría de los algoritmos disponibles no preservan la topología, por lo que su uso a ciegas es muy arriesgado.

Para poder recomendar qué algoritmo o *software* utilizar, haría falta un estudio comparativo de diferentes métodos como el esbozado en López y González (2009). Para aplicaciones en una IDE, la recomendación debería considerar terrenos de morfologías variadas, el tiempo de cálculo requerido (para uso en tiempo real) y no únicamente la exactitud.

14.3 Programa de Mejora de Exactitud Planimétrica (ProMEP)

Un enfoque perfectamente posible para el problema de dos mapas cuyos objetos homólogos no coinciden en forma satisfactoria debido a errores (quizá desconocidos), es transformar ambos a la vez para que se acerquen a la realidad (medida con GNSS, por ejemplo). Esa es la idea de un ProMEP. En el Reino Unido se ha realizado una transformación masiva, planificada, y sistemática de toda la cartografía del *Ordnance Survey* (OS) para reducir drásticamente su error planimétrico de forma que se logren niveles compatibles con el uso de GNSS (Rönsdorf, 2004). Ha habido esfuerzos sistemáticos a nivel nacional también en los EE. UU. (Usery *et al.*, 2005), así como otros más restringidos en Alemania (Gielsdorf *et al.*, 2004).

14.3.1 Motivación

La masificación del acceso a los ordenadores a partir de los años 80, en particular con la aparición del IBM PC en 1981, más el desarrollo de *software* de dominio público (desde GRASS, en 1982 hasta GvSIG en 2006, entre otros), facilitó la actividad de investigación y popularizó el acceso a estas tecnologías. El impacto fundamental está en que mucha más gente (con preparación adecuada o no), quedó en condiciones de procesar IG y actuar en consecuencia.

Las diferentes iniciativas IDE se han justificado en parte por el desarrollo acelerado de las tecnologías de comunicaciones con Internet y sus predecesoras que, desde 1969, permiten el acceso remoto a información en general y a IG en particular.

El cambio tecnológico más significativo (en relación a este capítulo) ocurrió con la popularización del GNSS, creado a mediados de los años 60 con objetivos militares, y puesto progresivamente en uso público. A partir de 1983 se popularizó el sistema NAVSTAR, mucho más eficiente que sus predecesores, y conocido con el nombre comercial de GPS. Este instrumento permite que cualquier técnico con capacitación suficiente esté en condiciones

de a) recoger directamente coordenadas absolutas sobre el terreno, y b) auditar la exactitud de la cartografía existente, desnudando sus limitaciones.

Es pertinente analizar lo que se ha hecho en otras latitudes en relación a estos problemas. A la fecha se pueden encontrar al menos antecedentes en Alemania, Reino Unido y EE. UU. —aunque Rönnsdorf (2004) ya mencionaba también Australia, Francia, Suiza e Irlanda—. En un primer ejemplo alemán (descrito por [135]) se trataba de compatibilizar una cartografía propia con la información catastral pública (base geométrica típica de la cartografía en Alemania). En [136] se describe otro ejemplo alemán de una empresa creada tras la fusión de una eléctrica, y otra de gas y agua. La cartografía catastral de ambas era geoméricamente incompatible, por lo que fue necesario realizar un proceso de conciliación interno. Ambas referencias dan pocos detalles de los algoritmos empleados, los problemas encontrados y el enfoque general utilizado, pero en ambos casos se trata de trabajos de alcance interno y, por lo tanto, de impacto acotado.

En el caso inglés y americano, la mejora se planteó con objetivos más generales; si ciertos datos se recogen con tecnología GNSS o similar, y deben integrarse con información ya existente, ésta debe ser de una exactitud comparable. El proceso (que se describirá en detalle más adelante) incluye una modificación masiva de la geometría de la cartografía oficial (con algún trabajo de actualización realizado en simultáneo); más el suministro al público de la información necesaria para modificar internamente otras coberturas que estuvieran asociadas a la cartografía oficial. La modificación fue de una única etapa y contó con el concurso de proveedores privados de *software* para llevarla adelante.

La mejora de exactitud del dato base fue sustantiva. Para ilustrar con algunos números: *Ordnance Survey* redujo el error medio cuadrático de datos rurales 1:2.500 desde 2.8 m a 1.1 m. Los desplazamientos típicos fueron inferiores a 2.5 m, aunque hubo casos de 10 m. En EE. UU. la reducción llevó el error a 3.8 m en datos que ocasionalmente tenían errores planimétricos de 150 m (Broome *et al.*, 2003).

Llamativamente, el problema del desplazamiento masivo de los objetos geográficos en una cartografía, no parece haber despertado el interés de la academia. La consulta en Google Académico con los términos: *positional, accuracy improvement*, da sólo 74 referencias (con comillas y una vez retiradas las relacionadas con robótica). Podría pensarse que los académicos consideran la calidad de los datos un problema «meramente técnico», concentrándose en el uso de los datos y no en su recolección.

14.3.2 Qué debe hacerse, y qué no

La capacidad para el usuario de combinar capas de información obtenidas de diferentes orígenes, la «desagradable» sorpresa de descubrir que la geometría no es coherente, y la confirmación (con instrumental y técnicas adecuadas), que los niveles de exactitud geométrica declarados por los productores no son los esperados, ha provocado la necesidad de explorar soluciones técnicas para reducirlos o resolverlos.

La primera (y más obvia) es intentar operar con los datos como están, ignorando el problema (Timms *et al.*, 2003). Para algunas aplicaciones y escalas puede ser tolerable, pero no lo es cuando el dato de base se actualiza frecuentemente con información de campo recogida con GNSS, ni cuando deba utilizarse de forma simultánea con información de terceras partes que tenga una exactitud planimétrica muy superior.

La segunda alternativa es intentar reparar manualmente caso por caso la información propia o de terceros, intentando disimular las discrepancias más evidentes. Hay varios comentarios y objeciones que se pueden plantear a esta estrategia. La primera es que, efectivamente, esta alternativa puede resultar en alguna medida efectiva en el corto plazo. Desafortunadamente es poco eficiente: si se esperan actualizaciones de la cobertura A, todo cambio realizado deberá repetirse cuando llegue la nueva versión. Aún cuando no se actualice con frecuencia, cada usuario de la cobertura A tendrá el mismo problema, y si lo resuelve manualmente se generarán tantas instancias geoméricamente incompatibles entre sí de A como usuarios existan. Si además, la cobertura A se usa como referencia geométrica para construir una cobertura B, las modificaciones geométricas que se realicen en A deberán replicarse (manualmente...) también en B. Esta alternativa, si bien factible, tiene demasiadas consecuencias negativas. Más adelante se propondrán otras opciones.

En el enfoque inglés, lo más conocido han sido las consecuencias del lado del usuario final, y poco se ha dicho sobre cómo se procedió (aunque se presume que fue con trabajo manual). El problema que se le plantea al usuario (que se denominará Ulises) es que, para fines propios, ha generado sobre la base cartográfica del OS nuevas coberturas con datos propios. Cuando el OS le envía la actualización de datos, comprueba con sorpresa que sus datos han dejado de ser compatibles con la base. ¿Qué alternativas se le presentan a Ulises? La primera es rechazar la actualización. Eso lo dejaría temporalmente operativo, pero a medio y largo plazo no es una situación sostenible ya que no podría actualizar sus propios datos. La siguiente alternativa es aceptar la actualización, y afrontar personalmente el esfuerzo de transformar sus datos a la nueva base geométrica. Esto es muy costoso y, además, problemático. El OS liberaba las actualizaciones por sectores, por lo que durante algún tiempo la geometría no era continuamente variable en todo el territorio, sino que en la frontera entre actualizado/sin actualizar había problemas. Una vez decidido (o resignado) a aceptar las actualizaciones, Ulises tenía que tomar decisiones políticas: esperar a que el OS completara la cobertura de toda la región de su interés, o ir adaptando progresivamente sus datos a la nueva cartografía a medida que se iban liberando actualizaciones.

Sin entrar en más detalles, es posible señalar que el proceso se ha completado recientemente y ha sido una experiencia pionera a nivel mundial. Debe señalarse que, si bien es una alternativa válida a la confluencia, no resuelve completamente el problema, ya que aún con tolerancias GNSS los objetos en los dos mapas no tienen por qué coincidir exactamente. Por cierto, podría ocurrir que esas tolerancias ya aseguraran el ajuste, si es que el dispositivo de despliegue considerado no es capaz de resolverlas. Así, si el mapa se despliega en un dispo-

sitivo con resolución de 10 m (por ejemplo, una pantalla de ordenador a un *zoom* dado), logrando que los mapas a conflacionar tengan exactitudes del orden de 5 m prácticamente asegura que serán adecuados.

Teniendo en cuenta la experiencia existente y las objeciones metodológicas que pueden plantearse, es posible establecer requisitos para un ProMEP en términos de resultados y servicios. Un ProMEP debería lucir como un servicio web público que, ingresando un archivo pre-ProMEP (con un linaje bien identificado), fuera capaz de procesarlo moviendo todos los puntos, líneas y polígonos, con una función de transformación única. Al ser única y centralizada, se facilitaría además la aplicación de transformaciones ulteriores, con nueva información de coordenadas aún más exactas si las hubiere. En la experiencia inglesa no fue así, quizá debido a que se hicieron simultáneamente una transformación geométrica y una actualización, conjunto que claramente no podía ser modelado simplemente como una transformación. Para la correcta operativa podría ser importante además, poder «marcar» el archivo indicando que ya se ha transformado, evitando así errores.

El ProMEP debería producir datos con una reducción sensible del error en relación a observaciones GNSS. Esto podría medirse con métricas estándar del estilo de las descritas por el FGDC (1998), o en función de otras no estándar (desplazamiento máximo, percentil 95%, etc.). La transformación matemática debería publicitarse ampliamente con fines de auditoría, y para habilitar eventualmente el concurso de múltiples proveedores de *software* que la implementen. No tiene por qué tomar ninguna expresión en particular: podría ser analítica o derivarse de una solución numérica. Su caracterización debería ser objeto de investigación específica.

Al igual que en el caso inglés, para definir la transformación deberían suministrarse (en la medida de lo posible) las coordenadas de un conjunto grande de objetos y sus homólogos, convenientemente catalogado con metadatos estandarizados. Estos objetos podrían ser puntos (como en el caso inglés) o incluir también poligonales o polígonos. En la descripción de linaje, debería indicarse el procedimiento de captura o generación, el nivel de exactitud que se espera de las coordenadas finales así como toda otra información que se requiera en el estándar. Para la obtención de los miles de puntos homólogos, sería posible utilizar ortofotos de alta exactitud y escala adecuada, no siempre disponibles, recorridos con GNSS diferenciales por rutas y calles, etc. Será necesario también investigar algoritmos para la generación de puntos pseudo-homólogos en aquellas zonas rurales o suburbanas en que la presencia de objetos geográficos discernibles simultáneamente en campo y en cartografía, no es suficiente.

Según indican Hope *et al.* (2006), siguiendo la línea de la norma ISO19113, el sistema debería además ser capaz de producir también una cobertura que describa la variación espacial esperada de la exactitud geométrica, con el fin de orientar al usuario sobre las limitaciones de la transformación aplicada. Timms *et al.* (2003), señala lo útil que hubiera sido disponer de información relativa al error de las coordenadas del objeto de partida, ya que

afecta a la función de transformación local. Por ello, una etapa temprana del trabajo debería ser una caracterización fina del error inicial existente en la cartografía de referencia.

14.4 Conclusiones

En un proceso de implementación de una IDE del siglo XXI, hay que considerar mecanismos para acondicionar los datos existentes de forma que se permita su completa interoperabilidad. Los problemas geométricos son uno de los más notorios, pero también existen otros. En la práctica no hay alternativas mágicas: no es posible descartar toda la información existente y recopilar otra nueva, ni tampoco es posible ignorar la existencia de instrumental y técnicas GNSS capaces de dar coordenadas absolutas con exactitudes sólo alcanzables en el pasado por campañas geodésicas. Tampoco la corrección manual caso a caso es una alternativa, ya que debe mantenerse la consistencia entre coberturas del mismo linaje.

En estos temas son escasas las experiencias internacionales, y la documentación existente es poco profunda. Hay muy poca investigación específica. A pesar de ello puede establecerse que: a) hay que proveer de mecanismos a los usuarios para que tomen decisiones informadas; b) hay que ofrecer información y asistencia técnica para la migración de las coberturas propias; c) es necesario el concurso de expertos en la organización; d) no deben subestimarse las dificultades. Numerosos aspectos del proyecto requerirán el concurso de expertos en otras materias (matemáticos, estadísticos, etc.) y de investigaciones específicas, lo que llevará tiempo y deberá planificarse [137].

Teniendo en cuenta las ventajas de la experiencia previa, parece imprescindible ofrecer servicios públicos gratuitos para asistir a la aplicación de la transformación geométrica, uniformizando así los resultados. Esto permitirá además ulteriores ajustes y refinamientos. El ProMEP debe diseñarse en etapas, abordando primero la caracterización de las coberturas de referencia básica (errores, fecha de actualización, linaje, etc.); la generación previa de una cobertura de ortoimágenes de alta exactitud (con «alta» en relación a la cartografía de referencia); la generación de los *link files* o equivalentes con poligonales y polígonos; la investigación en la forma funcional de la transformación matemática; la capacitación y difusión del proyecto y, finalmente, la implementación de los servicios web.

CAPÍTULO 15

LA AUTENTICIDAD E INTEGRIDAD DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

M^a Victoria Álvarez-Gamio¹, Carlos López-Vázquez², Marta Stiefel³

¹Universidad ORT, Uruguay

²Laboratorio LatinGEO del Servicio Geográfico Militar y la Universidad ORT, Uruguay

³Infraestructura de Datos Espaciales de Santa Fe, Argentina

¹valvarez@adinet.com.uy, ²carlos.lopez@ieec.org, ³mstiefel@santafe.gov.ar

Resumen. La sostenibilidad de una IDE está fuertemente ligada a la posibilidad de ofrecer datos y servicios con garantías sólidas para que las diferentes partes puedan operar con ellos con seguridad. De esta manera sería posible emitir certificados digitales basados en la información, brindando geoservicios para los ciudadanos con validez jurídico-administrativa. Esta es una necesidad fundamental, aún no resuelta satisfactoriamente, para la implantación de gobiernos electrónicos sostenibles a los que aspira la sociedad actual. La formulación de una IDE representa serios desafíos, siendo varios los aspectos que deben tenerse en cuenta para su creación. Uno de los factores que podrá determinar su éxito o fracaso es el nivel de confianza de los usuarios en cuanto a los datos que brinda. La confianza es una composición de muchos atributos diferentes: confidencialidad, no-repudio, integridad y calidad de los datos. En los sistemas de recuperación de información (*Information Retrieval Systems*) merece especial cuidado la elaboración de protocolos y políticas que permitan asegurar su confiabilidad. Disponer de datos actualizados y de calidad permitirá la toma de decisiones acertadas, y propiciará la confianza en la IDE. Además de los componentes específicos que determinan la calidad (como completitud, exactitud y vigencia del dato), se deben considerar la *integridad* y la *autenticidad* como elementos a garantizar en una transmisión vía Internet. Desde el punto de vista tecnológico, el desafío consiste en garantizar la integridad del dato durante su transmisión y generar métodos que permitan comprobar la autenticidad de los datos geográficos después de su descarga o adquisición. La *integridad* de un dato significa que es correcto y está completo. Se considera 'correcto' si refleja con exactitud la realidad que intenta replicar y 'completo' si contiene toda la información necesaria para ello. La *autenticidad* implica que el dato se creó por el llamado autor, y que no se ha alterado desde ese momento. Para abordar estos problemas en datos generales se han desarrollado técnicas de criptografía y de marcas de agua digital. Para el caso de la integridad en la transmisión de datos de distinto tipo, ya se cuenta con soluciones de uso comercial, ampliamente difundidas, como las tecnologías de firma digital. En el caso de la autenticidad, y específicamente de información geográfica, el problema aún no se ha resuelto en todos los aspectos, aunque existen soluciones parciales en el área de imágenes y algunas investigaciones científicas con resultados prometedores para datos vectoriales.

Palabras Clave: Integridad, Autenticidad, Marca de Agua, Firma Digital.

15.1 Introducción

Las IDE posibilitan que los consumidores de información geográfica puedan encontrarla, evaluarla y acceder a ella. Si se dejan de lado los detalles relativos a la geografía, se puede decir que las funciones más simples que se piden a las IDE son similares a las de los buscadores tradicionales. A efectos administrativos, es clara la necesidad de que la IG presentada desde una IDE (datos, metadatos y servicios), cuente con idéntica validez que la documentación original en su soporte papel, garantizando un servicio electrónico al ciudadano también en el campo de la IG oficial. La IDE, como infraestructura de base, debe proveer mecanismos idóneos para lograrlo. A modo de ilustración se puede preguntar: ¿qué utilidad tendría Internet sin transacciones seguras? Cuando la IDE disponga de transacciones seguras ¿su uso explotará como lo ha hecho Internet al permitir el comercio?

Un ciudadano que descarga información de una parcela, como la ubicación espacial, la superficie del terreno, las restricciones para construcción (retiros, altura máxima, afectaciones, etc.) y planifica un emprendimiento urbanístico sobre esos datos, ¿cómo le garantiza a un posible inversor que la información que maneja es la que aparece en la página oficial de las oficinas de Catastro y Municipio de la ciudad?, ¿cómo se asegura un inversor de que los datos que le presentan son reales y no está siendo víctima de una maniobra fraudulenta?, ¿cómo puede cerciorarse la oficina de Control de Edificaciones del mismo Municipio de que el plano base del proyecto que recibe — solicitando permiso de construcción — es el original y no ha sido alterado? Para que la información brindada a través de las redes sea realmente útil, es necesario contar con un mecanismo que permita garantizar su integridad, y asegurar su autenticidad. Este mecanismo debe operar a nivel de la IDE (para datos ‘crudos’) pero fundamentalmente a nivel de los servicios al cliente que usen datos de la IDE, y sin que éste lo note.

En el presente capítulo se tratará el tema relacionado al aseguramiento de la integridad y la autenticidad de IG, cuya importancia fue advertida hace ya una década (McGlamery, 2001) y se ha visto renovada con el surgimiento de las IDE (Tóth, 2006). En una primera parte se aclaran ambos conceptos y se dan algunos casos de aplicación práctica. Posteriormente se presentan posibles abordajes tecnológicos mediante la aplicación de técnicas de firmas digitales y marcas de agua.

La Dirección General del Catastro de España (DGC) ha implantado una solución para la verificación de integridad y autenticidad de los certificados catastrales electrónicos que emite a través de la Oficina Virtual de Catastro (OVC) [138]. Se basa en el sistema de Código de Verificación Electrónica (CVE) [139] que se utiliza también en otros organismos españoles como el BOE y la Agencia Tributaria. Consiste en generar un código de seguridad que se incrusta en el certificado y queda visible para el portador. De cada certificado emitido se guarda un duplicado en un servidor seguro. Se ofrece un servicio en línea de comprobación de autenticidad, mediante el que al introducir un CVE válido se muestra en pantalla una imagen del duplicado. La verificación de autenticidad se logra mediante la comparación

visual entre el certificado emitido y la copia conservada en la OVC. Estos certificados tienen una vigencia máxima de un año, tiempo durante el que se requiere almacenar y preservar sus duplicados. Si bien, desde el punto de vista tecnológico no es una solución muy sofisticada, logra los objetivos requeridos para esa aplicación aunque con el subsiguiente coste de mantener un gran volumen de datos durante un largo período. La solución no es aplicable a operaciones entre ordenadores sin participación humana directa.

15.1.1 Autenticidad e integridad

La explosión de las tecnologías web y la banda ancha han posibilitado el desarrollo de geoservicios por parte de las IDE para brindar información geográfica vía Internet, aspecto que se desarrolla más adelante en el libro. La distribución de IG por esta vía ha proliferado, por lo que aparecen requisitos de seguridad relacionados con el hecho de prevenir posibles modificaciones maliciosas de datos, así como de asegurar que lleguen correctamente al receptor que los solicita.

El usuario necesita tener la garantía de que los datos a los que está accediendo son fiables y puede utilizarlos sin riesgos. Se debe garantizar su integridad durante la transmisión y permitir comprobar su autenticidad tras la descarga.

Los términos autenticidad e integridad, aunque suelen utilizarse de forma indistinta, no son sinónimos en el sentido estricto de su significado y existen diferentes interpretaciones de los mismos. Según Lynch (2000), son propiedades de los datos difíciles de alcanzar y de definir con precisión. En su análisis propone definiciones apropiadas al campo de la información digital. Probar **la autenticidad** es validar que el dato es realmente lo que dice ser. Ello implica poder comprobar, por ejemplo, que determinada información se ha brindado efectivamente por el organismo oficial del que dice provenir y que no ha sido modificada o falseada. Nótese que el tema de su semejanza con la realidad no aparece, ya que un dato erróneo puede ser auténtico. Por otra parte probar **la integridad** se refiere a validar que el dato permanece completo y correcto, y que no está adulterado. Un dato podría ser íntegro pero no auténtico: se puede concebir una situación en la que la integridad de la información se valida a través de una función de Comprobación de Redundancia Cíclica (CRC). En ese caso, podría alterarse la información (corrigiendo un error detectado, por ejemplo), recalcular el CRC y presentar ese nuevo conjunto, que parecería íntegro pero ha perdido la autenticidad.

Los problemas relacionados con la seguridad de la transmisión de la información se han resuelto a través de tecnologías basadas en criptografía (Schneier, 1996) — por una referencia ya clásica—, que permiten cifrar el mensaje que se está transmitiendo mediante una serie de claves y descifrarlo luego por parte de un usuario que posea la clave adecuada. De esa manera es posible asegurar la confidencialidad, integridad y autenticidad del dato durante la transmisión, pero una vez que se descifra el mismo y está en manos del usuario ¿cómo puede éste verificar (o asegurarse) que no ha sido alterado?

15.1.2 Posibles aplicaciones prácticas de métodos de autenticidad de la IG

Asegurarse de la autenticidad de los datos brindados por una IDE permitiría la emisión de certificados relacionados con información geográfica a través de Internet.

Las posibilidades son muchas, y algunos casos de uso representativos podrían ser los siguientes:

- *Certificado de Domicilio.* En distintos países existen organismos encargados de adjudicar y mantener los datos de los domicilios oficiales. Esta información es de interés de empresas y ciudadanos. Las empresas proveedoras de servicios básicos a la comunidad (energía eléctrica, agua corriente, telefonía, etc.) deben acceder a listas de domicilios válidos para su adjudicación. Normalmente requieren el listado de domicilios georreferenciados para alimentar sus propios sistemas y procesar la ubicación de sus clientes. La vía para obtenerlos es, generalmente, a través de archivos electrónicos en medios físicos, directamente en la oficina que actúa de fuente. Esto garantiza la autenticidad e integridad de los datos, pero resulta muy lento y podría perder vigencia rápidamente dependiendo de la dinámica de cambios en sus valores. Los ciudadanos también consumen estos datos directamente, por ejemplo, al requerir certificados de domicilio válido para realizar trámites ante organismos públicos o privados. Acceder a ellos implica poner en práctica mecanismos burocráticos y administrativos lentos y que no contemplan posibles urgencias. Un método que permita asegurar la autenticidad de las entidades geométricas que representan esta información, tanto para el caso del archivo completo como para un determinado objeto geográfico, habilitaría la posibilidad de gestionar certificados de domicilio válidos vía Internet.
- *Inversión segura en el mercado inmobiliario.* Las normas de ordenamiento territorial establecidas por las autoridades de una localidad (factores de uso del suelo, retiros exigidos, altura máxima permitida, etc.), determinan las posibilidades de edificación y establecimiento (o no) de diferentes tipos de actividad para cada parcela. Dichas normas son de gran interés para los inversores, dado que, antes de instalarse en un lugar, deben asegurarse que se les permitirá realizar las intervenciones que su emprendimiento requiera (instalación de plantas de producción, torres comerciales, edificios de vivienda, etc.). Son de interés también en el mercado inmobiliario que gira en torno a la compra-venta de tierras, tanto para emprendimientos financieros como para viviendas particulares. La reglamentación del ordenamiento territorial puede consultarse personalmente en la oficina encargada, y también a través de sus servicios web. Hasta ahora, la impresión de estas consultas web carecen de validez jurídico-administrativa debido a la imposibilidad de probar su autenticidad, por lo que no representan garantías para el inversor. La emisión de un 'certificado de información territorial' de la parcela a través de redes públicas como Internet, utilizando un método que asegure la autenticidad del mismo, permitiría garantizar a los posibles compradores que la información consultada es verdadera y no surgirán problemas en posteriores trámites de edificación, brindando así protección ante posibles maniobras fraudulentas y favoreciendo el clima de confianza del mercado

inmobiliario. El desafío tecnológico es la creación de un método que permita certificar la autenticidad de dicha información.

- *Responsabilidad legal sobre los datos.* La responsabilidad sobre la fidelidad de la información que se ofrece en una IDE y en los SIG en general, es un tema que preocupa e interesa tanto a productores como a usuarios de IG, puesto que su uso está fuertemente vinculado a la toma de decisiones. La existencia de errores y la falta de exactitud podrían acarrear decisiones equivocadas con efectos negativos para los interesados, causando daños económicos o de otra índole. ¿Quién sería responsable de estos daños? Puede pensarse, por ejemplo, en los servicios de transporte de carga o pasajeros, que deben dirigirse primero al punto donde se encuentra la carga y llevarla al lugar de destino, determinando las rutas mediante un sistema informático de localización. Si no se llegara a tiempo al lugar donde debe retirarse un paquete que debe entregarse con urgencia, se podría ocasionar serios inconvenientes. Más grave aún sería el caso de un servicio de emergencia médico móvil, donde la vida de personas puede depender no sólo de la exactitud sino de la velocidad de respuesta. Un error en la IG que sirve de guía a la ambulancia podría dirigir al equipo médico a un sitio equivocado, y no brindar así asistencia médica por completo o bien no hacerlo en el momento adecuado. Ante una demanda penal por incumplimiento, sería muy difícil determinar la responsabilidad. ¿Es de la empresa que ofrece el servicio? ¿Es de la empresa que desarrolló el servicio de localización? ¿Es del proveedor de IG? Para cualquiera de estas empresas, podría ser de interés la contratación de una póliza a compañías aseguradoras, de la misma forma que se asegura que un vehículo puede tener un fallo mecánico. No es imprescindible que el dato sea perfecto, y las aseguradoras manejan rutinariamente tablas de probabilidad de falla para los bienes asegurados. Aunque es improbable que alguien falsifique un automóvil es posible, en cambio, que se falsifique y/o se altere un dato catastral. Para poder cubrir los riesgos, las aseguradoras deberían exigir alguna forma probatoria de la autenticidad de la información que manejan sus clientes, aspecto crucial para deslindar responsabilidades. Un método que permita garantizar la autenticidad de objetos geométricos haría factible la oferta de seguros que favorecerían la actividad empresarial del sector, reduciendo así los riesgos de pérdidas económicas por demandas y generando niveles de confianza adecuados en los proveedores de información. Epstein *et al.* (1998) han realizado un análisis específico y pionero en este tema, al que se remite al lector interesado.

15.2 Tecnologías implicadas: firma digital y marca de agua

Según Tripton y Krause (1998), las tecnologías de verificación de autenticidad de datos comúnmente utilizadas en comercio electrónico se basan en la autenticación de usuarios y firma digital, para comprobar la autenticidad de archivos. Usadas en conjunto, constituyen una solución completa que incluye tanto la generación como la transmisión de información. Pero en el marco de la IG, la autenticación de un archivo completo no sería el

problema típico ya que se suele operar con objetos geográficos por separado. Tampoco serían útiles en aplicaciones geográficas desarrolladas para dispositivos móviles, que consultan datos únicamente de los objetos que se encuentran en una zona cercana a su ubicación. Por último, no siempre es factible asegurar la disponibilidad de conexión directa a Internet para consultar con las entidades certificadoras.

Para las aplicaciones a desarrollar en el marco de una IDE, se debería diseñar una solución que opere a nivel de objeto geográfico, insertándole información que no afecte la posibilidad de utilizarlo y, a la vez, permitiendo la comprobación de la autenticidad del mismo sin asumir quizás una conectividad permanente.

Como se ha visto en los capítulos previos, los datos espaciales pueden representarse con modelo raster o vectorial. Un tipo de dato raster es esencialmente una imagen digital constituida por celdas de tamaño regular, cada una de las cuales representa un valor de una única variable. En el modelo vectorial, las características geográficas se representan mediante los límites, manteniendo la geometría de las figuras, que pueden representarse como puntos, líneas o polígonos, siempre asociados a un registro en una base de datos que describe sus atributos. Los métodos a aplicar para garantizar la autenticidad serán diferentes para cada uno de estos tipos de datos, ya que son estructuralmente muy distintos.

Las técnicas para verificación de autenticidad de imágenes han tenido un fuerte desarrollo en los últimos años debido a su importancia para las aplicaciones multimedia, cuyo uso se ha extendido prácticamente a todas las áreas de la vida. Esto ha ocasionado un creciente interés por la protección de imágenes ante intentos de manipulación maliciosa, puesto que podrían derivar en decisiones equivocadas. Por ejemplo, una decisión equivocada en la cirugía de un paciente, en el riego de una plantación o en la venta de una propiedad, pueden ocasionar importantes desventajas desde el punto de vista sanitario, social, económico e incluso político-militar. Para los datos raster existen diferentes propuestas, algunas basadas en criptografía tradicional y otras en marcas de agua. Basándose en el hecho de que para algunas aplicaciones es posible y a veces necesario tolerar ciertos tipos de manipulaciones sobre las imágenes existe, además, un enfoque basado en firmas digitales del contenido de la imagen. Este enfoque se refiere a marcar la autenticidad no de todo el archivo sino solamente del contenido que importa. De esta forma, cualquier alteración de bits que no afecte a la información trascendental no se tendría en cuenta en el control de autenticidad.

Haouzia y Noumeir (2008) realizan una extensa compilación y comparación de las técnicas emergentes, que si bien se refieren a imágenes genéricas son aplicables a datos raster. Estos autores proponen una clasificación en autenticación **estricta** o **selectiva**. La **estricta** se refiere a aplicaciones en las que no se admite ningún tipo de modificación de la imagen original, ni siquiera su compresión o cambio de formato. Por otra parte, la autenticación **selectiva** soporta la realización de algunas operaciones que se considera que no alteran sustantivamente el contenido.

En el área de datos vectoriales, en cambio, son escasos los trabajos relacionados con la verificación de autenticidad. Además de falta de propuestas tecnológicas hay carencias en cuanto a definiciones. Por ejemplo, Niu *et al.* (2006) señalan que no se ha propuesto formalmente aún una manera de cuantificar la invisibilidad de las marcas de agua en datos vectoriales, aspecto importante ya que los datos con información de autenticidad incorporada deben lucir como los originales. Muy recientemente se han publicado algunos resultados de incipientes investigaciones (Zheng y You, 2009; Wang *et al.*, 2007 y Zheng *et al.*, 2010), que si bien muestran un avance en la temática están aún lejos de presentar una solución al problema. Estas propuestas plantean la inserción de cierta señal en los datos que pueda verse y se destruya cuando el dato se modifique, utilizando técnicas de marca de agua o firma digital. Estas líneas se abordarán con más detalle en las próximas secciones.

15.2.1 Criptografía y firma digital

Afirma Schneier (1996) que la firma digital hace referencia, en la transmisión de datos a través de servicios web, a un método criptográfico que asocia la identidad de un proveedor (servidor) al dato que se transmite. La técnica se basa en la Criptografía, ciencia que estudia técnicas de cifrado y descifrado de datos mediante procedimientos especiales y se emplea frecuentemente para garantizar el secreto en la comunicación entre dos entidades.

Según Tripton y Krause (1998) la base tecnológica de la firma digital se fundamenta en el uso de algoritmos de criptografía asimétrica. Éstos a su vez, basan su funcionamiento en un par de claves llamadas clave pública y clave privada, con la peculiaridad de que la información cifrada con una clave, sólo puede descifrarse con la otra del mismo par. La clave pública se exhibe y transmite a cualquiera que la solicite; la privada se mantiene estrictamente en secreto. Ambas son matemáticamente dependientes entre sí, pero no es posible inferir la clave privada a partir de la pública. (fig. 15.1)

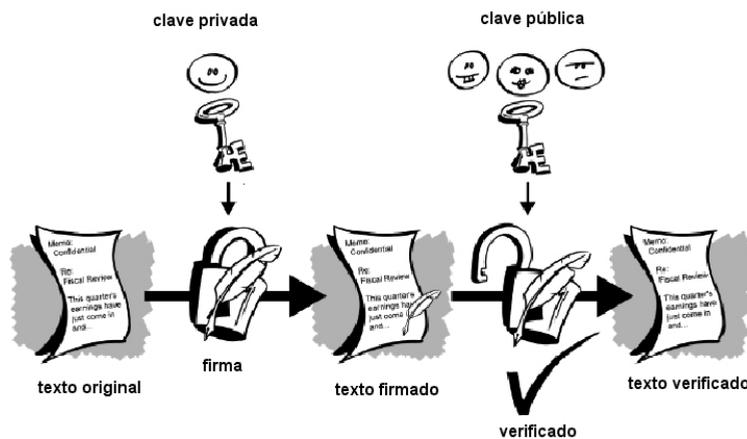


FIGURA 15.1. Esquema de funcionamiento del uso de claves públicas y privadas (Fuente: adaptado de Zimmermann, 1999)

En una situación típica de uso de criptografía, dos partes: Alicia y Bruno, se comunican a través de un canal inseguro, como por ejemplo Internet. Ambos necesitan garantizar que su comunicación no se comprenda por otros que estén escuchando (confidencialidad). Además, como se encuentran en lugares remotos, Alicia necesita estar segura de que la información que le envía Bruno no se modifique por un tercero durante la transmisión (integridad), y también quiere asegurarse de que la información proviene realmente de Bruno y no de alguien que esté haciéndose pasar por él (autenticación). Para asegurar la confidencialidad, Alicia le enviará información cifrada con la clave pública de Bruno, de tal forma que sólo él, que posee la clave privada correspondiente, podrá descifrar la información. A su vez, cuando Alicia recibe información cifrada con la clave privada de Bruno puede estar segura de que fue él y no otra persona la que se la envió, ya que dispone de la clave pública de Alicia.

Una firma digital consiste en un bloque de datos que se adhiere al mensaje para autenticar la identidad del remitente y ayudar a proteger la integridad de la información transmitida. Tripton y Krause (1998) recomiendan que ellas deben generarse de tal manera que no sea factible su falsificación y que pueda, a su vez, verificarse tanto por el receptor del mensaje como por terceras partes (por ejemplo un juez).

Para firmar digitalmente un mensaje Alicia aplica un algoritmo de hash al mensaje para obtener una síntesis (*message digest*), que luego Alicia cifra con su clave privada. Según Schneier (1996), una función de *hash* es un algoritmo matemático que toma como entrada una cadena de bits de longitud arbitraria y produce un resultado de tamaño fijo (fig. 15.2). Si se aplica una función de *hash* a un párrafo de texto sin cifrar y luego se cambia sólo una letra del párrafo, el valor de *hash* subsiguiente producirá un valor muy distinto. La función de *hash* ideal se diseña para que sea imposible (o muy difícil) lograr que dos documentos distintos tomen el mismo valor de *hash*. No tiene función inversa, puesto que dado que el valor de *hash* no es posible recrear el documento de partida. Estas funciones resultan útiles para comprobar si se han modificado los datos

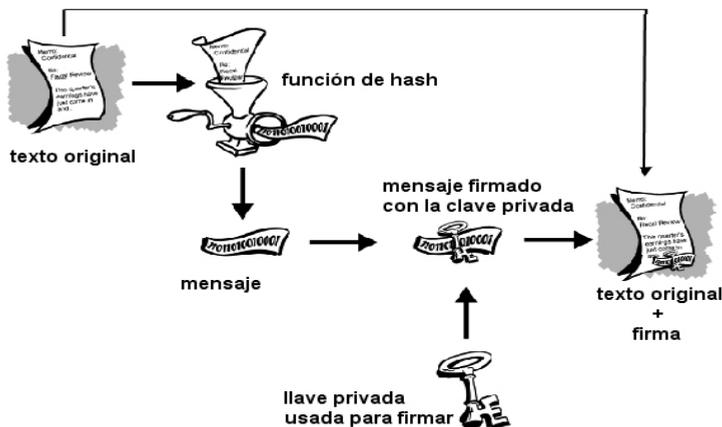


FIGURA 15.2. Esquema de funcionamiento de una firma digital (Fuente: adaptado de Zimmermann, 1999)

Así Alicia genera su firma personal, la que se enviará junto al mensaje. Bruno recibe dos archivos encriptados: el mensaje y la firma. Con la clave pública de Alicia descifra la firma y el mensaje, luego aplica al mensaje la misma función de *hash* que utilizó antes Alicia, y compara los resultados. Si la función de *hash* aplicada al mensaje que calcula Bruno coincide exactamente con la que recibió de Alicia, entonces puede estar seguro de que el mensaje proviene del poseedor de la clave privada y de que no se han modificado los datos. Si Bruno confía en que Alicia es la poseedora de la clave privada, sabe que el mensaje proviene de ella. Debe tenerse en cuenta que cualquiera puede comprobar una firma digital ya que la clave pública del remitente es de dominio público. Este método no mantiene el secreto de la comunicación, ya que siempre se sabe de la existencia del mensaje; la confidencialidad del mensaje se logra al transmitirse encriptado.

Indirectamente, la firma digital también garantiza el no-repudio, ya que quien firma no puede negar haber sido quien envió el mensaje. Por esto Tripton y Krause (1998) afirman que las firmas digitales se pueden utilizar en contratos electrónicos, órdenes de compra y otros documentos jurídicamente vinculantes con igual validez que las firmas manuscritas. Además pueden utilizarse para autenticar *software*, imágenes, datos, usuarios, etc.

El uso de esta técnica es muy común en el comercio electrónico. Sin embargo, el esquema introduce el problema denominado *trust management*, que se refiere a la consideración acerca de cómo estar seguro de que la clave pública que se usa pertenece realmente al destinatario correcto y no se es víctima de una situación de ataque de ‘hombre en el medio’. Según describen Niu *et al.* (2006) este tipo de ataque sucede cuando un tercero (el atacante) envía su clave pública, engañando al emisor y situándose en medio de la comunicación entre dos partes sin que ninguna de ellas conozca que el enlace entre ambas ha sido violado. En el escenario de aseguramiento de autenticidad de la información, un ataque de hombre en el medio intentará falsear una firma o identidad de un emisor para hacer creer a la otra parte que los datos que envía, (posiblemente adulterados) son los auténticos y no han sufrido modificación alguna.

El problema se soluciona mediante el uso de certificados digitales emitidos por Autoridades Certificadoras (AC), que confirman que las partes involucradas son en realidad quienes dicen ser. Para la gestión de certificados digitales y aplicaciones de la firma digital, las AC implementan Infraestructuras de Clave Pública en la actualidad, conocidas como PKI por sus siglas en inglés (*Public Key Infrastructure*).

Un esquema de PKI implica la interacción de *hardware*, *software* y la definición de políticas y procedimientos de seguridad. Lo que el usuario final nota es que se utilizan protocolos *Secure Socket Layer* (SSL), o su sucesor *Transport Layer Security* (TLS), para la comunicación segura¹.

El uso de tecnologías de firma digital se utiliza ampliamente en el comercio electrónico en general para garantizar la integridad de la información durante su transmisión a través de

(¹) Cuando el usuario accede al sitio es dirigido a una URL que comienza con https, en vez de http

redes públicas como Internet. Para el caso de la verificación de autenticidad existen distintos escenarios y al menos en alguno de ellos será importante contar con un protocolo (López, 2004), y AC que permitan al juez dirimir la situación. Por ejemplo: cuando se trate de definir la responsabilidad legal sobre los datos o de tener garantías sobre la información para realizar inversiones e, incluso, cuando se trate de obtener diferentes certificaciones vía web. Otras situaciones que podrían no requerir el aval de AC son consultas de servicios disponibles en las cercanías de una ubicación realizadas a través de dispositivos móviles.

15.2.2 Marcas de agua digitales

Una forma sencilla de distribuir información acerca de los datos que permita conocer detalles de su obtención, forma de procesamiento o incluso poder detectar si éstos son auténticos o se modificaron, es incrustando una marca o mensaje como parte de los propios datos. De esta forma, se transmiten en un mismo archivo los datos originales y el mensaje extra, el conocido como marca de agua, que puede ser visible o no. Una marca invisible pasa desapercibida y en teoría no afecta en lo más mínimo el uso de los datos. La técnica de marca de agua se basa en la Esteganografía, disciplina que estudia las prácticas que permiten transmitir información secreta embebida en un mensaje de texto, imagen, video o un objeto digital cualquiera que oficia de portador, de manera que la presencia de la misma pase inadvertida. A diferencia de la Criptografía en la que el mensaje cifrado se nota claramente, aquí la información está inmersa sutilmente en un objeto que luce como normal; la información escondida sólo puede revelarse aplicando un procedimiento adecuado. La potencia de la Criptografía radica en la imposibilidad de comprender el mensaje que se envía, mientras que en la esteganografía está en el desconocimiento de la existencia de un mensaje oculto dentro de otro. En el primer caso la existencia del mensaje secreto no se oculta, mientras que en el último sí.

Aplicado al campo informático, puede pensarse en la siguiente situación: sería posible tener acceso a un mensaje cifrado interviniendo clandestinamente en su transmisión pero aún así no se podría obtener información alguna sin conocer la clave de cifrado (si la criptografía ha cumplido su cometido). En cambio, al acceder a un mensaje marcado mediante una técnica esteganográfica se puede leer su información pero (idealmente) no la marca oculta. No se podría siquiera tener la certeza de si existe o no un mensaje oculto dentro de él, a menos que se conozcan y apliquen el algoritmo y la clave apropiados. Hay otros usos de las marcas de agua (históricamente muy importantes) que hacen exactamente lo contrario: insertan información visible. Como ejemplo, las marcas en los billetes de banco, que tienen como objetivo indicar la autenticidad del mismo.

En lo que sigue se tratará el caso del mensaje secreto.

Las marcas de agua digitales se insertan en objetos, modificando los bits que constituyen el archivo para marcarlos con mensajes de identificación del autor, números de serie o datos del propietario, por ejemplo.

Lynch (2000) asevera que esta técnica tiene muchas aplicaciones, como la protección contra copias, autoría, propiedad, trazabilidad y autenticidad. Niu *et al.* (2006) señalan que es aplicable a distintos tipos de datos: imágenes, audio, video, texto, códigos de barra, modelos 3D, vectoriales 2D, *software*, etc. En general, la mayor parte de los trabajos conocidos se han desarrollado sobre datos multimedia: imágenes, audio, video, modelos 3D y muy escasamente sobre otros tipos de datos como cartografía (Horness *et al.*, 2007; Lafaye *et al.*, 2007; Wu *et al.*, 2009). Los datos vectoriales se han abordado apenas, y casi siempre bajo la óptica de la protección de autoría o propiedad, y no de la autenticidad. Un ataque a una aplicación de verificación de autoría o propiedad intentará borrar la marca que identifica al autor o propietario. En cambio, un ataque en una aplicación de comprobación de autenticidad intentará falsificar la marca de datos que se hayan alterado. Las características requeridas para la marca en ambos casos son diferentes. En el primero se debe utilizar una marca de agua robusta, que resista a cualquier manipulación posible, pero en el segundo caso, se requiere una marca frágil que se destruya al efectuarse cambios en los datos originales. Los ataques apuntan a inutilizar o fraguar la marca pero siempre sin destruir el dato ya que, de lo contrario, no podría utilizarse.

En un esquema general, Cao *et al.* (2010) indican que el proceso de marca de agua digital se da en tres pasos. En el primero se realiza la generación de la marca. En el segundo paso se inserta en el dato u objeto, utilizando una clave secreta para determinar en qué ubicación será incrustada. En el tercer paso del proceso, se realiza la detección y extracción de la marca para constatar su existencia y estado.

De acuerdo a Potdar *et al.* (2005) la marca de agua, una vez incrustada, puede sufrir ataques debido al procesamiento digital del dato, que puede degradarla e incluso destruirla. Los ataques pueden ser involuntarios, asociados al uso normal del dato u objeto (comprimir un raster, simplificar una poligonal) o maliciosos, buscando intencionalmente sustituir o fraguar la marca.

Las diferentes técnicas de marcas de agua digitales tienen algunas propiedades como el grado de resistencia a manipulaciones, invisibilidad, etc., que deben considerarse en el contexto específico de la aplicación. En el campo de la autenticidad, se debería utilizar una marca con las siguientes características: que sea imperceptible al observador (invisible), que no degrade la información original, que se destruya si el dato es manipulado (frágil) y que sea muy difícil (o imposible) de falsificar.

En alguna medida (y para esta aplicación), López (2002) observa que la marca de agua sería como una función *hash*; cualquier modificación del objeto, ya sea por un ataque malicioso o por edición del usuario que la descargó, debería quitarla o dañarla sensiblemente, indicando que ese ya no es el dato original.

a) Marcas de agua aplicadas a datos raster

Si bien se han logrado resultados satisfactorios en la aplicación de marcas de agua digital en el área de imágenes, el estudio del problema aplicado específicamente a IG raster es aún

insuficiente. En los últimos años, se han incrementado las iniciativas en esta área. Ver por ejemplo Haouzia y Noumeir (2008), que extienden y adaptan el conocimiento existente.

Para el caso de autenticación estricta, se aplican soluciones que utilizan marcas de agua frágiles. En la autenticación selectiva se han aplicado técnicas basadas en marcas de agua semi-frágiles que proporcionan robustez ante ciertas manipulaciones específicamente permitidas. El concepto de marca de agua semi-frágil es la combinación de técnicas robustas y frágiles que permite insertar marcas resistentes a ciertos procesamientos que se consideran válidos en el contexto de la aplicación, y a su vez detectar ataques maliciosos. Si bien Haouzia y Noumeir (2008) muestran que existen una gran cantidad de algoritmos propuestos para imágenes en general, su aplicación a los datos raster no siempre es válida. Para el caso de IG, se debe tener especial cuidado en establecer cuáles son los tipos de operaciones que resultan admisibles, incluyendo compresión con pérdida, cambio de formato, transformación a vectorial (vectorización), recorte de la imagen, etc. Nótese que este último se considera inadmisibles en el caso de imágenes en general. Por otra parte, para la IG se consideran ataques maliciosos, además de la edición, las operaciones geométricas de traslación, rotación y cambio de escala, que generalmente se admiten en la comprobación de autenticidad de imágenes en general.

b) Marcas de agua aplicadas a datos vectoriales

Dos trabajos publicados recientemente (Wang *et al.*, 2007 y Zheng *et al.*, 2010) abordan específicamente el marcado digital de archivos vectoriales para verificar la autenticidad.

Concretamente, Wang *et al.* (2007) plantean un esquema de marca reversible basada en diferencia de expansión, método que aprovecha la alta correlación existente en los datos para el ocultamiento de información de identificación. Se proponen dos técnicas alternativas: una basada en la relación entre coordenadas y otra basada en la diferencia de distancias. La principal fortaleza que destacan los autores es la reversibilidad de la marca, permitiendo reconstruir la información original a partir del archivo marcado. Presenta cierto grado de robustez ante ataques de distorsión de baja amplitud, pero es frágil a otros tipos de manipulaciones: borrado de vértices (simplificación), inserción de vértices (interpolación) y conversión de formatos.

El trabajo de Zheng *et al.* (2010) es una generalización a gráficos vectoriales de otro anterior (Zheng y You, 2009) que se enfocaba específicamente en mapas vectoriales. El algoritmo planteado modifica la información de las coordenadas, pero de cada número sólo utiliza las cifras que no afectan a la tolerancia del mapa. En su lugar, guarda información que permite reconstruir el número original junto a la marca de agua que genera, básicamente, mediante la aplicación de un hash a las coordenadas. Este proceso de marcado se hace subdividiendo el archivo en bloques más pequeños y marcando cada uno por separado, de forma que al detectar una alteración de los datos se puede también saber dónde ocurrió. Los autores realizaron pruebas experimentales del algoritmo propuesto, obteniendo resultados exitosos en la verificación de autenticidad y localización de las modificaciones realizadas a

la información. No se mencionan pruebas de resistencia a manipulaciones de ningún tipo, lo que ilustra lo poco madura que está la temática. Si bien la solución presentada actúa a nivel de bloques o secciones de un archivo, podría adaptarse al marcado a nivel de objetos geográficos. En ese caso, habría que considerar un crecimiento en el tamaño del archivo que deberá analizarse pues podría o no, ser aceptable.

15.3 Conclusiones

La importancia que representa para las IDE poder garantizar los datos que brinda, ha propiciado un reciente desarrollo de las investigaciones en esta área. Basados en soluciones empleadas para otros tipos de datos y de aplicaciones, se vienen realizando experiencias con criptografía y marcas de agua digital para la verificación de autenticidad e integridad de la IG.

La aplicación de la criptografía tradicional en el contexto de la comprobación de autenticidad ha sido extensamente estudiada y se considera madura (Tripton y Krause, 1998) en el campo de la transmisión segura de información. La técnica de marca de agua digital, en cambio, es un tema de investigación relativamente reciente que aún no presenta soluciones sólidas. Los importantes avances que se han logrado, sobre todo en el área de imágenes, hacen pensar que es una tecnología adecuada para aplicaciones de verificación de autenticidad. Los autores señalan algunas características ventajosas como la posibilidad de recuperación del dato original y la verificación a nivel de objeto geográfico, pero no estudian escenarios de ataques maliciosos o involuntarios. Se señala además, que las propiedades de fragilidad y robustez pueden manejarse de forma flexible ante los requisitos de uso, pudiendo potencialmente combinar fragilidad ante ataques maliciosos y robustez ante operaciones inofensivas.

En la elaboración de soluciones a este problema se debe considerar las particularidades de usos y formatos de la IG. Es importante definir las características requeridas y deseables de las marcas de agua para su aplicación a la autenticidad de la IG, tratando los casos de datos raster y vectoriales en forma independiente, pues responden a modelos de datos estructuralmente distintos. Su especificidad también restringe los ataques posibles, que deben caracterizarse y especificarse de forma diferenciada para datos raster y datos vectoriales.

Las aplicaciones relacionadas con la autenticidad de IG deben evolucionar mucho para brindar los servicios que se esperan de ellas, pero la utilización de las marcas de agua es alentadora en la materia.

CAPÍTULO 16

INFORMACIÓN ESPACIAL APORTADA POR VOLUNTARIOS

Fernando R. A. Bordignon¹, Yola Georgiadou², Ernesto F. Bal Calderón³

¹CEREGEO, FCyT, Universidad Autónoma de Entre Ríos, Argentina

²Facultad de Ciencia de la IG y Observación de la Tierra (ITC), U. de Twente, Holanda

³Sistema Nacional de Inversiones Públicas, Ministerio de Economía y Finanzas, Panamá

¹bordi@unlu.edu.ar, ²georgiadou@itc.nl, ³ebal@mef.gob.pan

Resumen. La sociedad está atravesando una etapa caracterizada por importantes transformaciones tecnológicas y sociales. Los aportes derivados del uso masivo de las tecnologías de la información y de las comunicaciones están impactando de manera significativa sobre la forma de vida actual. El movimiento denominado Web 2.0 ha sido un elemento catalizador que permitió cambiar la dinámica de trabajo en Internet. Hay millones de usuarios del planeta consumidores de información, organizados en comunidades de libre elección y acceso que establecen canales de comunicación horizontales y se benefician de la inteligencia colectiva y el trabajo colaborativo. Actualmente existe una importante cantidad de fuentes libres de datos geográficos y múltiples interfaces públicas para vincular datos entre aplicaciones. Esto ha permitido el surgimiento de una nueva generación de servicios geográficos en línea que han tenido una buena aceptación y uso. Muchos usuarios, sin tener una formación técnica o conocimientos previos de SIG, utilizan y crean productos que hasta hace poco tiempo eran exclusivos de los profesionales de la geografía. La amplia oferta de servicios de mapas en la red Internet ha conformado una nueva forma de interactuar con la geografía, la cual se caracteriza por la creación, edición y uso de mapas en línea por parte de usuarios comunes, con la finalidad de satisfacer necesidades personales y a la vez compartir sus datos y productos propios. Esto no implica quitar tareas a los geógrafos, sino que trata de que los usuarios comunes o no especializados en geografía puedan generar sus propios productos espaciales que satisfagan sus propias necesidades de información. Neogeografía y neocartografía son dos nuevos términos surgidos a partir de la aceptación de las aplicaciones sociales derivadas del movimiento Web 2.0 que se basan en el uso de mapas. Tales términos definen al conjunto de herramientas y técnicas que utilizan los usuarios comunes a efectos de desarrollar productos geográficos digitales de uso personal. En este contexto, se está hablando de la socialización de la geografía, a partir del hecho de que la construcción de mapas o productos geográficos básicos está al alcance de casi cualquier usuario con un mínimo conocimiento de herramientas de publicación digital, y que potencialmente, millones de personas pueden acceder a tales productos de información y servicios. El contexto descrito ha potenciado la aparición y desarrollo de una nueva comunidad de usuarios (voluntarios) dedicados a relevar y aportar información georreferenciada a múltiples proyectos. Estas contribuciones desinteresadas permiten actualizar o completar cartografía, informar sobre el estado de factores de riesgo para la salud, organizar económicamente pequeñas comunidades de productores o manejar datos sustanciales en situaciones de catástrofe, entre otras aplicaciones. Un ejemplo, que pertenece a las primeras experiencias de éxito con información geográfica

voluntaria, es el servicio OpenStreetMap (OSM) [140]. Éste es un proyecto colaborativo con la finalidad de crear mapas y datos geolocalizados libres y editables por usuarios de Internet. Los mapas de OSM se crean utilizando información georreferenciada adquirida principalmente por dispositivos GNSS móviles. La cartografía de OSM, imágenes y datos vectoriales, se distribuye bajo licencia Creative Commons. Los SIG con aporte de datos por parte de voluntarios que asisten a desastres y catástrofes en el mundo, han tenido una buena aceptación y un uso intensivo en emergencias recientes. Por ejemplo, el accidente del Golfo de México, el tsunami de Sri Lanka en 2004 o los terremotos de Chile y Haití [141] en 2010. Por otro lado, ya hay *software* libres, como por ejemplo los proyectos Sahana [142] y Ushahidi [143], que pueden utilizarse a efectos de cooperar con emergencias, en lo que respecta a la gerencia de información geolocalizada aportada por voluntarios. Si bien los beneficios de esta nueva forma de trabajo son importantes, todavía hay una serie de cuestiones abiertas que de alguna manera deberían resolverse en corto plazo. Dichas cuestiones atañen a temas tan diversos como a) saber si la gente aportará datos a iniciativas gubernamentales con la misma voluntad con que los aporta a proyectos privados o en redes sociales, b) qué preguntas debería hacerse una organización en caso de formular proyectos que involucren aportes de voluntarios, c) cómo se evaluará la credibilidad de las contribuciones, d) cuál es el grado de confianza de las mismas o e) cómo conseguirán las organizaciones atraer a nuevos voluntarios.

16.1 Introducción

Los aportes de las nuevas tecnologías digitales que se están recibiendo, están suponiendo un impacto profundo sobre la cultura y sobre la relación del hombre y su contexto. Se están realizando cambios importantes a nivel global: se modifica la percepción del tiempo, se eliminan fronteras y barreras, se reducen distancias, se cambia la forma de trabajar, emergen nuevas formas de entretenimiento y de vinculación, entre otras. En opinión de Castells (1997), este nuevo escenario significa el cambio del modelo de la comunicación de masas a la estratificación y diferenciación, el cambio de la unidireccionalidad del aprendizaje a las comunidades virtuales, de la hegemonía comunicativa a los canales múltiples y diversos, de la navegación pasiva a la interacción entre pares, entre otros importantes.

En este capítulo se tratará el tema relacionado con el aporte de información geográfica voluntaria a SIG de finalidad diversa. En una primera parte, se expondrán algunas características del movimiento tecnológico- social denominado Web 2.0, el cual ha permitido en gran parte que se desarrollen comunidades de usuarios y una serie de proyectos exitosos.

16.2 Geografía digital, un espacio de colaboración

Hoy en día es común ver, por ejemplo, que un ciclista de deportes de montaña publique en su página personal un mapa con recorridos sugeridos o descubiertos por él; o quizás, cómo un investigador sobre conductas sociales muestra en su sitio académico un mapa donde expone los resultados de una investigación reciente sobre la distribución de los delitos; o tal vez, una pareja que desea en un futuro cercano formalizar su unión frente a la sociedad, publica en una página web un plano de ayuda para ubicar el sitio donde realizará su fiesta de

boda. ¿Qué tienen en común las situaciones planteadas? Que en todos los casos, usuarios de Internet, inexpertos en SIG, han utilizado mapas como elementos adicionales para brindar mayor información a sus lectores y que, además, ellos mismos han logrado construir dichos productos geográficos utilizando recursos libres, disponibles en la red.

Actualmente existe una abundante cantidad de fuentes de datos espaciales públicos (*Google Earth* [144], IDE de países, etc.) y herramientas para que los propios usuarios inexpertos en geografía puedan crear, publicar y compartir sus mapas. En este contexto, la aparición del servicio *Google Maps* [145] fue un hito fundamental para la evolución de la geografía digital, dado que representa la aplicación del trabajo colaborativo desinteresado (*crowdsourcing*) de una importante cantidad de personas, a partir del aporte voluntario de información geográfica. La realidad indica que usuarios comunes están haciendo uso de herramientas geográficas y comparten sus datos espaciales de modo informal.

16.2.1 Web 2.0, movimiento tecnológico-social que cambió la dinámica de la red

A partir de 2004 comenzó una nueva etapa en Internet que se ha caracterizado por una expansión y democratización en el uso de la red [146]. Cobo Romani [147] define la Web 2.0 como «... nuevas aplicaciones web sencillas, gratuitas y colaborativas que responden al principio de no exigir del usuario una “alfabetización tecnológica” avanzada para interactuar con ellas.» Y por otro lado son herramientas que «... estimulan la experimentación, reflexión y la generación de conocimientos individuales y colectivos. Las cualidades que comparten estas nuevas aplicaciones sustentan un nuevo paradigma para comprender Internet, orientadas a una arquitectura de la participación...».

Un hecho fundamental fue el cambio de relación de los usuarios con la red, ya que dejaron su actitud clásica de pasividad y comenzaron a participar, ya sea comentando, valorando recursos, publicando sus propios contenidos o compartiendo intereses con sus iguales. La Web 2.0 ha logrado promover el trabajo colaborativo y, además, establecer canales de comunicación horizontales como alternativas a la información que circulaba de manera vertical. Su éxito ha sido la aceptación masiva por parte de los usuarios superando las expectativas que indicaban que sólo era un producto de marketing. Por otro lado, la aceptación de productos ofrecidos bajo la filosofía de *software* libre ha contribuido de forma significativa al desarrollo de Internet en los últimos años.

Una de las características más importantes de la Web 2.0, es la habilidad para conectarse con la sabiduría colectiva de las masas y es allí donde las comunidades en línea son, de forma natural y en general, una fuente de riqueza de información que se va construyendo a partir de los aportes individuales de sus miembros. Esta característica es netamente un valor añadido aportado por la Web 2.0. Por ejemplo, nótese el potencial de la enciclopedia Wikipedia, de una lista de discusión, de un foro o de un blog de alta popularidad.

Se está atravesando una era donde cualquier persona puede producir y difundir sus contenidos. Es la visibilización de lo *amateur*, un tiempo y un espacio donde las personas

comunes pueden participar a la par de los profesionales. Fuera de las organizaciones tradicionales (ya sea estatales o privadas), un importante «ejército» de voluntarios contribuye a hacer realidad un proceso de construcción colectiva de espacios públicos virtuales: enciclopedias, galerías, bases de conocimiento especializado, etc., entre otros tipos producción.

Por otro lado, atendiendo a posibles efectos negativos derivado de las acciones de masas, Surowiecki (2004) ha investigado acciones en las que el aporte de grandes masas ha proporcionado resultados y acciones erróneas; las situaciones de fracaso generalmente responde a cuestiones relacionadas con a) demasiada centralización, b) demasiada división y c) demasiada imitación. Desde otra perspectiva, Lanier (2010) hace un aporte crítico al movimiento Web 2.0 indicando que el problema central de dichos movimientos de masas es la pérdida de identidad de los individuos.

16.3 La Web 2.0 y los datos geográficos

Cuando se hace referencia a conceptos tales como geoRSS, geocodificación, geolocalización, *mashup*, *geotagging*, *OpenLayers* [148], marcadores geográficos, etc. se los asocian a sitios como *Google Maps* [145], *Google Earth* [144], *Tagzania* [149] o *Panoramio* [150], y a la vez se perciben distintas entidades o actores que conforman una nueva forma de interactuar con la geografía. Ésta se caracteriza por la creación, edición y uso de mapas en línea por parte de usuarios comunes, con la finalidad de satisfacer necesidades personales y a la vez compartir datos y productos propios.

La actual abundancia de fuentes libres de datos geográficos, sumada a la importante oferta de interfaces para vincular datos entre aplicaciones y a las diversas aplicaciones geográficas de licencia tipo *Open Source*, ha permitido que esta nueva generación de servicios geográficos en línea pueda desarrollarse y expandirse de una forma significativa a nivel mundial. Muchos usuarios, sin tener una formación oficial o conocimientos previos de SIG, utilizan y crean productos que hasta hace poco tiempo eran exclusivos de los profesionales de la geografía.

Dos son los cimientos o fundamentos del éxito de la nueva cultura digital colaborativa: a) entender la web como una plataforma y b) el aprovechamiento de la inteligencia colectiva (Kerckhove, 1999), (Lévy, 1997), (Cobo Romani, 2006). En el primer caso, se plantea ver la web como plataforma no sólo de forma tradicional, — es decir, como documentos distribuidos —, sino percibirla como un conjunto de servicios disponibles con interfaces bien definidas para el desarrollo de nuevas aplicaciones. En el segundo caso, el de la inteligencia colectiva, se plantea utilizar las múltiples fuentes de información y conocimiento sostenidas por usuarios comunes de todo el mundo. Como corolario de lo anterior, se puede reflexionar e indicar que el poder pasó a residir sobre los datos más que sobre las aplicaciones.

El movimiento Web 2.0 ha posibilitado que los usuarios tengan una mayor disponibilidad de datos espaciales de fácil acceso y uso, a través de servicios en línea públicos. Hoy los usuarios pueden insertar sus objetos y adjuntarle las anotaciones que crean conveniente compartir, sobre mapas digitales provistos por empresas especializadas. Esto no habla de

quitar tareas a los geógrafos, sino de que los usuarios comunes puedan generar sus propios productos espaciales que satisfagan sus propias necesidades. De estos productos deberán aprender los especialistas geográficos, dado que de ahora en adelante tienen un importante laboratorio (Internet) donde pueden observar conductas y usos, y además, probar fácilmente nuevos productos o servicios.

Un ejemplo de proyecto basado en inteligencia colectiva aplicada a la geografía, es *Wikimapia* [151]. Posee más de 200 000 usuarios registrados que han agregado más de 10 millones de anotaciones. El sitio, tipo *wiki*, permite que usuarios no expertos anoten su información geográfica con la finalidad de compartirla con sus pares. Los usuarios insertan *hotspots* o puntos activos sobre un mapa global, demarcados por rectángulos con vínculos a pequeños artículos que aportan información sobre el área de interés.

Existe un término que cada vez es más popular en el ciberespacio: *mashup*. Son aplicaciones o sitios web híbridos que toman contenido de diferentes fuentes, ya sea a través de API, canales tipo RSS o de procesos propios de extracción de datos. Esta combinación de datos tiene por finalidad la creación de un nuevo servicio de información para los usuarios con contenidos provenientes de más de una fuente.

En esta forma de trabajo, es común, por ejemplo, tomar mapas de Microsoft o *Google*, añadir fotos geolocalizadas del servicio *Flickr* [152] (vía canales RSS) y por resultado, obtener una página con un mapamundi sobre el cual se anota texto de interés y fotografías de distintas partes. Lo anterior, con más o menos funcionalidades, es el servicio conocido como *Panoramio*, el cual mezcla mapas *Google* con fotos de *Flickr*, aparte de fotos hechas por los usuarios en diversas partes del mundo. En definitiva es la propia comunidad la que aporta contenidos.

Walsh (2008), indica que *Google* ofreció la posibilidad de crear *mashups* que permitieron a los desarrolladores la posibilidad de “adornar” sus webs con imágenes de todo el mundo, sin tener que recurrir a datos registrados bajo licencias de pago ni tener que profundizar en el manejo de complejas herramientas cartográficas. Sin embargo, el único con capacidad para controlar toda esta inteligencia colectiva y producir valor a partir de ella es el propio *Google*.

Neocartografía y neogeografía son dos nuevas palabras utilizadas para referirse a las aplicaciones sociales derivadas del movimiento Web 2.0 que se basan en el uso de mapas. Para Turner (2006), [153] la neogeografía es un conjunto de «técnicas y herramientas geográficas utilizadas para actividades personales o utilizadas por personas o grupos de no expertos, de manera informal no analítico». Para Galloway (2004), la neogeografía es la «capacidad de los usuarios para agregar comentarios a un mapa, eliminar lugares que no son relevantes, incluir sitios o puntos significativos y compartir los mencionados comentarios y lugares con otros usuarios». En este contexto, se está hablando de la socialización de la geografía, a partir del hecho de que la construcción de mapas o productos geográficos básicos está al alcance de casi cualquier usuario con mínimo entrenamiento en herramientas de publicación digital y que potencialmente millones de personas pueden acceder a tales productos de información

y servicios. Sobre este concepto, podría decirse que los usuarios comunes, cuando crean y comparten mapas de su interés, utilizando herramientas y datos públicos, están haciendo pleno uso de herramientas pertenecientes a la neocartografía. (Nota de Editores: Ver problemas de esta idea en el cap. 9: La representación de la información geográfica).

Uno de los elementos tecnológicos vitales para el desarrollo de la neogeografía son los sensores. Estos elementos de captura de datos de todo tipo están cubriendo el planeta en distintos ámbitos, ya sea a nivel casero, científico o gubernamental. Cámaras de vídeo, alarmas en vehículos basadas en GNSS, estaciones meteorológicas, sensores médicos en pacientes ambulantes, imágenes y fotografías terrestres son proveedores de datos geolocalizados de diversa naturaleza. Por otro lado, están las personas-sensores, es decir aquellos individuos que voluntariamente se valen de sus sentidos y/o u otros dispositivos para detectar hechos de interés e informar mediante algún medio y formato de mensaje previamente acordado. Esta última situación se ha dado en gran medida en el continente africano (Georgiadou et al., 2011), lugar que sufre en general un importante retraso tecnológico y en particular un escaso acceso a Internet.

16.3.1 Servicios en línea que incluyen el aporte voluntario de datos geográficos

Goodchild (2007) ha propuesto una nueva dimensión de análisis acerca del rol de los habitantes del planeta para el levantamiento de información geográfica. Un planeta donde existen potencialmente cerca de seis mil millones de sensores voluntarios. Esto indica que cada ser humano en su juventud reúne conocimiento geográfico y luego, cuando es adulto, entiende el espacio donde vive y se desarrolla. Ahora, con las facilidades provistas por las TIC, tales individuos adquieren el papel de potenciales sensores inteligentes de información al estar equipados con GNSS.

Asociado al concepto anterior y frente a la necesidad concreta de que los gobiernos y sus ciudadanos dispongan de información geográfica actualizada y libre, se está desarrollando un nuevo movimiento social y tecnológico que se denomina Información geográfica voluntaria o VGI (*Volunteered Geographic Information*).

El término VGI fue acuñado por Goodchild (2007) para definir los contenidos geoespaciales generados por los usuarios y muchos otros sitios para satisfacer una variada gama de necesidades dentro de la industria, el gobierno, y las comunidades sociales de la red. Según Goodchild, VGI combina elementos de la Web 2.0, la inteligencia colectiva y la neogeografía, y se caracteriza por cinco aspectos: datos geográficos, la web como plataforma, la participación de voluntarios, el sentido de comunidad y colaboración de forma bidireccional.

Dentro de las primeras experiencias de éxito con información geográfica voluntaria, se cuenta el servicio *OpenStreetMap* (OSM) [140]. Es un proyecto colaborativo con la finalidad de crear mapas y datos geolocalizados libres y editables por usuarios de Internet. En 2004 se lanza OSM como una opción para el acceso libre a información georreferenciada, a partir de múltiples observaciones que indicaban que los datos geográficos que normalmente se consideraban libres, no lo eran en realidad debido al dilema de gratis frente a libre.

La diferencia a favor de OSM — contra *Google Maps* y otros servicios afines — es que es libre, lo cual implica que cualquier persona, de forma voluntaria, puede aportar información y a la vez utilizar sus servicios y su base de datos de información georreferenciada. Aquí el concepto de libre es el eje diferenciador dado que en *Google Maps* no es posible editar la información de base, sino sólo la que aporta el mismo usuario. Es decir, el uso es gratuito pero la información no es libre. Los mapas de OSM se crean utilizando información georreferenciada adquirida por dispositivos GNSS móviles principalmente (también se utilizan celulares y cámaras con GNSS). Los usuarios registrados en el sistema pueden subir sus recorridos o trazas desde sus dispositivos GNSS y así crear y editar datos vectoriales utilizando herramientas propias de la comunidad *OpenStreetMap*. La cartografía de OSM, imágenes y datos vectoriales, se distribuye bajo licencia Creative Commons.

Los SIG con aporte de datos por parte de voluntarios que asisten a emergencias, desastres y catástrofes en el mundo merecen una atención especial. Por ejemplo, en la emergencia producida en el Golfo de México y el consiguiente desastre ecológico, los datos geolocalizados aportados por voluntarios contribuyeron a dar una respuesta rápida y así realizar de una forma más eficiente acciones de planificación sobre la región afectada. En relación al *software* en particular, hay dos iniciativas que en la actualidad están siendo utilizadas de forma intensiva: *Sahana* [142] y *Ushahidi* [143].

Sahana (Careem et al., 2006) es un sistema *Open Source* para gestión de emergencias y desastres que originalmente se utilizó en Sri Lanka durante el tsunami del 2004. Los desarrolladores de *Sahana* brindan un conjunto de aplicaciones en línea para asistir al manejo de desastres de gran escala. Su principal característica es que posibilita la mejora de la coordinación durante el período crítico de respuesta de emergencia promoviendo la recogida de información, y permite usar varios mecanismos de comunicación durante dicho lapso. Las prestaciones de *Sahana* incluyen la búsqueda de personas desaparecidas, la interconexión de organizaciones, la creación de informes sobre la distribución de la ayuda y los servicios, la correspondencia entre donaciones y necesidades, y el seguimiento de albergues temporales.

Ushahidi [143] es un sistema de captura de información en terreno que permite a los mismos actores sociales informar sobre eventos relativos a la violación de derechos humanos, conflictos sociales o informar sobre sucesos de emergencias o desastres naturales, a través del envío de mensaje de texto desde teléfonos móviles. El sistema integra distintos fenómenos tales como el activismo social y el periodismo ciudadano con la información geoespacial, haciendo uso del concepto de *crowdsourcing* a partir de la colaboración masiva de voluntarios de todo el planeta.

Ushahidi utiliza principalmente el sistema de mensajes de texto para recabar datos de voluntarios, aunque también es capaz de procesar correos electrónicos y mensajes Twitter. A partir de la información georreferenciada provista por colaboradores, se generan mapas temáticos con información de relevancia sobre las zonas de catástrofe o de conflicto (fig. 16.1).

Otra iniciativa basada en el aporte de datos voluntarios es *Grassroots Mapping* [154], el cual ha sido promovido por el investigador del MIT Jeffrey Warren. Se trata de una iniciativa que engloba proyectos cartográficos participativos realizados con herramientas de uso común (fig. 16.2). Por ejemplo se colocan cámaras digitales hogareñas en globos, barriletes y aviones de aerodelismo y así se obtiene un mosaico digital de un área particular. Las imágenes obtenidas — generalmente de alta resolución — son de dominio público y pasan a ser insumos de SIG. La metodología y el soporte acerca de cómo recoger información de un área están disponibles para cualquier organización que lo requiera.



FIGURA 16.1. Copia de una sección de la interface de información del sistema Ushahidi utilizado en las acciones de rescate tras el tsunami que afectó a Chile en 2010 (Fuente: [155])

16.4 Consideraciones finales

En la actualidad, hay una serie de cuestiones abiertas (Coleman *et al.*, 2009) que aún no tienen una respuesta definitiva y, de alguna manera, representan algunos riesgos potenciales asociados a proyectos que involucran aportes de datos geográficos por parte de voluntarios. Dichas cuestiones tienen que ver con saber si la gente aportará datos a iniciativas gubernamentales con la misma voluntad con que lo hace en proyectos privados o en redes sociales; qué preguntas debería realizarse una organización en caso de formular proyectos que involucren aportes de voluntarios; cómo se evaluará la credibilidad de las contribuciones; cuál es el grado de confianza de las mismas y cómo las organizaciones conseguirán atraer a nuevos

voluntarios. En esta misma línea, Georgiadou *et al.*, (2011) aportan una serie de elementos claves que deben ser estudiados en profundidad, a efectos de poder articular de forma más beneficiosa — en un futuro cercano — las contribuciones aportadas por voluntarios.

La libre disposición de servicios de cartografía en línea ha sido un cambio en la capacidad de acceso y manipulación de información geográfica por parte de los ciudadanos comunes, dado que ahora tienen los datos sin necesidad de intermediarios o de especialistas. Lo que se aprecia, como consecuencia de lo anterior, es que hay una cantidad sorprendente de personas interesadas en utilizar datos geográficos, cosa que anteriormente no se percibía, ya que estos datos, por diversos motivos, permanecieron inaccesibles o relegados a un uso exclusivo por parte de técnicos y profesionales de las ciencias de la tierra.

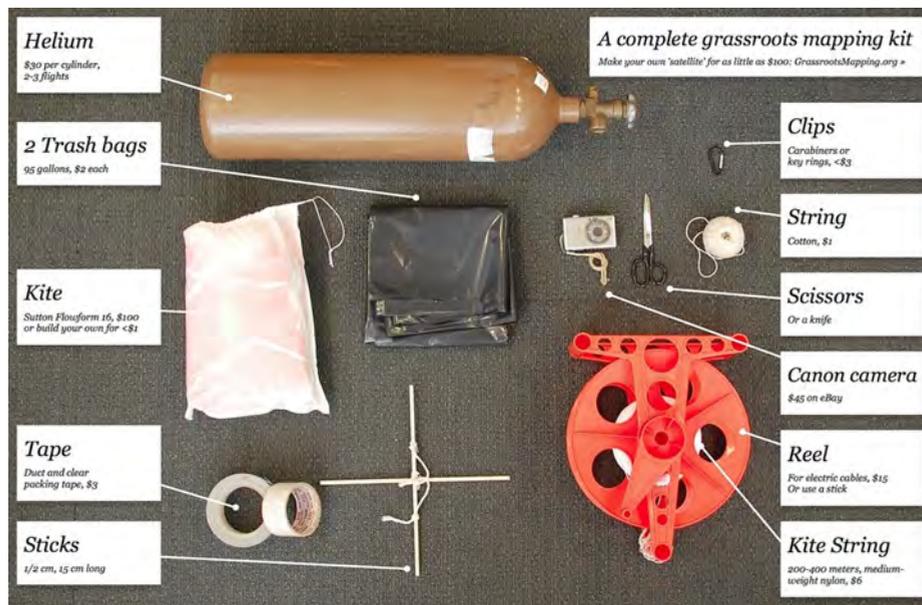


FIGURA 16.2. Fotografía donde se muestran los componentes básicos del *Grassroot mapping kit*. [156]

En particular, los profesionales de la geografía deben aprender de cómo estos mismos usuarios satisfacen sus necesidades de información basadas en geodatos. Hoy, la web puede verse como un «gran laboratorio» donde personas comunes crean y exponen sus productos de información basados en textos, gráficos, videos, audios, etc. Los diseñadores de aplicaciones geográficas pueden aprender de sus comportamientos y sus necesidades, y luego plasmarlas en sus productos o servicios de información.

Ante esta nueva forma de comportamiento social, los usuarios requieren flujos de datos geográficos libres, para que ellos mismos —mediante el uso de la técnica de *mashup*— creen y difundan sus productos. Por eso debería evaluarse el rol de las instituciones gubernamentales, ya que más allá de entregar productos espaciales finales, debería proporcionar API

para acceso a servicios de información, canales RSS con datos espaciales y bases de datos geográficas de acceso libre, entre otros servicios básicos.

Para abordar el tema con mayor profundidad y así obtener un panorama más completo del estado de desarrollo del arte, se recomiendan una serie de lecturas sobre aspectos y proyectos que involucren información espacial recogida por voluntarios. Sobre su relación con iniciativas IDE: (Goodchild, 2007; van Ort *et al.*, 2010; Álvarez *et al.*, 2010; Coleman, 2010). Sobre calidad de los datos aportados: (Coote y Rackham, 2008; Brando y Bucher, 2010; Flanagan y Metzger, 2008; Haklay, 2010). Sobre motivaciones de los participantes: (Coleman *et al.*, 2009; Priedhorsky *et al.*, 2010). Y sobre proyectos que involucren el trabajo de voluntarios (Georgiadou *et al.*, 2011; Goodchild y Glennon, 2010).

BLOQUE 3:

LOS ESTÁNDARES PARA LAS IDE

La necesidad de compartir la información, como se describió en el Bloque 1 y las características de la información geográfica que se han expuesto en el Bloque 2 conducen a disponer de normas y estándares que faciliten la interoperabilidad de la información geográfica. Sin la existencia de estándares la utilización de la información sería muy difícil y se consumirían grandes cantidades de recursos en homogeneizarla.

Esas dificultades para reutilizar la información generada por diferentes sistemas geográficos y la pérdida de información (colores, estilos, grosores, topologías) que ocurría cuando se exportaban ficheros generados en un sistema a otro, impulsó la creación de organizaciones que eliminaran esas barreras y facilitaran compartir la información.

Por un lado, la Asociación de Estandarización Internacional (ISO) mediante su Comité Técnico 211, generó el conjunto de Normas ISO 19100. Por otro, un consorcio compuesto de agencias gubernamentales, universidades, compañías y centros de investigación, se unieron con la misión de promover el uso de estándares y tecnologías abiertas en el área de sistemas y tecnologías de la información geográfica y afines conformando el Open Geospatial Consortium (OGC).

En este bloque se dedican los capítulos necesarios para comprender la trascendencia de esas organizaciones y la importancia de sus productos resultantes.

CAPÍTULO 17.

INTEROPERABILIDAD Y ESTANDARIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Diego Alfonso Erba¹, Alicia N. Duarte², Marta L. Stiefel³

¹Lincoln Institute of Land Policy, Programa para América Latina y el Caribe, Cambridge, MA, EE. UU.

^{2,3}IDESF-Infraestructura de Datos Espaciales de Santa Fe, Santa Fe, República Argentina

¹derba@lincolninst.edu, ^{2,3}{aduarte, mstiefel}@santafe.gov.ar

Resumen. La estandarización en un proceso inherente a la interoperabilidad; puede considerarse condición *sine qua non* para la implementación de sistemas que interactúen. La interoperabilidad puede definirse como la capacidad de intercambiar y usar información entre diferentes actores, y puede analizarse bajo múltiples acepciones: semántica, sintáctica, técnica, pragmática, organizacional, esquemática o estructural, dinámica, legal, conceptual, social, intracomunitarios, política-humana, internacional, empírica, física, entre otras; pero más allá de lo conceptual y metodológico, su implementación continúa siendo un gran desafío. En el área geográfico-administrativa los conceptos relacionados con la participación ciudadana orientados a construir de forma conjunta y coordinada presupuestos públicos, planes urbanos y bases de datos, son una realidad cada vez más presente y en este contexto, interoperar a través de estándares se torna un proceso imprescindible. Los procesos se desarrollan a través de iniciativas institucionales que, como lo hacen las IDE en el ámbito geográfico, buscan agilizar el acceso a la información y optimizar la toma de decisiones. Este capítulo presenta instituciones y conceptos relacionados con la estandarización geográfica, mostrando que la existencia de un marco normativo es condición necesaria pero no suficiente para materializar la interoperabilidad de sistemas de información territorial, concluyendo con alternativas que permitan evolucionar hacia sistemas que respondan en mayor medida a las expectativas de los usuarios.

Palabras Clave: Estándares, Interoperabilidad, Información Geoespacial, Multifinalidad

17.1 Introducción

La interoperabilidad se inicia en el campo político-administrativo con acuerdos institucionales de colaboración, pasando más tarde al ambiente digital donde, en el entorno actual de la IG, se materializa en una IDE.

Algunos países, como por ejemplo Brasil, propiciaron la interoperabilidad de los sistemas de información territorial a través de los acuerdos entre instituciones nacionales que miran y describen al territorio a través de cartografía en escala pequeña y datos generales (CONCAR, 2010). Otros, como los que componen INSPIRE, al contrario, comenzaron a estructurar información territorial de abajo hacia arriba, incluyendo desde el inicio las escalas de detalle (INSPIRE, 2007)

La mirada más próxima del territorio en términos de escalas se da en el catastro. En su modelo más simplificado, el catastro territorial representa a cada inmueble con minuciosidad, registrando en sus bases los datos correspondientes a ubicación, valor y medidas geométricas, así como a propietarios, poseedores, u otro tipo de tenedores.

El modelo de catastro multifinalitario concebido a mediados del siglo XX ha sido conceptualmente difundido en América Latina y está presente en varias legislaciones. Aún así, en la práctica, los ejemplos de implementación no son muy numerosos. Gran parte de este atraso en su implementación está relacionado con la comprensión equivocada de la forma en que las bases institucionales deben interoperar.

La popularización de los conceptos y la simplificación tecnológica para la implementación de una IDE trae, sin duda, un aire nuevo que puede impulsar la estructuración de sistemas interoperables de IG.

Las experiencias muestran que frecuentemente las buenas intenciones y predisposición de algunas instituciones, chocan con la displicencia y escepticismo de otras, y que definitivamente un sistema multifinalitario de información, como lo es una IDE, necesita contar con el compromiso de que todos los actores se involucren para que la información estandarizada fluya hacia los usuarios con transparencia y fiabilidad.

17.2 Estandarización

La normalización de la información geoespacial tiene como objetivo facilitar la comprensión, el acceso, la integración y la reutilización de manera eficiente; en definitiva, facilitar la interoperabilidad de los SIG (Ariza y Rodríguez, 2008).

Los primeros pasos hacia la normalización en el campo de la Geografía fueron lentos y difíciles. No había un apoyo internacional amplio para la elaboración de normas, por lo que las iniciativas atomizadas no prosperaron (IPGH, 2010).

La normalización geográfica comenzó en el siglo XIX con el establecimiento de normas para la producción de mapas. La preocupación inicial enfocó la representación cartográfica de la información, pero no la información en sí misma. La aplicación de la tecnología infor-

mática a la gestión del territorio y al análisis geográfico derivó en la necesidad de normalizar también la IG, proceso que en pocos años ha dado frutos (Ariza y Rodríguez, 2008).

A inicios de los años 1970, diversos grupos comenzaron a desarrollar estándares y formatos de intercambio de datos geográficos, pero fue sólo a principios de los años 1980 cuando la era de la normalización geográfica moderna comenzó a formalizarse (Ariza y Rodríguez, 2008). Este proceso fue consolidándose hacia fines del siglo XX, acelerándose a partir de la creación del OGC y del Comité Técnico 211 de la ISO (ISO/TC 211) [57].

17.2.1 ISO/TC 211 Información Geográfica/Geomática

La ISO es el organismo encargado de promover el desarrollo de normas internacionales en casi todas las ramas de la industria, principalmente para el intercambio de bienes y servicios. ISO está conformado por comités técnicos responsables de la normalización para cada área de especialidad.

Si bien ISO surgió en 1947, los aportes expresos de la institución para el área geográfica comenzaron a partir de la creación del Comité Técnico para Información Geográfica y Geomática (ISO/TC 211 *Geographic Information/Geomatics*) en 1994. El Comité tiene como objetivo desarrollar un conjunto estructurado de normas internacionales sobre «los métodos, herramientas y servicios para la gestión de datos, adquisición, procesamiento, análisis, acceso y disponibilidad de la información geográfica, haciendo posible la interoperabilidad geoespacial». Estas normas se agrupan en la denominada «familia ISO 19100» [158], «constituida por normas internacionales relacionadas con objetos o fenómenos que se asocian a localizaciones sobre la superficie terrestre» (Ariza y Rodríguez, 2008).

El ISO/TC 211 tiene como principales objetivos [159]:

- Incrementar la comprensión y uso de la IG;
- Incrementar la disponibilidad, acceso, integración y distribución de la IG;
- Promover el uso eficiente, eficaz y económico de la IG digital y los sistemas de *hardware* y *software* relacionados;
- Contribuir a un enfoque unificado para solucionar los problemas ecológicos y humanitarios globales.

Entre los miembros del TC 211 se encuentran países de América como: Canadá, Ecuador, Perú y Estados Unidos, como miembros principales, y Argentina, Colombia, Cuba y Uruguay como miembros observadores [159].

17.2.2 Open Geospatial Consortium

El OGC [160], fundado en 1994, es una organización internacional sin fines de lucro, conformado por miembros comerciales, gubernamentales, académicos y empresas de los sectores público y privado, dedicado al desarrollo de estándares de servicios basados en localización y geoinformación. Su objetivo es promover el desarrollo y uso de estándares y tecnologías abiertas en el campo de la IG, para lograr que los servicios estén disponibles a

través de cualquier red, aplicación o sistema. Para ello define, por consenso, especificaciones de interoperabilidad que están disponibles para uso global. En el cap. 20 se hace un desarrollo mayor del OGC.

Las especificaciones del OGC garantizan la interoperabilidad de contenidos y servicios de IG. En este conjunto de especificaciones se basan los servicios de la mayoría de las IDE, dado que aseguran la interoperabilidad con neutralidad tecnológica.

17.2.3 Acuerdo entre ISO/TC 211 y el OGC

La evidente relación entre ISO/TC211 y OGC derivó en el establecimiento de un acuerdo de cooperación orientado al aprovechamiento de los desarrollos, y a la reducción de la duplicidad de esfuerzos [161]. El acuerdo cooperativo entre estas dos organizaciones de estandarización, llevado a cabo en la 8ª Reunión Plenaria del ISO/TC 211 celebrada en Viena, Austria en marzo de 1999 [162] permite [163]:

- Adoptar estándares y especificaciones comunes,
- Estructurar programas de trabajo complementarios,
- Compartir recursos, y
- Prevenir inconsistencias e incompatibilidades de normativas.

En el marco de este acuerdo, el OGC ha adoptado varias normas ISO/TC 211 como especificaciones abstractas en las que basa sus especificaciones de implementación. De forma recíproca, algunos estándares desarrollados originalmente por el OGC se han llevado al ISO/TC 211, para publicarse finalmente como normas ISO internacionales, existiendo otras adicionales en proceso ante el ISO/TC211.

La cooperación y coordinación entre el ISO/TC 211 y el OGC deberá conducir a normas espaciales aún más relevantes.

17.2.4 Esfuerzos iberoamericanos de normalización

El Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) (ver cap. 37 para más detalle) se fundó el 7 de febrero de 1928 por resolución de la VI Conferencia Internacional Americana realizada en La Habana, Cuba, y desde 1930 tiene su sede en la ciudad de México. En 1949, fue reconocido como organismo especializado de la Organización de los Estados Americanos (OEA).

Solamente los Estados Americanos pueden ser miembros del IPGH, en cada uno de los cuales funciona una sección nacional. Actualmente España, Francia, Israel y Jamaica son observadores permanentes.

El IPGH es un organismo internacional, científico y técnico, cuya misión es la generación y transferencia de conocimiento especializado en las áreas de cartografía, geografía, historia y geofísica, con la finalidad de mantener actualizados y en permanente comunicación a los investigadores e instituciones científicas de los Estados Miembros, todo ello en constante proceso de modernización. Algunos de los objetivos del IPGH son [164]:

- Fomentar, coordinar y difundir los estudios cartográficos, geofísicos, geográficos e históricos, y los relativos a las ciencias afines de interés para América.
- Promover y realizar estudios, trabajos y capacitaciones en esas disciplinas.
- Promover el desarrollo institucional de las organizaciones vinculadas con la producción de la información cartográfica, geográfica y geofísica continental.

Con la instalación del Comité ISO/TC 211, el IPGH dejó de lado las tareas relacionadas con la producción de normas y, a partir del año 2001, la Comisión de Cartografía comenzó a promover el desarrollo de las IDE.

Además de estar trabajando para incentivar el uso de los estándares, facilitar su aplicación y generalizar su uso en el campo de la IG digital, por ejemplo, a través de la generación de la versión en español de las normas, la agenda Panamericana del IPGH recoge como uno de sus propósitos centrales para la década 2010-2020 «apoyar la generación de información de calidad requerida para el análisis de procesos asociados con campos específicos; propiciar el desarrollo de bases de datos espaciales, incluida la información surgida de la observación sistemática de la Tierra desde el espacio, y contribuir a la modernización de las instituciones a cargo de la producción de los datos espaciales básicos de cada Estado Miembro del IPGH» (IPGH, 2010).

17.2.5 Interoperabilidad

La globalización y las grandes innovaciones que se produjeron en los sistemas de información han influenciado fuertemente a todos los segmentos de la sociedad. Tanto en el área pública como en la privada, se abordaron algunos paradigmas, se reorientaron otros y surgieron nuevos. El concepto tradicional que entendía el proceso de gobernabilidad como la conjunción de la toma de decisiones y su implementación, fue renovado por el de buena gobernabilidad, según el cual ésta debía ser participativa, orientada al consenso, transparente, equitativa, eficaz y eficiente, siguiendo siempre la reglas de la ley (CLAD, 2006). La popularización de Internet y la mejora de los sistemas de telecomunicaciones también influenciaron la relación gobierno-sociedad. Surgió el término e-gobierno para referirse al uso de las tecnologías de información enfocado en el estrechamiento de los lazos entre las diferentes agencias estatales y los ciudadanos. La interacción, que tradicionalmente ocurría dentro de una oficina gubernamental, pasó a ser «a distancia», gracias a las nuevas tecnologías de información emergentes que hicieron posible localizar centros de servicio ampliamente distribuidos.

Los conceptos relacionados con la participación ciudadana orientados a construir de forma conjunta y coordinada presupuestos públicos, planes urbanos y bases de datos, comenzaron a materializarse en América Latina con particular énfasis en la primera década del siglo XXI. En este contexto, lograr la interoperabilidad fue un proceso imprescindible para las instituciones. A pesar de su clara necesidad, las barreras conceptuales, políticas, normativas y tecnológicas continúan siendo grandes obstáculos. En el área de la información territorial, la interoperabilidad comenzó a darse a través de la transferencia de archivos, sin

mayores preocupaciones con los procesos y temas utilizados por las instituciones aliadas. No obstante, el enorme esfuerzo que implicaba importar y posteriormente sistematizar los datos en el sistema receptor, sumado a las pérdidas de detalles por falta de estándares adecuados, llevaron a adoptar soluciones más eficientes como la propuesta por los servidores de mapas. La interoperabilidad comenzó a ser comprendida y a desempeñar un papel protagonista en Iberoamérica donde actualmente numerosas jurisdicciones cuentan con IDE estructuradas bajo los estándares internacionales.

17.2.6 La interoperabilidad y sus diferentes acepciones

La interoperabilidad es la capacidad que tiene una institución o sistema para trabajar con otras instituciones o sistemas existentes o futuros [165]. Lograr la interoperabilidad es, evidentemente, un proceso intrínsecamente complejo y como tal puede ser analizado bajo diferentes visiones.

El OGC interpreta la interoperabilidad como el trabajo recíproco de aplicaciones informáticas a través del cual se evitan pesadas y sistemáticas tareas de conversión, obstáculos en las importaciones y exportaciones de datos, así como las barreras de acceso a los recursos distribuidos impuestas por los entornos de procesamiento y por su heterogeneidad [160].

El ISO/TC 211 define interoperabilidad como la capacidad que tienen los sistemas o sus componentes para intercambiar información y garantizar el procesamiento cooperativo entre aplicaciones [159]. La norma ISO 19119 propone una definición más precisa, aplicable a todo tipo de información relacionada con el espacio y los datos geográficos, entendiéndose por interoperabilidad geográfica la capacidad de los sistemas de información para intercambiar libremente todo tipo de información espacial relacionada con la Tierra, los objetos y los fenómenos que existen encima, debajo y sobre su superficie, y ejecutar programas capaces de manejar dicha información de forma cooperativa, sobre redes de comunicaciones (Percivall, 2002).

Además de estas dos grandes referencias conceptuales, otros autores han desarrollado numerosos modelos en los últimos años, y propuesto niveles de estudio de la interoperabilidad, gran parte de los cuales se han condensado ampliamente en [166]. En dicho texto, el autor afirma que la interoperabilidad puede ser: semántica, sintáctica, técnica, pragmática, organizacional, esquemática o estructural, dinámica, legal, conceptual, social, intracomunitaria, política/humana, internacional, empírica y física.

La fig. 17.1 presenta uno de tantos modelos de interoperabilidad conceptual, el cual se ha seleccionado por su claridad y consecuente valor pedagógico para la comprensión de los procesos.

Tradicionalmente las organizaciones surgen y se desarrollan de forma autónoma, con misiones y funciones definidas en estatutos que históricamente las atomizaron. En este contexto, puede afirmarse que desarrollaban una **interoperabilidad nula** con otros actores. Cuando los administradores comprenden la relevancia del intercambio y se disponen a interactuar,

desarrollan en su imaginario una idea particular de interoperabilidad. Los primeros pasos de la aproximación institucional se dan de forma intuitiva, por tentativas, a través de intercambios informales, normalmente sin reglas claras. La falta de normas deriva en esa situación. Es la denominada **interoperabilidad técnica** (Assche, 2006). Ella se relaciona con la interconexión, la presentación e intercambio de datos, accesibilidad y seguridad. Bajo este nivel se agrupa la coordinación de los protocolos de comunicaciones y las interfaces de los servicios, formatos, codificaciones, medidas de accesibilidad y soluciones de seguridad que la caracterizan (Dekkers, 2007).

El proceso evoluciona hacia la denominada **interoperabilidad sintáctica**, que se caracteriza por tomar como base paradigmas comunes entre los actores, en lo que se refiere a formatos de datos, homogeneidad de representación, y plataformas de *hardware* y *software*.

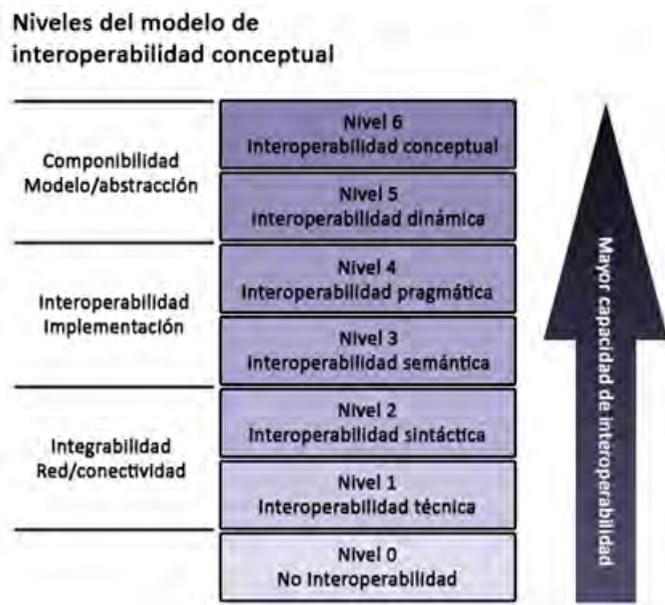


FIGURA 17.1. Modelo de interoperabilidad conceptual. (Fuente: Adaptado de [167], modelo propuesto en Turnitsa y Tolk, 2006)

Cuando el número de instituciones involucradas aumenta considerablemente no hay interoperabilidad posible sin normas de estandarización de aplicación global. Estas no garantizan interoperabilidad plena, tan sólo la sintáctica, puesto que para que la interoperabilidad ocurra en términos absolutos es necesario tener también en cuenta los aspectos cognitivos y lingüísticos. Es decir, los actores deben ser capaces de comprender la información que intercambian con el menor margen de dudas y ambigüedad posible (Antonovic y Novak, 2006), y en este contexto, el significado, el sentido o la interpretación de la información es clave. Surge entonces la **interoperabilidad semántica**, que se materializa a través de la comprensión clara de la información generada por un actor, a través de otros. Bajo el nivel

de interoperabilidad semántica, se agrupan las cuestiones relacionadas con el tipo de información en sí misma, las responsabilidades sobre los datos y su mantenimiento, además de los aspectos relacionados con las condiciones y las restricciones de uso; también relaciona todo lo anterior con la estructura (estándares de metadatos), vocabularios, valores y clasificaciones (Dekkers, 2007). En su expresión más tecnocrática, las interoperabilidades sintáctica y semántica pueden conseguirse a través de los lenguajes geoespaciales.

Una vez que los acuerdos interinstitucionales existen, para que la interacción ocurra en la práctica, debe haber un modelo de intercambio de información relacionando con aspectos de transmisión, detección de errores, su corrección o la negociación de la retransmisión. Este proceso es denominado **interoperabilidad pragmática** (Turnitsa y Tolk, 2006).

Aún cuando se afinen los sistemas, surgirán cambios de estado en algunos de ellos que repercutirán en el intercambio eficiente de informaciones. Si los sistemas están preparados para reaccionar de forma positiva a estas modificaciones, entonces alcanzaron el nivel de **interoperabilidad dinámica** (Pridmore y Rumens, 1989).

El nivel de **interoperabilidad conceptual** puede alcanzarse cuando se documenta el modelo conceptual, mediante métodos usados en ingeniería, de modo que pueda interpretarse y evaluarse por una tercera parte. En este caso, si el modelo conceptual está alineado (por ejemplo, las asunciones y restricciones de la abstracción sobre una realidad), significa que se alcanza el mayor nivel de interoperabilidad. Adicionalmente, se debe cumplir que el método utilizado para documentar el modelo conceptual no influya en la implementación, ni dependa del propio modelo (Turnitsa y Tolk, 2006).

Las habilidades de **integrar, interoperar y componer** expresadas en la fig.17.1 se desarrollan a lo largo del tiempo. La velocidad con la que se pasa a otro nivel depende, una vez más, de la claridad conceptual, de la voluntad política y de la permisividad de la legislación, las finanzas y el personal de cada institución. En este sentido, es fundamental conocer modelos, estrategias de implementación y métodos de medición de la interoperabilidad.

17.2.7 Implementando y monitoreando la interoperabilidad

La interoperabilidad depende, de acuerdo a lo expuesto hasta ahora, de la predisposición de los actores y de su aptitud legal, económica, tecnológica y administrativa. Cuando se dan condiciones de voluntad y capacidad, comienza a definirse una estrategia de trabajo que empieza con la adopción-adaptación de algún modelo que permita disminuir la heterogeneidad sintáctica, semántica y estructural de datos e interfaces que se evidencien desde el inicio del proceso. Existen diferentes modelos de interoperabilidad aplicables a cada tipo de contexto. Las clasificaciones que habitualmente se usan para definir sus taxonomías son: capas, dimensiones, áreas o niveles (como los expresados en la fig. 17.1).

Al alcanzar un determinado nivel es necesario medir el grado de interoperabilidad entre dos sistemas, ya que, de esa manera, es posible identificar fortalezas y debilidades de ambos sistemas mientras operan de forma conjunta. Los resultados de la medición pueden ayudar

a mejorar la interoperabilidad y solucionar carencias (Manso, 2009). Los principales obstáculos surgen al definir las métricas que puedan realizar evaluaciones cuantitativas y cualitativas. Métrica, en el contexto de la ingeniería del *software*, se define como cualquier medida o conjunto de medidas que permiten caracterizar un *software* o sistema de información. Pero, en este caso, no se trata de caracterizar un sistema de información, sino la interoperabilidad entre sistemas de información.

La calidad de la interoperabilidad se analiza en un documento denominado: «¿Cómo saber cuándo se ha alcanzado la interoperabilidad?» (Pridmore y Rumens, 1989), en el que constan preguntas complementarias como: ¿cuál es el estado general de la interoperabilidad?; ¿cumple el sistema todos los objetivos y funciona?; hacer algún cambio, ¿traerá consecuencias positivas o negativas?; ¿cuáles son las áreas problemáticas y cuán graves son dichos problemas?; ¿está bien definida la confianza?; ¿se han realizado todas las verificaciones que debían hacerse?; ¿qué confianza debería asignarse al resultado?

El campo de implementación y control de sistemas interoperables es vasto, y depende de cuestiones técnicas, económicas y legales, pero también de la creatividad de los actores.

17.3 Conclusiones

Desde su creación hasta su utilización, los datos geoespaciales deben someterse al cumplimiento de estándares de manera que faciliten su disponibilidad, acceso, interoperabilidad y uso en diferentes aplicaciones, asegurando de esta manera que los datos no terminen subutilizados o determinen que las bases de datos que los almacenan sean de utilidad restringida.

El valor de los esfuerzos de estandarización internacional iniciales radica en el reconocimiento y aceptación, por parte de la comunidad relacionada con la IG, de la necesidad y valor de la normalización geográfica.

El acuerdo cooperativo que existe entre el ISO/TC 211 y el OGC respecto a la normalización de la IG, contribuye a una utilización más eficiente de los recursos disponibles; evitando así la duplicación de esfuerzos.

La normalización presenta tantos beneficios relevantes que no es tan utópico pensar que en un futuro, no muy lejano, se presencie la aplicación generalizada de los procedimientos estandarizados, fundamentalmente en los organismos que generan IG. El proceso usualmente se inicia en el campo político a través de acuerdos institucionales de colaboración (tratados en el cap. 1), pasando más tarde al ambiente digital para evolucionar posteriormente a niveles sintácticos (tratado en los capítulos 20 al 22) y semánticos (capítulos 13 y 14).

CAPÍTULO 18

MODELOS DE DATOS PARA LAS IDE

Luciana C. Ballejos¹, Carlos G. Giorgetti²

¹CIDISI. Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

²Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

¹lballejos@santafe-conicet.gov.ar, ²carlos.giorgetti@gmail.com

Resumen. Un modelo de datos representa una porción de la realidad expresada de manera simplificada. El objetivo es generar una abstracción de la realidad para que pueda utilizarse por las aplicaciones que trabajan con esa información. El proceso de modelado de datos es un proceso importante en el desarrollo de cualquier proyecto de aplicaciones de *software* y sistemas de información. El resultado conforma la estructura sobre la que reside la esencia de la aplicación, ya que describe los datos a los que se tiene que acceder por las distintas funcionalidades. Esta estructuración de los datos se realiza de manera secuencial, logrando distintos niveles de representación (modelo conceptual, modelo lógico y modelo físico), hasta llegar al nivel que realmente será implementado con determinada tecnología y utilizado por cierta aplicación o sistema de información. Para expresar los modelos en todos estos niveles necesarios se utilizan los lenguajes de modelado que, de acuerdo a su semántica, ganan expresividad, simpleza y minimalidad en las representaciones de la realidad. Entre los lenguajes existentes, los más comúnmente utilizados son el Modelo de entidad-relación y el Lenguaje Unificado de Modelado (UML). Los datos modelados con estos lenguajes, se estructuran y almacenan en bases de datos para que los gestione la aplicación a través de su visualización, recuperación y actualización permanente. Específicamente, la Norma ISO 19107 proporciona modelos conceptuales en UML para describir y manipular las características espaciales de los fenómenos geográficos. Estos modelos pueden utilizarse para representar objetos geográficos en diversas áreas. Aún más, los modelos son fundamentales para lograr la interoperabilidad y el intercambio de datos geográficos, objetivo principal de las IDE alrededor del mundo. En relación a todo lo expuesto previamente, y con el objetivo de presentar los conceptos citados incidiendo sobre sus posibles usos en el área espacial, el presente capítulo desarrolla el concepto de modelo y describe el proceso de modelado, sus diferentes tipos y evolución, destacando su importancia y utilidad en el desarrollo de aplicaciones y sistemas de información. También describe sintéticamente los lenguajes más utilizados para representar modelos de datos, como también la Norma ISO 19107, tan importante para certificar modelos de datos espaciales.

Palabras Clave: modelos de datos, modelo conceptual, modelo lógico, modelo físico, UML, ISO 19107

18.1 Introducción

La introducción de ordenadores en los organismos ha marcado la evolución de los sistemas de información debido a su éxito demostrado en la gestión eficiente de los datos. Es más, las ventajas del uso de los sistemas de información como soporte a las transacciones sobre los datos, aumentó el interés en la forma de estructurarlos, a fin de lograr eficiencia en su gestión.

Dado que un modelo es una representación simplificada de la realidad en función de algunos de sus atributos, los modelos de datos son herramientas fundamentales para describir los datos que deben gestionar las aplicaciones.

Junto con las propuestas para representar modelos de datos, surgieron también diversos lenguajes para generar modelos a distintos niveles y traducir los que representan la realidad, a fin de ser utilizados por las bases de datos de las aplicaciones. Este capítulo presenta y describe los modelos que existen y su evolución, además de introducir algunos de los lenguajes utilizados para representarlos. También presenta el estándar ISO 19107-2003, que proporciona el modelo conceptual para describir y manipular las características espaciales de los fenómenos geográficos utilizando el lenguaje UML.

18.2 Modelos y bases de datos

Un **modelo** es una representación simplificada de la realidad, en función de algún atributo de esa realidad. Por ejemplo, un mapamundi que muestre únicamente la línea de costa de los continentes, es un modelo de la Tierra (realidad) en función de uno de sus atributos (línea de costa).

Un **modelo de datos** es el conjunto de información que define una representación simplificada de la realidad. Por ejemplo: un modelo de datos de la red de transporte puede quedar definido mediante los siguientes atributos (entre otros):

- Nombre de la vía
- Longitud de la vía medida por el eje
- Número de carriles en cada dirección
- Tipo de pavimento

Los modelos de datos deben describir datos, sus relaciones (por ejemplo, las vías de comunicación se pueden cruzar, cortar, bifurcar, ser paralelas, etc.), la semántica o significado de los datos (qué se entiende por calle, por carretera, y por autovía), sus restricciones (por ejemplo, una vía de transporte puede tener uno o dos sentidos de marcha, pero no puede tener ni más de dos ni cero sentidos de marcha).

Puesto que el modelo de datos va a permitir que el sistema pueda conocer los datos, sus capacidades y limitaciones, y por lo tanto, pueda gestionar posibles preguntas acerca de ellos, el modelado de datos es uno de los procesos más importantes para cualquier proyecto de desarrollo de aplicaciones y sistemas de información. Durante el mismo, se utilizan diversos grados de abstracción que van aumentando a medida que el proceso avanza. El

modelo final que gestionará una aplicación, se divide en: modelo conceptual, modelo lógico y modelo físico.

El **modelo conceptual** se utiliza para representar la realidad a un alto nivel de abstracción, pero de fácil comprensión. Debe poseer las siguientes cualidades (Khatri *et al.*, 2004):

- Expresividad: debe contar con suficientes elementos (conceptos, atributos y relaciones) a fin de expresar perfectamente la realidad.
- Simplicidad: debe ser simple para facilitar su comprensión.
- Minimalidad: cada elemento debe tener un significado único y diferente.
- Formalidad: debe propiciar la interpretación única, precisa y bien definida de los conceptos.

Tal como describe la fig. 18.1, para modelar conceptualmente un hecho de la realidad es necesario encontrar entidades, definir sus atributos y las relaciones entre ellas. Para el ejemplo presentado anteriormente de la red de transporte, un modelo conceptual estaría formado por la entidad vía, cuyos atributos serían: *longitud*, *número de carriles* y *tipo de pavimento*, y cuyas relaciones podrían ser: *se cruzan*, *se cortan*, *discurren paralelos*, *se bifurcan*, entre otras.

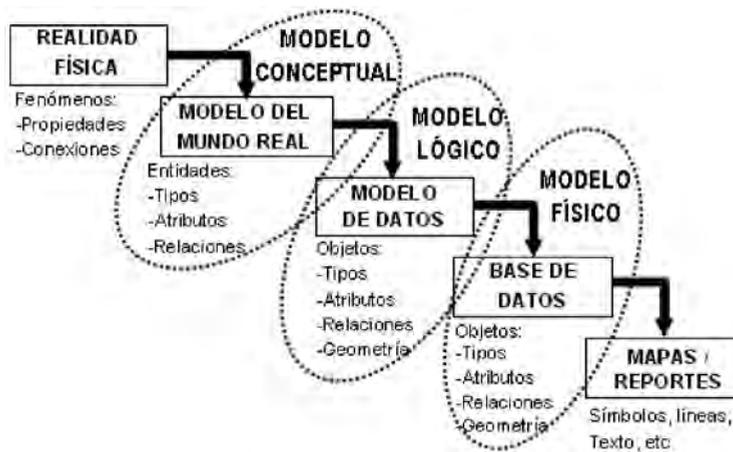


FIGURA 18.1. Proceso de creación de los distintos modelos de datos para ser utilizados en una aplicación geográfica (Fuente: Elaboración propia)

En el ámbito de las IDE, un modelo conceptual de datos contiene elementos que se deben tomar en cuenta, desde su generación, para obtener datos espaciales comparables, compatibles, confiables, consistentes y completos [168]. Más aún, diversos estándares deben ser considerados en la generación de estos modelos. Tal es el caso de los estándares que define el OGC para lograr modelos abiertos e interoperables [169]. También, para determinados campos específicos de aplicación, tienen que ser consideradas diversas normativas internacionales. En relación a esto, por ejemplo Valdés Bravo *et al.*, (2010) describen las cuestiones a considerar para gestionar información aeronáutica.

Un **modelo lógico** es una descripción de la estructura de una base de datos considerando algún tipo de representación de los datos (ver Sección 18.2.1). Tal como describe la fig. 18.1, para elaborar un modelo lógico a partir de un modelo conceptual, es necesario comenzar a tomar ciertas decisiones de diseño. Por ejemplo, seleccionar el tipo de representación para los datos geográficos. La existencia de un atributo «geometría» para ellos, indica que el tipo de representación es vectorial.

En relación al ejemplo de la red de transporte, debería generarse una tabla de nombre *vía*, cuyos campos (columnas) contengan los atributos de la misma. Aún más, debería incluirse un campo de nombre *geometría* que indique el elemento vectorial con el que se conformará la vía (línea, poligonal, etc.). Luego, esta tabla puede completarse con datos reales a fin de describir las características de diversas vías en la red de transporte. El campo *geometría* deberá contener información sobre las coordenadas de los puntos que conforman la línea o poligonal que definen la vía en particular.

El **modelo físico** es una descripción de la implementación de una base de datos, es decir, las estructuras de almacenamiento y los métodos utilizados para acceder a ellos de forma eficiente. Este modelo depende de la tecnología seleccionada.

De forma general, según Cascasés y Pereda (2004), se pueden identificar dos etapas en el proceso de creación de un sistema de información o aplicación donde se van a gestionar datos geográficos: la etapa de diseño del SIG y la etapa de implementación en una computadora. En la primera etapa, se parte del conocimiento de la realidad para elaborar los modelos conceptual y lógico de la base de datos que van a operar en el SIG. El modelo físico es la implementación de los modelos anteriores en el programa o *software* seleccionado, y los equipos en los que vaya a funcionar el SIG. Por ello, se realiza de acuerdo a ciertas especificaciones.

Para representar los modelos existen diversos lenguajes que proponen conjuntos de elementos gráficos y lingüísticos, además de reglas asociadas, que facilitan el modelado visual.

La fig. 18.1 muestra el proceso de creación de los modelos descritos y las características que se incorporan cuando se utilizan en aplicaciones geográficas.

18.2.1 Sistemas de bases de datos

Una **base de datos** (BD) es una colección de archivos que contienen información interrelacionada. Los entornos geográficos deben disponer de información sobre las entidades del mundo real, pero además deben gestionar datos correspondientes a la ubicación de esas entidades. Por lo tanto, estos sistemas deben proporcionar una relación entre datos espaciales y no espaciales.

Los datos espaciales pueden modelarse a través de tres tipos de representación: **vectorial**, **raster** y **alfanumérica**. El tipo vectorial construye objetos con primitivas geométricas (punto, línea y polígono) y topológicas (arco, nodo y cara). En cambio, los datos raster se basan en la división en pequeñas unidades de la extensión considerada, de acuerdo con una

mallla espacial o grilla y la asignación de un valor para cada celda. Los datos alfanuméricos completan los modelos describiendo atributos no geográficos de las entidades geográficas.

Las relaciones pueden representarse como uniones entre: una ubicación y un objeto; datos espaciales y no espaciales; rasgos geográficos y atributos; y objetos y atributos. La unión entre estos elementos se establece mediante un único dígito de identificación (ID) bajo el cual se guardan los atributos no espaciales del objeto. La fig. 18.2 muestra un plano catastral de una manzana con coordenadas ficticias y la Tabla 18.1 describe los atributos asociados a cada terreno, incluyendo información sobre las coordenadas que conforman cada polígono de terreno, respetando un tipo de representación vectorial.

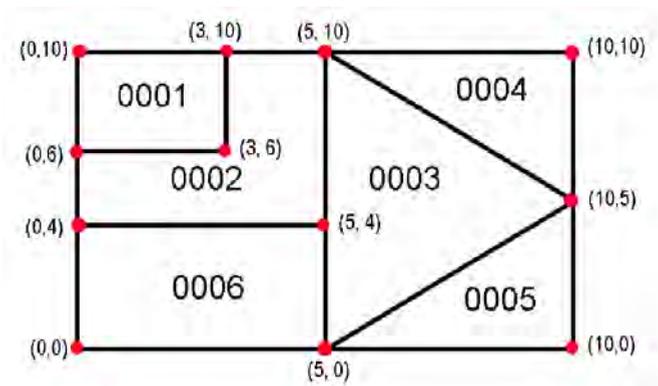


FIGURA 18.2. Plano catastral de una manzana (Fuente: Elaboración propia).

TABLA 18.1. Atributos de las parcelas de la fig. 18.2. (Fuente: elaboración propia)

Contribuyente	Dirección	Valor	Geometría	Parcela
Güerin Kraus	Av. 34 #25	15000	Polígono ((0,6),(3,6),(3,10),(0,10),(0,6))	sur/12
Antonio Bett	Av. 34 #33	19000	Polígono ((0,4),(5,4),(5,10),(3,10),(3,6),(0,6),(0,4))	sur/12
Albino Callega	Calle 73 #54	22000	sur/12	sur/12
Ambieto Betiol	Calle 73 #28	28000	sur/12	sur/12

Las ventajas de las BD radican en las facilidades que proporcionan para las operaciones de almacenamiento y uso de los datos, puesto que:

- Se guardan en un único lugar.
- Se estructuran y estandarizan por lo que son dóciles a la comprobación.
- Aún proviniendo de fuentes disímiles se pueden interconectar y así usar conjuntamente.
- Se puede acceder rápidamente a ellas.
- Están disponibles para muchos usuarios desde diferentes aplicaciones.

Las BD espaciales o geográficas de los SIG incluyen enlaces entre el documento cartográfico y los datos tabulares que mantienen información descriptiva de los objetos representados.

18.2.2 Clasificación de las bases de datos

Las BD pueden ser de cuatro tipos según la organización de los datos que utilizan: jerárquicos, de red, relacionales u orientados a objetos (Bernhardsen, 2002).

Las **BD Jerárquicas** son aquellas en las que los registros están organizados en archivos dispuestos en varios niveles lógicos con conexiones entre ellos. Un registro a nivel particular contiene datos comunes a un conjunto de registros del próximo nivel más bajo. No hay conexiones entre los registros del mismo nivel. Cada registro contiene un campo definido como el campo clave que organiza la jerarquía.

La construcción de una estructura jerárquica empieza con un objeto principal en su cima (fig. 18.3). El objeto principal (mapa) tiene un rango de características que pueden ser recolectadas en varios niveles de la jerarquía (Bernhardsen, 2002).

Los datos geográficos jerárquicamente organizados se ajustan con ese modelo, puesto que la estructura refleja bien el mundo real.

En el modelo jerárquico, un registro dueño (mapa) puede tener muchos miembros (polígonos). Los registros miembro sólo pueden estar asociados a un registro dueño. Esto produce un almacenamiento doble de líneas (por ejemplo, la d) y puntos (en el ejemplo, todos).

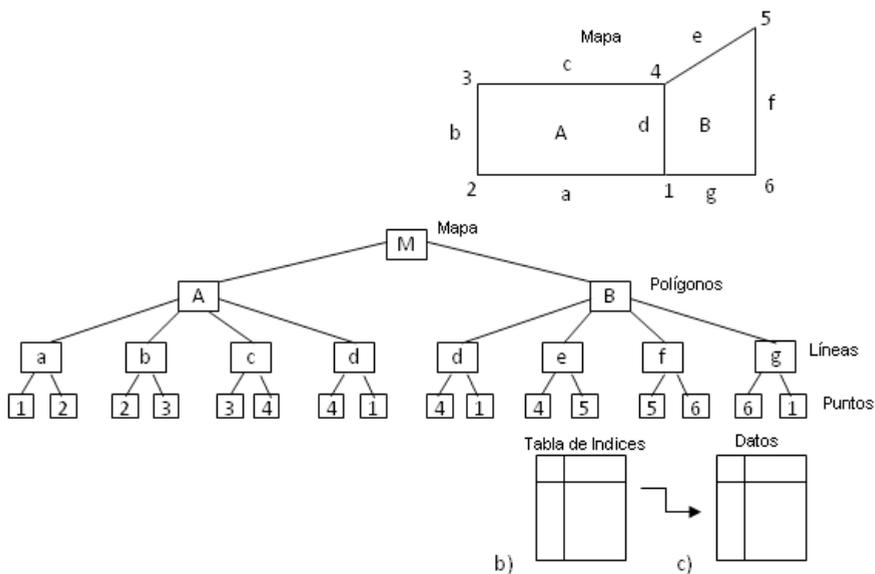


FIGURA 18.3. Los datos del mapa guardados en una base de datos jerárquica (Fuente: Bernhardsen, 2002)

En las **BD en Red** cada elemento tiene conexiones con varios elementos de diferente nivel. Se hacen interconexiones en la organización jerárquica, y una característica puede asociarse a dos o más objetos principales (fig. 18.4). La estructura de red resultante representa más estrechamente las relaciones complejas que a menudo existen entre objetos geográficos en el mundo real. Aún más, minimiza la redundancia de datos y aumenta la consistencia de su representación.

El propósito de la estructura de red es mejorar la flexibilidad y reducir las entradas múltiples de la estructura jerárquica. Los puntos y líneas se introducen sólo una vez. Las búsquedas no necesitan pasar a través de todos los niveles. Sin embargo, el volumen de datos del índice es mayor que el de la estructura jerárquica.

Las **BD Relacionales** son las más populares. En ellas, cada registro tiene un conjunto de atributos (columnas) y un conjunto de filas que forman la tabla. Las tablas se relacionan entre sí a través de un atributo común. Este atributo en el ejemplo mostrado en la fig. 18.5 es el nombre de cada elemento. Esto brinda la posibilidad de compartir información para reducir la redundancia y mejorar la calidad e integridad de la base de datos, facilitando su mantenimiento.

El mantenimiento de datos guardados en una estructura de red es complejo. Sin embargo, esta estructura es mejor para los datos geográficos que una estructura jerárquica, que no se usa frecuentemente en aplicaciones SIG.

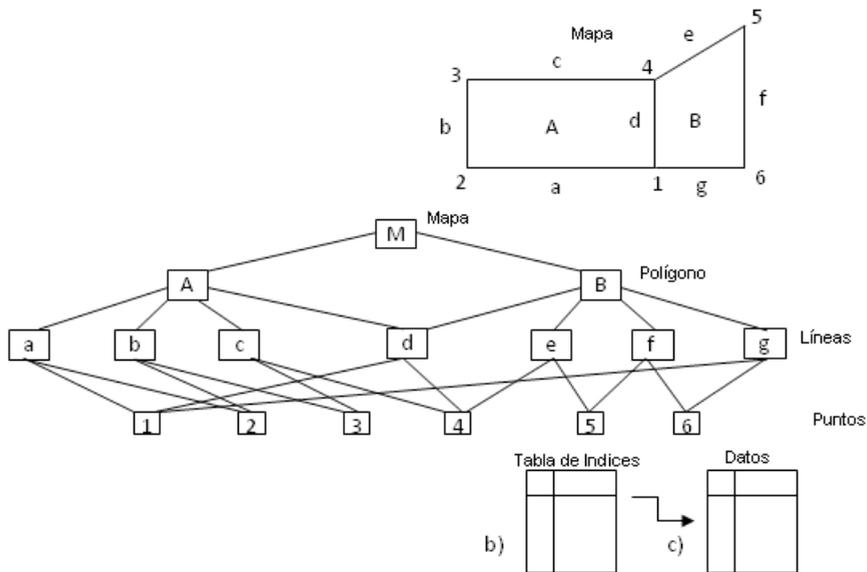


FIGURA 18.4. Base de datos en red: estructura de almacenamiento (Fuente: Bernhardsen, 2002)

Las BD relacionales son las que se usan frecuentemente en la mayoría de las aplicaciones SIG, principalmente debido a sus estructuras simples y flexibles, y a que permiten relaciones complejas comunes entre objetos geográficos del mundo real.

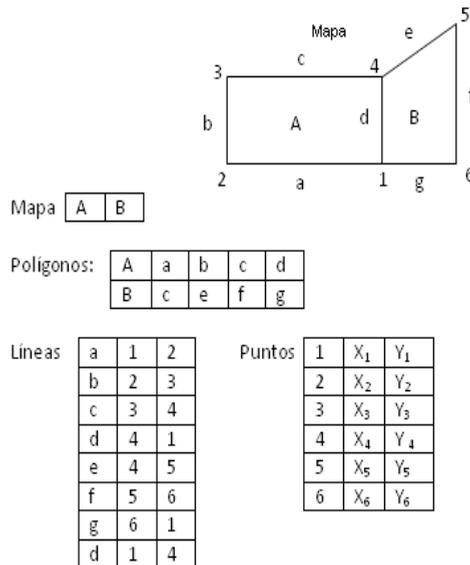


FIGURA 18.5. Relación entre atributos correspondientes a entidades almacenadas en tablas distintas (Fuente: Bernhardsen, 2002)

Los sistemas anteriores al modelo relacional se orientaban a registros, es decir, los datos se archivaban por registro, mientras que en una BD relacional todos los elementos que componen un objeto de un mapa particular pueden residir en varios registros de varias tablas. Además, los datos geométricos y los del atributo están a menudo separados físicamente, almacenados en BD diferentes. El almacenamiento topológico de datos vectoriales se orienta a objetos, pero la estructura relevante de la BD sigue siendo un problema.

Las BD **orientadas a objetos** intentan superar las dificultades apuntadas representando más fielmente el mundo real, desde objetos homogéneos a complejos, con varias relaciones internas y externas. Los objetos se pueden definir como entidades que tienen una situación representada por valores de las variables y un conjunto de operaciones que actúan sobre ellas. Así, la ventaja respecto al modelo relacional es incluir en la definición de un objeto concreto, no sólo sus variables, sino también los métodos para manipularlas.

Los beneficios directos de estos sistemas surgen de las siguientes ideas:

- Se compone de **clases**, en la que cada tipo de característica tiene varios atributos.
- Existen **datos activos**, que tienen su propio comportamiento o métodos guardados en el repositorio, no en programas de la aplicación.

- **Herencia** entre las clases de datos (atributos) y comportamiento o métodos. Los objetos pertenecen a clases que pueden tener sus propias variables y estas clases pueden pertenecer, a su vez, a una superclase.

La fig. 18.6 representa un mapa que utiliza conceptos de orientación a objetos y atributos para representarlos. El modelo presentado indica que un mapa es una agregación de uno o más polígonos. A su vez, un polígono está formado por al menos tres líneas, y cada línea por dos puntos.

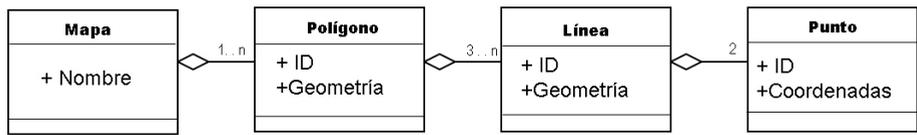


FIGURA 18.6. Representación del mapa orientada a objetos (Fuente: Elaboración propia)

18.3 Lenguajes de modelado de datos

Un lenguaje de datos permite generar un modelo de datos a través de una sintaxis específica, que debe proveer, además de los elementos utilizados para modelar, un conjunto de reglas que los relacionan. Los más utilizados para generar modelos conceptuales y lógicos de datos son el MER y el UML.

18.3.1 Modelo entidad-relación

El **modelo entidad relación** es el modelo más utilizado para representar un modelo conceptual (Mocanu y Velicanu, 2011). Está formado por un conjunto de conceptos que permiten describir la realidad mediante representaciones gráficas y lingüísticas. En él se define el mundo como un conjunto de entidades que están asociadas entre sí por relaciones. La fig. 18.7 muestra la forma gráfica de los principales elementos de un modelo entidad-relación y la fig. 18.8 representa estos conceptos a través de las unidades administrativas de la República Argentina.

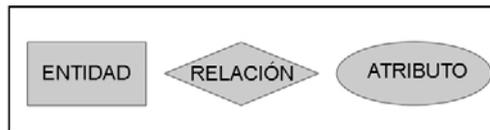


FIGURA 18.7. Principales conceptos del modelo Entidad-Relación extendido (Fuente: Elaboración propia)

Una **entidad** es cualquier tipo de objeto (cosa, persona, etc.) o concepto del que se recoge información (por ejemplo: región, país, provincia, ciudad, ciudadano, etc.). El nombre de una entidad sólo puede aparecer una vez en el esquema conceptual del modelo.

Un **atributo** representa una característica o propiedad básica de una entidad (por ejemplo: *geometría* de un *país* o un *continente*, *nombre* de una *provincia*, *ubicación* de una *ciudad*, etc.). El conjunto de atributos describe al elemento unívocamente.

Una **relación** es la asociación entre dos o más entidades (denominadas entidades participantes). El número de participantes se denomina «grado de la relación» (dos corresponde a una relación «binaria»; tres a una relación «ternaria»; etc.). La cardinalidad de una relación especifica el número mínimo y máximo de correspondencias en las que puede tomar parte cada ocurrencia de la entidad. Por ejemplo, un país «se divide en» provincias, donde la cardinalidad es $(1,N)$, que indica que un país tiene 1 ó más provincias.

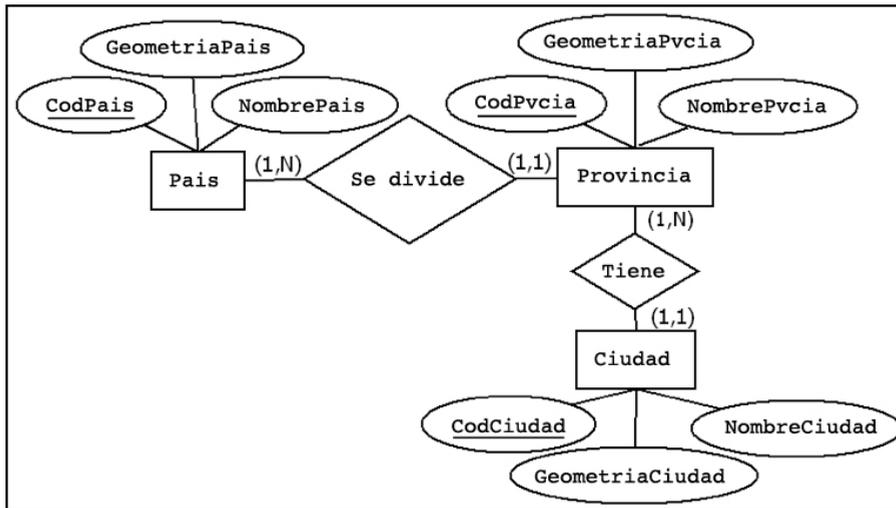


FIGURA 18.8. Ejemplo de modelo entidad-relación de las unidades administrativas en Argentina (Fuente: Elaboración propia)

El **identificador** es un atributo o conjunto de atributos que determinan, de modo único, cada instancia de una entidad. Por ejemplo, el atributo que distingue a un país de otro es el «CodPais» (fig. 18.8).

18.3.2 Lenguaje Unificado de Desarrollo (UML)

Para que la comunicación entre el cliente que quiere encargar un *software*, el ingeniero que lo diseña y el desarrollador que lo programa sea efectiva, debe existir un lenguaje que facilite esta comunicación, y que evite las imprecisiones que se tiene con el lenguaje natural (hablado o escrito). Lo que pretende el UML es ser una herramienta concreta de comunicación entre los agentes que deben generar (modelar) un *software*. Esta herramienta se concreta en forma de diagramas de flujo que facilitan la comprensión visual del *software* que se pretende desarrollar.

Conocido por su acrónimo en inglés UML (*Unified Modeling Language*) constituye un lenguaje de diseño estable y común. Propone una sintaxis de modelado que apunta a crear modelos de sistemas de *software*, pudiendo utilizarse en una gran variedad de áreas.

Los diagramas que el lenguaje propone para los proyectos de *software* apuntan a colaborar en la toma de decisiones y facilitar el entendimiento por parte de:

- Los clientes del proyecto, quienes pueden examinar y confirmar sus requisitos.
- Los desarrolladores de *software* al modelar secuencias operacionales y generar código acorde a los modelos.
- Los ingenieros en sistemas, al instalar y operar sistemas de *software*.

Los modelos UML pueden transformarse directamente en código de diversos lenguajes de programación como JAVA, C++ y Visual Basic. La notación gráfica es tan sólo uno de los aspectos de UML. Otras características distintivas son:

- Sólo sintaxis: indica los elementos de modelado y diagramas que están disponibles, y las reglas asociadas con ellos.
- Comprensivo: diseñado para extenderse por el usuario, de manera que cumpla cualquier requisito de modelado.
- Independiente del lenguaje utilizado en el código.
- Independiente del proceso de desarrollo de la aplicación.
- Independiente de la herramienta: permite agregar valor al modelado visual a los proveedores de herramientas que soportan UML.
- Bien documentado: la guía de notación UML se encuentra disponible como una referencia genérica a toda la sintaxis disponible en el lenguaje.
- Extensible: extensiones definidas por usuarios muy utilizadas actualmente.

UML provee varios tipos de diagramas que, cuando se utilizan con una metodología determinada, aumentan la facilidad de entendimiento de la aplicación bajo desarrollo. Sin embargo, este lenguaje no especifica los diagramas que deben crearse, sólo los que ellos pueden contener y las reglas para conectar los elementos. Los diagramas disponibles se muestran en la fig. 18.9.

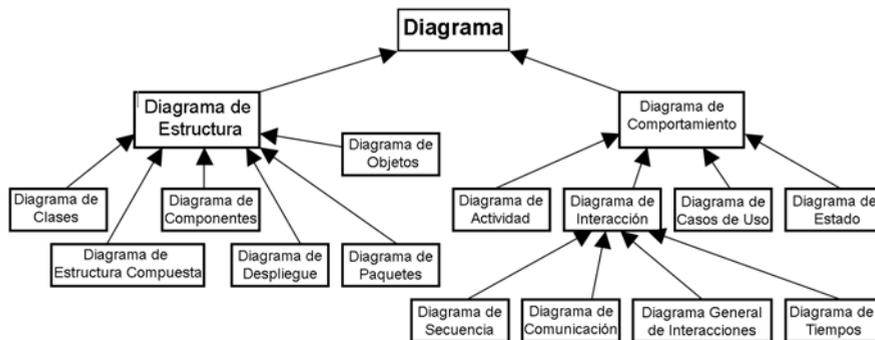


FIGURA 18.9. Tipos de Diagramas de UML (Fuente: Elaboración propia)

- **Diagramas de estructura:** definen la arquitectura estática de una aplicación. Ver ejemplo en fig. 18.6.
- **Diagramas de comportamiento:** capturan las interacciones y el estado de ejecución de un modelo.
- **Diagramas de interacción:** como subconjunto de los diagramas de comportamiento, permiten enfatizar las interacciones entre los objetos del modelo.

Los diagramas más utilizados son: casos de uso, clases, secuencia, estados, actividad, componentes y despliegue. Específicamente, el **diagrama de clases** es la columna vertebral de casi todos los métodos, pues la mayoría de los diagramas se centran en él (Fowler, 2004). El conjunto de diagramas de clases es el plano principal del proyecto, y muestra la estructura estática del sistema [170]. Las clases identifican un tipo de objetos y definen las propiedades de los mismos incluyendo:

- **Propiedades** (atributos). Datos de las clases: tipo, valores y restricciones.
- **Operaciones** (métodos): definen el comportamiento de cada uno de los objetos.
- **Asociaciones** (líneas entre clases): marcan las referencias hacia otros objetos, permitiendo la interacción entre los mismos. Existen distintos tipos de asociaciones, tal como describe la tabla 18.2.

TABLA 18.2. Tipos de relaciones en el Diagrama de Clases de UML (Fuente: Elaboración propia).

Tipo de Relación	Gráfico
Asociación simple	
Agregación (todo-parte)	
Composición (agregación exclusiva)	
Generalización (herencia)	
Realización (implementación)	
Dependencia (uso)	

La fig. 18.10 muestra un diagrama de clases típico del área de SIG, que representa las unidades administrativas en las que se divide la República Argentina y sus atributos. Según el modelo, el país está compuesto (agregación todo-parte) por provincias, las cuales, a su vez, están compuestas por ciudades. El diagrama también define, mediante la relación de generalización, que el país y las provincias son regiones geográficas.

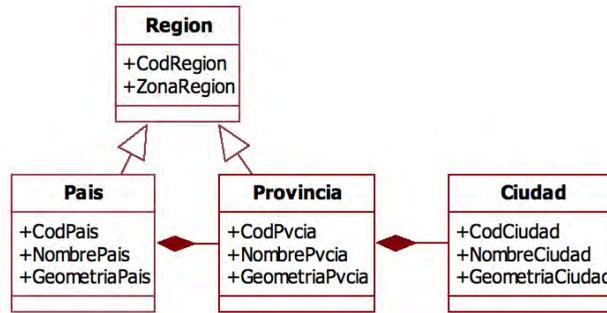


FIGURA 18.10. Modelo de clases UML de las unidades administrativas de Argentina (Fuente: adaptado de Rigaux et al., 2001)

18.4 Norma ISO 19107

La norma ISO 19107 [171] definida por el Comité Técnico ISO/TC211 especifica los esquemas conceptuales en términos de estructuras de datos y modelos de objetos que se utilizan para describir las características espaciales de entidades geográficas, y un conjunto de operaciones estándares entre estas entidades (ISO 19107, 2003). En la práctica, describe un esquema espacial conformado por un conjunto de primitivas geométricas (puntos, líneas, áreas, superficies, sólidos) y geográficas (sistemas de coordenadas y de referencia) para su uso en dos o tres dimensiones. El modelado se realiza con UML obteniendo una jerarquía de clases que se utilizan para construir el modelo de objetos de una aplicación, tal como se muestra en la fig. 18.11.

El uso de estos modelos aumenta así la capacidad de compartir información geográfica entre las distintas aplicaciones, proporcionando estructuras de datos espaciales consistentes, entendibles y compatibles.

La ISO 19107 es parte de la serie de normas ISO 19100 (ver cap. 19) cuyo campo de trabajo es la normalización en el ámbito de la IG digital, considerando la representación de los datos en formato vectorial.

En el modelo que propone, las características espaciales se describen por uno o más atributos espaciales, cuyos valores son «objetos geométricos» (derivados de la clase *GM_Object*) u «objetos topológicos» (derivados de la clase *TP_Object*). La geometría proporciona los medios para la descripción cuantitativa, a través de coordenadas y funciones matemáticas, de las características espaciales de las entidades incluyendo el tamaño, posición, forma y orientación.

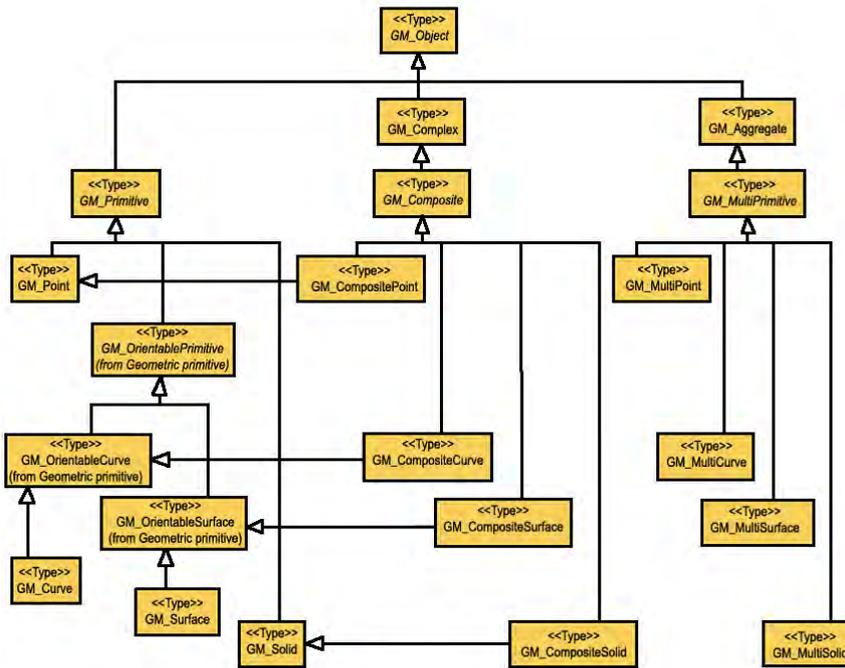


FIGURA 18.11. Jerarquía de las clases de geometría en la norma ISO 19107 (Fuente: elaboración propia)

18.5 Conclusiones

Los modelos de datos y su representación a través del uso de lenguajes de modelado permiten generar descripciones simples y expresivas, lo cual facilita el entendimiento de la realidad modelada por parte de todos los participantes en un proyecto de desarrollo de *software*.

En particular, los modelos de datos geográficos o espaciales permiten representar abstracciones del mundo real que emplean un conjunto de objetos y relaciones para representar diferentes fenómenos en mapas, permitiendo realizar también consultas, edición y análisis de la información. La Norma ISO 19107 propone un conjunto de modelos conceptuales básicos para la representación de fenómenos geográficos y los atributos asociados a éstos. Por lo tanto, y debido a la cantidad de usos y objetivos de los modelos de datos espaciales, queda clara la responsabilidad fundamental que resta a las IDE en esta área: la generación y administración consistente de modelos específicos que puedan utilizarse en cada uno de estos campos, respetando y utilizando las propuestas de esta norma a modo de «metamodelo». Aún más, las propuestas que deberán desarrollar y administrar las IDE, basadas en estándares de representación de datos espaciales como la ISO 19107, permitirán comparar, compartir y compatibilizar los modelos utilizados por diversas aplicaciones SIG con distintos objetivos. En relación a esto, Salvemini (2010) define una serie de actividades necesarias para lograr el establecimiento de modelos adecuados y sostenibles para maximizar y explotar el uso de la IG.

CAPÍTULO 19

ISO/TC 211 Y LAS NORMAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Anaía I. Argerich¹, Marcela E. Montivero², Ricardo R. Mansilla³

¹Laboratorio LatinGEO, Universidad Nacional de Catamarca, República Argentina

²Departamento Agrimensura, Universidad Nacional de Catamarca, República Argentina

³Departamento Normalización, Instituto Geográfico Nacional, República Argentina

^{1,2}{anargerich, mmontivero}@tecn.unca.edu.ar, ³rmanzilla@ign.gov.ar

Resumen. El Comité técnico (ISO/TC 211) responsable de las normas de la información geográfica, desarrolla la familia de normas internacionales 19100 para que usuarios y productores de información geográfica puedan utilizar los datos geoespaciales con mayor eficiencia. El trabajo de ISO/TC 211 es permanente, no sólo por los nuevos aspectos que deben normalizarse para completar la serie, sino además, por las revisiones a las que se encuentran sujetas las normas ya publicadas. En el presente capítulo se mencionan los conceptos más generales que involucran algunas de las normas que componen la serie, en el enfoque de las áreas de normalización que define ISO 19101, como son (a) el marco y el modelo de referencia, (b) los servicios de información geográfica, (c) la administración de datos, (d) el modelo de datos y de operadores, y (e) el perfilado. Sin embargo, debe valorarse que dichas áreas no tienen límites estrictos, ya que invariablemente se relacionan unos aspectos normativos con otros. También debe considerarse que un análisis minucioso de todas las normas que componen la familia ISO 19100, escapa a los alcances de este capítulo. El marco y la organización del modelo de referencia se definen en la Norma ISO 19101, incluyendo el modelado conceptual, el modelo de referencia del dominio, el modelo de referencia de la arquitectura y los perfiles. Esta norma utiliza el lenguaje UML para describir la información geográfica y los servicios. El marco también comprende aspectos que se detallan en otras normas de carácter general, como la terminología (ISO 19104) y los requisitos generales de conformidad (ISO 19105), entre otras. La Serie ISO 19100 pone énfasis en la normalización de la API y en una arquitectura basada en un modelo multicapas para proporcionar una descripción del sistema desde múltiples puntos de vista, tales como el computacional, el informativo, el técnico y el tecnológico. La normalización de la administración de datos engloba la descripción de los datos, su calidad y los procedimientos de evaluación de la calidad de los mismos, siendo la Norma ISO 19113 la que establece los principios y especifica los componentes de información de la calidad que deben detallarse en la presentación de informes. La Norma ISO 19115 es la que identifica los metadatos requeridos para describir datos, incluyendo la calidad de los mismos. La descripción de calidad de datos geográficos, implica la identificación de elementos generales de calidad con información no cuantitativa como el propósito, uso y linaje del conjunto de datos geográficos, y elementos de calidad con información cuantitativa definida por la completitud, consistencia lógica, exactitud posicional, temporal y temática. La normalización del modelo de datos y operadores considera la geometría del planeta y cómo pueden modelarse los fenómenos geográficos que sobre él ocurren. Los modelos conceptuales más relevantes de la Serie ISO 19100 se definen en la

Norma ISO 19103, y todos los esquemas de aplicación deben modelarse de acuerdo con el modelo de características generales especificado en la Norma ISO 19109, siendo UML el lenguaje que describe los esquemas conceptuales. La Norma ISO 19136 establece la sintaxis, los mecanismos y las convenciones del esquema XML, lenguaje de marcado que se utiliza para crear documentos con información estructurada. En caso de poseer información geográfica, se adopta GML, tanto para la descripción de los esquemas de aplicación, como para el transporte y el almacenamiento de la información geográfica. La Norma ISO 19100 incorpora también la técnica del perfilado. La Norma ISO 19106, establece las reglas necesarias para el desarrollo de perfiles o conjuntos limitados de registros y parámetros opcionales para uso de un determinado organismo productor de información geográfica, con el objetivo de garantizar la interoperabilidad. El impacto positivo que se espera del esfuerzo normativo de la familia de Normas ISO 19100 para potenciar las infraestructuras de datos espaciales, sólo se alcanzará en la medida en que se logre una aplicación generalizada de procedimientos conformes a ISO.

Palabras Clave: normas, ISO 19100, estándares geoespaciales

19.1 Introducción

Las expresiones “Serie ISO 19100” o “familia de Normas ISO 19100” aluden al conjunto de normas publicadas por ISO con el propósito de facilitar la comprensión, el acceso, la integración y la reutilización de manera eficiente de la información geográfica (García García y Rodríguez Pascual, 2008).

Las normas que componen la Serie ISO 19100 están relacionadas con objetos o fenómenos que se asocian a localizaciones sobre la superficie terrestre. Se preparan por el Comité técnico ISO/TC 211 *Información Geográfica/ Geomática* [172], con el principal objetivo de propiciar la interoperabilidad de los SIG (Feijao *et al.*, 2006).

19.2 El Comité técnico ISO/TC 211 y la Serie ISO 19100

ISO, creada en el año 1947, es una federación mundial de instituciones nacionales de normalización en la que están representados 160 países. Asimismo, intervienen otras organizaciones internacionales públicas y privadas, que colaboran estrechamente en el trabajo de preparación de normas bajo la coordinación de ISO. Hasta ahora, ISO ha publicado más de 18 000 documentos normativos.

La preparación y revisión de normas ISO se realiza a través de comités técnicos que se crean en función de las áreas de estudio requeridas para abordar los procesos específicos de normalización.

19.2.1 El Comité técnico 211

El Comité técnico 211 *Información Geográfica / Geomática* [173] habitualmente conocido como TC 211, se creó en el año 1994 para desarrollar una familia de normas internacionales que propiciaran la comprensión y el uso eficiente de información geográfica, con fines como contribuir al establecimiento de infraestructuras geoespaciales a nivel local, regional y

global, entre otros. Cabe señalar que a efectos de normalización de información geográfica, ISO estableció que debían adoptarse normas genéricas de tecnologías de la información y sólo cuando esto no fuera posible, se desarrollarían normas de información geográfica.

19.2.2 Conformación del TC 211

El TC 211 está conformado por distintos grupos de trabajo –constituidos según áreas de estudio– y otros grupos especiales que desarrollan tareas de apoyo y asesoramiento a la Presidencia del Comité. Entre estos grupos especiales destaca el TC211-OGC, integrado por miembros del TC 211 y del OGC que trabajan coordinadamente con el objetivo de establecer una única normativa de referencia en información geográfica digital o electrónica, ISO 19100, atendiendo a los fundamentos de las especificaciones OGC.

Los aspectos sujetos a normalización por parte del TC 211, se agrupan en cinco áreas principales: el marco y el modelo de referencia, los servicios de información geográfica, la administración de datos, el modelo de datos y de operadores, y el perfilado.

Para interpretar con mayor facilidad las áreas de normalización y sus relaciones, se propone desde la teoría de conjuntos un universo U que corresponde al marco y modelo de referencia que estructura la Serie ISO 19100 (fig. 19.1). El conjunto A simboliza la normalización de la administración de datos, el conjunto B simboliza la normalización de los modelos de datos y operadores, mientras el conjunto C simboliza la normalización de servicios. El espacio común entre los tres conjuntos, o intersección entre A, B y C, simboliza la posibilidad de desarrollar los perfiles y las normas funcionales.

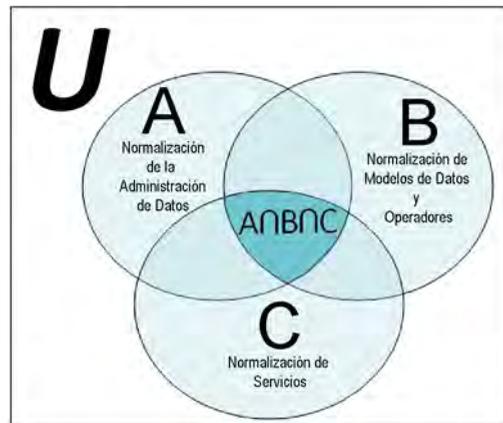


FIGURA 19.1. Áreas principales de normalización de información geográfica. (Fuente: Elaboración propia)

Las cinco áreas de normalización, integran conceptos propios de información geográfica con conceptos de tecnologías de la información, lo que explica el esfuerzo interdisciplinario requerido para la elaboración de las distintas normas que conforman la serie.

19.2.3 Funcionamiento del TC 211

El Comité técnico 211 ha trabajado, hasta diciembre de 2010, en la redacción de 56 normas, siete de las cuales han requerido la preparación de una segunda parte para contemplar nuevos aspectos dentro de un problema normativo que ya había sido abordado, como es el caso particular de imágenes en el modelo de referencia (Norma ISO 19101 Parte 2, ya aprobada y publicada) o de metadatos (Norma ISO 19115 Parte 2, ya aprobada y publicada) entre otros, o para definir reglas para el desarrollo de ontologías en lenguaje OWL (Norma ISO 19150 Parte 2, aún en desarrollo). El número más alto que se había asignado a esta familia de normas, correspondía a la ISO 19159, aunque debe señalarse que una de ellas resulta atípica en esta serie numérica, ya que le corresponde el número 6709.

Toda norma ISO está sujeta a revisión, por lo que es aconsejable consultar siempre cuál es la última edición vigente. El listado de normas ISO/TC 211 publicadas, así como el estado actualizado de cada uno de los documentos de trabajo, está disponible para consulta en la página web (véase [172]).

19.2.4 Disponibilidad de las Normas ISO 19100

Las normas pueden adquirirse en formato digital o en papel, y todas se publican en inglés. Para la Serie ISO 19100, a diciembre de 2010, ISO ofrecía asimismo versiones en francés de unas 22 normas.

El hecho de no contar con publicaciones de estas normas internacionales en español por parte de ISO, ha impuesto a los países de habla hispana la necesidad de traducirlas, tarea que entraña no pocas complejidades si se tiene en cuenta las diversidades léxicas que se presentan en la selección de terminología y definiciones relacionadas con la información geográfica.

El Instituto Geográfico Nacional de España, con apoyo del IPGH, ha iniciado a mediados de 2010, la ejecución de un proyecto colaborativo para lograr la armonización de terminología y Normas ISO 19100 en español, favoreciendo la consistencia en el uso e interpretación de términos geoespaciales. En dicho proyecto colaborativo participan diferentes organismos cartográficos hispanoamericanos con el propósito de alcanzar una traducción armonizada y única que se pueda proponer a ISO como versión en español para cada una de las Normas de la familia ISO 19100.

19.3 Marco y modelo de referencia

El marco es el conjunto general de conceptos, regulaciones, criterios, metodologías y lineamientos que deben seleccionarse para alcanzar los objetivos propuestos en el proceso de normalización. El marco de normalización de la Serie ISO 19100 se define en la Norma 19101, que acota los alcances de la normalización y el contexto en el que tiene lugar.

Los modelos constituyen abstracciones de la realidad que en general se construyen para facilitar la comprensión de determinados fenómenos, por lo que tienden a simplificar un universo de estudio. El modelo de referencia para la Serie ISO 19100, alude a las abstrac-

ciones que facilitan la comprensión de la estructuración de la comunicación entre sistemas heterogéneos, a partir de:

- la descripción de la información geográfica por medio del lenguaje de modelado conceptual,
- la codificación de las relaciones que existen en el campo de la información geográfica, y
- de los servicios y protocolos que aseguran el transporte y las aplicaciones de datos geoespaciales, según una determinada arquitectura de red.

En consecuencia, se propone entre otros aspectos, un modelo de referencia –y no una arquitectura real– para implementaciones de comunicaciones por red.

La organización del modelo de referencia también se establece en la Norma ISO 19101, que utiliza criterios de ISO/IEC ya que integra conceptos de información geográfica con conceptos de tecnologías de la información. Debe tenerse en cuenta que ISO colabora estrechamente con la IEC para la normalización electrotécnica, y que las normas internacionales se redactan de acuerdo con las Directivas ISO/IEC.

19.3.1 Terminología de IG

La Norma ISO 19104, “Terminología”, ofrece las pautas y criterios para seleccionar y actualizar la terminología requerida en el marco de la IG. Presenta conceptos y los define, concretando también la estructura de un registro terminológico normalizado compuesto por la colección de datos terminológicos aplicables a la información geográfica, debiendo estar estos datos identificados inequívocamente por medio de un identificador. Asimismo, destaca la importancia de la conservación y actualización permanente de los datos terminológicos.

19.3.2 Conformidad de la familia de Normas ISO 19100

Otro de los aspectos que involucra el marco y modelo de referencia, particularmente señalado en la Norma 19101, son los requisitos generales de conformidad y las pruebas de conformidad para la familia ISO 19100, que se describen en la Norma ISO 19105.

Se entiende por conformidad, al cumplimiento de principios o requisitos asociados a especificaciones, criterios comunes o usos previstos y se aplica tanto a productos como a procesos y sistemas. ISO 19105 establece tres niveles de requisitos: obligatorios, condicionales y opcionales. Las pruebas de conformidad permiten evaluar si se cumplen los requisitos cuando éstos son aplicables. La ISO/IEC 17000, define la evaluación de conformidad como la «demostración de que los requisitos específicos relativos a un producto, proceso, sistema, persona u organismo, son respetados». Así, las pruebas de conformidad para la información geográfica, brindan la seguridad de que los productos, procesos o sistemas, cumplen con los requisitos especificados en la serie de Normas 19100.

19.3.3 Organización del Modelo de referencia

La organización del modelo de referencia considera el modelado conceptual, el modelo de referencia del dominio, el modelo de referencia de la arquitectura y los perfiles.

a) El modelo conceptual

El capítulo 7 de la Norma 19101 señala que, el modelado conceptual «es el proceso de crear una definición abstracta de alguna porción del mundo real y/o un conjunto de conceptos relacionados». Como ejemplo, propone un conjunto de fenómenos de la realidad que se desea modelar: cursos de agua, lagos o islas. En dicho ejemplo, el conjunto de construcciones geométricas como puntos, líneas y superficies, se utilizan para describir la forma de tales fenómenos.

Para describir apropiadamente este modelo: escribirlo, almacenarlo, leerlo, transferirlo y actualizarlo, se utiliza un lenguaje de modelado conceptual. Así, la familia de Normas ISO 19100, utiliza el lenguaje de modelado conceptual para la descripción rigurosa de la información geográfica y de la definición de servicios para transformación e intercambio de datos geoespaciales, adoptando el diagrama de estructura estática del UML con el OCL de UML, como el lenguaje de esquema conceptual para la especificación de las partes normativas de la serie. La adopción y uso de este esquema de lenguaje conceptual, capaz de sustentar un marco en el cual el intercambio de datos y servicios de interoperabilidad puedan realizarse a través de múltiples entornos de aplicación, se aborda en la Norma ISO 19103.

b) El modelo de referencia de dominio

El modelo de referencia del dominio representa las relaciones que existen en el campo de la información geográfica, aspecto que resulta de particular interés para los desarrolladores y usuarios de productos de *software* de sistemas de información geográfica, y fundamentalmente para estudiosos y desarrolladores de normas de información geográfica.

El modelo de referencia del dominio contempla tres niveles de abstracción: de datos, del modelo de aplicación, y del metamodelo o lenguaje que se utiliza en la definición de un esquema del modelo de aplicación. Los modelos UML se utilizan para describir conceptos del modelo de referencia.

c) El modelo de referencia de la arquitectura

El modelo de referencia de la arquitectura para información geográfica es una extensión del OSE, y permite identificar los distintos tipos de servicios que se definen en la serie de Normas ISO 19100. Sobre esa base, surgen diferentes aspectos de la IG que deben normalizarse para que tales servicios puedan operar.

Es necesario considerar que los protocolos de comunicación y la arquitectura de los sistemas constituyen la base de las tecnologías de información que se utilizan para el intercambio de datos entre distintos programas y equipos. Los modelos OSE están formados por estratos de capas o niveles de protocolos, en los que cada nivel puede comunicarse con la capa o nivel superior e inferior del mismo estrato a través de API adecuadas, como también con las capas análogas de otros estratos. En general, se señala que los niveles más bajos corresponden a los que estén más próximos del equipo físico o *hardware*, mientras que las capas superiores correspondientes a protocolos de más alto nivel, son las más cercanas al usuario.

d) Los perfiles

Por último, la organización del modelo de referencia incorpora la posibilidad de extenderlo mediante perfiles. Se consideran perfiles a los conjuntos de una o más normas base, de modo que pueda tomarse una selección de las opciones generales que proporcionan aquellas para realizar funciones específicas. La Norma ISO 19101 aclara que “norma base” incluye tanto a cualquier norma de la Serie ISO 19100 como a cualquier otra norma de tecnologías de la información.

19.4 Normalización de los servicios de información geográfica

La Norma ISO 19101 define los servicios como «las capacidades para manipular, transformar, gestionar o presentar información», y las interfaces como «las fronteras a través de las que se solicitan los servicios y a través de las que pasan los datos entre un servicio y una aplicación, dispositivo de almacenamiento externo, red de comunicaciones o ser humano». En consecuencia, de las cuatro interfaces requeridas para servicios de información geográfica en entornos informáticos distribuidos, la Serie ISO 19100, pone énfasis en la normalización de la API. Las interfaces restantes: CSI, HTI, así como ISI, intervienen en la normalización en la medida en que se identifican combinaciones de servicios e interfaces de servicios de información geográfica que lo requieran.

19.4.1 Los servicios para la IG

Los seis tipos de servicios que identifica la Serie ISO 19100 son (Argerich *et al.*, 2009):

- Servicios de gestión de información / Modelo para información geográfica.
- Servicios de interacción humana para información geográfica.
- Servicios de tarea / Flujo de trabajo para información geográfica.
- Servicios de comunicación para información geográfica.
- Servicios de procesamiento para información geográfica.
- Servicios de gestión del sistema para información geográfica.

La Norma ISO 19119 proporciona el marco de trabajo para quienes proyectan crear aplicaciones que permitan a los distintos usuarios acceder y procesar datos geográficos procedentes de diversas fuentes, a través de la identificación y definición de la interfaz, así como la definición de las relaciones de los modelos OSE.

19.4.2 La arquitectura de la IG

La arquitectura se basa en un modelo multicapas, a la que define como un conjunto de componentes, conexiones y topologías. La intención de la arquitectura es proporcionar una descripción del sistema desde múltiples puntos de vista, tales como:

- el **computacional**, que considera los patrones de interacción entre componentes (servicios) del sistema, descritos a través de sus interfaces;

- el de la **información**, que aborda la semántica y procesos de información;
- el **técnico**, que trata del diseño de los aspectos orientados a la distribución, es decir, la infraestructura requerida para soportar la distribución;
- el **tecnológico**, que describe la implementación del sistema RM-ODP en términos de una configuración de objetos tecnológicos que representan los componentes *hardware* y *software* de la implementación.

Como modelo de referencia se utiliza una arquitectura lógica, que es un conjunto de servicios y sus interfaces asociadas, y se representan en el sistema con cuatro capas adaptables a diferentes arquitecturas físicas, a las que considera como un conjunto de componentes que se ubican en recursos *hardware* o nodos, e interfaces asociadas que implementan los servicios.

19.5 Normalización de la administración de datos

La normalización de la administración de datos en la familia de Normas ISO 19100 comprende la descripción y calidad de datos, y los procedimientos de evaluación de calidad de los mismos.

19.5.1 Diccionarios de conceptos

La Norma ISO 19126 determina un esquema para el registro jerárquico de diccionarios de conceptos de fenómenos y catálogos de fenómenos, en función de los requisitos de las diferentes instituciones productoras de información geoespacial.

La norma permite la elaboración de un esquema de organización de información, que contiene la definición y clasificación de datos geográficos, descripción, atributos y valor de sus códigos.

19.5.2 Descripción de los datos: los metadatos

La Norma ISO 19115, identifica los metadatos requeridos para describir los datos geográficos digitales, y define las pruebas genéricas que deben aprobarse para alcanzar la conformidad. Los metadatos se aplican a conjuntos de datos independientes, agregaciones de conjuntos de datos, fenómenos geográficos individuales y a distintas clases de objetos que componen un fenómeno geográfico.

La Norma ISO 19115 Parte 2, extiende los estándares de metadatos para describir imágenes geoespaciales y datos raster.

ISO 19115 define un extenso conjunto de elementos de metadatos, pero advierte que usualmente sólo se utiliza un subconjunto del total de elementos. Al considerar esencial que se mantenga un número mínimo de elementos básicos de metadatos para un conjunto de datos, enumera los elementos fundamentales de metadatos requeridos para identificar cualquier conjunto de datos, normalmente con fines de catalogación.

La utilización de elementos opcionales recomendados, además de los elementos fundamentales y obligatorios, propicia la interoperabilidad, permitiendo a los usuarios seleccio-

nar sin ambigüedades los datos geográficos proporcionados por los productores en función de los metadatos correspondientes.

La Norma ISO 19139 desarrolla también una implementación en XML del modelo de metadatos descrito en la Norma ISO 19115.

19.5.3 La evaluación de calidad de datos

La calidad de datos también debe transmitirse en forma de metadato. La Norma ISO 19113 establece los principios a considerar para la descripción de la “calidad de datos geográficos” y especifica los componentes de información de calidad que deben detallarse en la presentación de informes. La norma señala que estos principios son aplicables tanto a los productores de datos que proporcionan información sobre la calidad para describir y evaluar el grado en que un conjunto de datos cumple con lo especificado en el producto, como también son aplicables a los usuarios de datos que intentan determinar si ciertos datos geográficos específicos reúnen la calidad suficiente para su uso particular.

La descripción de “calidad de datos geográficos” implica la identificación de elementos generales de calidad (información no cuantitativa) y elementos de calidad (información cuantitativa). La información no cuantitativa hace referencia al propósito, uso y linaje del conjunto de datos geográficos. La información cuantitativa, en cambio, documenta la calidad de un conjunto de datos geográficos a partir de elementos de calidad aplicables. La calidad se caracteriza por los siguientes elementos: completitud, consistencia lógica, exactitud posicional, exactitud temporal y exactitud temática (Ariza, 2002). Por otra parte, cada elemento de calidad tiene subelementos asociados, para los que se utilizan determinados descriptores.

La Norma ISO 19114 proporciona los métodos adecuados para evaluar la calidad y define tres clases de conformidad: una para procedimientos de evaluación de calidad de conjuntos de datos estáticos o dinámicos, otra para evaluación de calidad de datos (método directo o indirecto), y una tercera para presentar informes de calidad de información.

La Norma ISO 19138, por su parte, permite cuantificar la calidad, utilizando medidas comparables. Su principal objetivo es la normalización de las componentes y estructuras de las medidas de calidad de datos mediante la creación de un registro de las medidas que se usan regularmente.

La norma proporciona un grupo inicial de medidas de calidad de datos basadas en indicadores, así como medidas múltiples definidas para cada subelemento de calidad. La elección de las medidas a utilizar depende del tipo de datos y el propósito perseguido.

Las medidas de calidad de datos deben conservarse en un registro. Dicho registro contiene los componentes técnicos que especifica la norma, definiendo las medidas de calidad que deben acompañar a la información administrativa. El proceso de registro se realiza conforme a la Norma ISO 19135.

19.6 Normalización del modelo de datos y operadores

La normalización del modelo de datos y operadores considera la geometría del planeta y cómo pueden modelarse los fenómenos geográficos.

Los modelos conceptuales más relevantes de la Serie ISO 19100 se definen en la Norma ISO 19103. Y todos los esquemas de aplicación deben modelarse de acuerdo con el modelo de características generales especificado en la Norma ISO 19109. Como se ha señalado, dentro de la Serie ISO 19100, UML es el lenguaje preferido para describir los esquemas conceptuales.

19.6.1 El esquema espacial

El esquema espacial, que comprende tanto la geometría como la topología espacial, se aborda en la Norma ISO 19107. Sus aspectos normativos se profundizan en la Norma ISO 19111, que identifica y describe la referencia espacial por coordenadas.

El intercambio eficiente de datos correspondientes a determinadas ubicaciones de puntos geográficos, requiere formatos universalmente interpretables y que permitan la identificación de puntos por encima y debajo de la superficie terrestre. La Norma ISO 6709 especifica la representación de coordenadas que se utilizarán en el intercambio de datos y la representación de las unidades de medida y de coordenadas, incluyendo latitud y longitud, representación plana de un punto por medio de coordenadas distintas a la latitud y longitud, y la representación de altura y profundidad que podría asociarse con las coordenadas planas.

19.6.2 El esquema temporal

La Norma ISO 19108 establece los aspectos normativos del esquema temporal que incluye consideraciones sobre geometría y topología temporal, así como los sistemas de referencia temporal. Debe tenerse en cuenta que un objeto de la topología temporal es un elemento temporal que describe el orden o las propiedades de los fenómenos como características temporales.

19.6.3 XML y GML

La Norma ISO 19136 establece la sintaxis, mecanismos y convenciones del esquema XML. El objetivo es proporcionar una codificación normalizada de los tipos que se detallan en los modelos conceptuales especificados en la Serie ISO 19100. Para ello, adopta GML tanto para la descripción de los esquemas de aplicación, como para el transporte y el almacenamiento de la información geográfica. Las pruebas genéricas para esquemas de aplicación GML que proporciona esta norma, incluyen los esquemas que definen fenómenos y colecciones de fenómenos, geometrías espaciales, topologías espaciales, tiempo, sistemas de referencias por coordenadas, coberturas, observaciones, valores, diccionarios y definiciones.

19.7 Normalización de perfiles

Un perfil es un modo específico y determinado de aplicar y utilizar una norma. Consiste en seleccionar un conjunto de registros y de parámetros opcionales, lo que facilita la adopción

de la normativa para aplicaciones prácticas, constituyendo en sí mismo, un subconjunto de una o más normas base.

La Norma ISO 19106 establece las reglas necesarias para el desarrollo de perfiles por parte de los organismos productores de IG, procurando integrar distintos elementos derivados de una o varias de las normas con el objetivo de lograr interoperabilidad, propiciar implementaciones coherentes y promover analogía en el desarrollo de pruebas de conformidad.

Un perfil debe establecer claramente la relación que existe en un conjunto de normas base que se utilicen de forma conjunta, y debe permitir la individualización de detalles particulares de cada norma base utilizada.

Los perfiles pueden hacer referencia a otros perfiles para describir funciones e interfaces definidos en éstos, ajustándose la elaboración de referencias directas a las normas base.

La Norma ISO 19106 establece que un perfil debe contener los siguientes elementos generales:

- Resumen del alcance de la función generada en el perfil y de los requisitos de usuario que se verán satisfechos.
- Detalle de interfaces y descripción del contexto de aplicación del perfil.
- Definición de la comunidad de interés a la que se encuentra dirigido.
- Referencias al conjunto de normas base y perfiles usados.
- Especificación de las aplicaciones de cada norma base o perfil al que se ha hecho referencia, indicando la elección de clases de conformidad.
- Definición de requisitos que deben observarse por los conjuntos de datos.
- Referencia a la especificación de las pruebas de conformidad, cuando sea relevante.
- Referencia informativa –para conocimiento cabal del usuario– sobre las correcciones y enmiendas técnicas a las normas base mencionadas en el perfil, y que se han considerado irrelevantes.

El procedimiento de publicación de un perfil es el mismo que se utiliza para la publicación de una norma, según establecen las Directivas ISO/IEC. Ocurre que un perfil también es un estándar, sólo que está referido a un conjunto particular. El desarrollo más extendido de perfiles hasta ahora, responde a los perfiles de metadatos de información geográfica que adoptan los distintos países.

CAPÍTULO 20

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (OGC)

Luis E. Bermúdez¹, Joan Masó², Joan Capdevila³

¹Open Geospatial Consortium, Herndon, VA, USA

²CREAF, Universidad Autónoma de Barcelona, España

³Instituto Geográfico Nacional, Servicio Regional en Cataluña, Barcelona, España

¹lbermudez@opengeospatial.org, ²joan.maso@uab.es, ³joan.capdevila@mpt.es

Resumen. La organización internacional OGC está formada por agencias gubernamentales, universidades, compañías y centros de investigación, y tiene como misión promover el uso de estándares y tecnologías abiertas en el área de sistemas y tecnologías de la información geográfica y afines. El OGC mantiene el programa de especificación de estándares, el programa de experimentación en interoperabilidad y el programa de adopción. Dentro del programa de especificación, los grupos de trabajo de estándares elaboran, por consenso, documentos que estandarizan aspectos independientes, mientras que los grupos de trabajo temáticos debaten como mejorar la interoperabilidad de información geoespacial en sectores profesionales determinados o para temas concretos. A pesar del interés inicial por los estándares para API que fueron desarrollados por el OGC hace ya más de una década, la aparición de las IDE, y su necesidad de establecer plataformas interoperables y distribuidas en la web, ha potenciado el éxito de los estándares para servicios web que usen, en lo posible, estándares de codificación y de datos. Los servicios web tienen una estructura cliente-servidor común basada en el uso de protocolos de comunicación con peticiones codificadas sobre una URL (a partir de pares clave-valor KVP) o en documentos XML o en protocolos SOAP. Todos los servicios comparten una petición común denominada *GetCapabilities* y un mecanismo de negociación de versiones. La respuesta a estas peticiones depende del tipo de servicio pero comúnmente se trata de un documento codificado en un dialecto específico de XML. Así, estos pueden clasificarse en servicios de visualización (como los servicios que generan mapas: WMS; o que responden mapas fragmentados en teselas: WMTS, completados por las extensiones de simbolización: SLD y SE; y el servicio de enlace de tablas: TJS), de accesos a datos (ya sean datos vectoriales, *features*: WFS; sobre datos ráster, *coverages*: WCS; o provenientes de observaciones de sensores, *sensor observations*: SOS), de codificación de datos (para visualización sobre globos virtuales: KML; para datos georeferenciados vectoriales GML; para observaciones y medidas de sensores: O&M; o para descripción de los propios sensores: SensorML), catálogo (CSW, en sus diversos perfiles entre los que destaca el ISO19115) y procesos (genéricos: WPS, o específicos para datos ráster WCPS), todo ello dentro del marco de referencia de OGC que determina la relación entre los diferentes estándares tanto los abstractos, los de implementación y los perfiles. En el desarrollo de IDE, los estándares y el proceso de OGC permiten establecer plataformas interoperables y distribuidas en la web. Esto posibilita que los países y comunidades del mundo puedan tomar mejores decisiones, por ejemplo para prevenir o paliar los efectos de catástrofes o para planificar mejor el desarrollo de comunidades.

Palabras Clave: *Software* Abierto, Ingeniería Web, OGC, Interoperabilidad

20.1 Introducción

El desarrollo de Internet ha permitido que organizaciones de todo el mundo puedan conectarse a una gran red de comunicación y publicar información a la que otros pueden acceder y utilizar. Se han desarrollado varias infraestructuras basadas en Internet, como es el caso de las IDE, nombre con el que se conocen a las plataformas interoperables y distribuidas en la web que permiten la integración de información geográfica. Las IDE, al igual que otras infraestructuras, están basadas en acuerdos entre sus miembros que, entre otras cosas, concretan el uso de tecnologías para publicar, acceder, visualizar y procesar los datos por Internet.

El OGC tiene como misión promover el uso de estándares y tecnologías abiertas en el área de sistemas y tecnologías de la información geográfica y áreas afines. OGC, a través de sus programas y tecnologías de colaboración, hace posible que organizaciones, incluyendo las agencias gubernamentales, universidades y el sector privado, lleguen a acuerdos para desarrollar sistemas y herramientas de información geográficas basados en tecnologías abiertas.

Este capítulo describe la visión y propuesta tecnológica de OGC, incluyendo los programas de especificación y de interoperabilidad, para el estímulo y desarrollo tanto de las IDE como de otras estrategias de intercambio de IG en sistemas distribuidos. Los estándares más importantes de visualización, de acceso de datos, de codificación de datos, de catálogos y registro, y de procesado de datos se explican brevemente dentro del marco de referencia de OGC.

20.2 El *Open Geospatial Consortium*

El OGC es una organización que tiene como misión promover el uso de estándares y tecnologías abiertas en el área de sistemas y tecnologías de la información geográfica y áreas afines.

En 2011, OGC agrupa ya más de 400 organizaciones incluyendo agencias gubernamentales, universidades, compañías y centros de investigación que pretenden colaborar con el desarrollo de especificaciones y estándares. Actualmente el Comité técnico del OGC promueve la creación de grupos de trabajo, constituidos en su gran mayoría por voluntarios de las organizaciones miembros, que se rigen mediante procesos de consenso. Los resultados de los grupos de trabajo se traducen en estándares abiertos y públicos que permiten soluciones interoperables que facilitan el acceso, la manipulación y el intercambio de información geoespacial en la web.

Las actividades del OGC se articulan alrededor de tres programas: a) Programa de especificación, b) Programa de interoperabilidad y c) Programa de alcance y adopción.

El consorcio cuenta con el personal y la tecnología necesaria para dinamizar la actividad de todos los involucrados, formando una infraestructura de colaboración que facilita el trabajo en equipo, inclusive cuando sus miembros se hallen dispersos por todo el mundo. Entre las tecnologías se encuentra un sistema de gestión de contenidos en la web, foros, infraestructura para teleconferencia y listas de correo. El Comité técnico del OGC se reúne físicamente cuatro veces al año en diferentes partes del mundo. EL OGC se financia con las

cuotas de sus miembros, licencias de certificación y con los ingresos generados por la gestión de proyectos, que forman parte del programa de interoperabilidad.

20.2.1 El programa de especificación

El programa de especificaciones (*Specifications Program*, SP) de OGC define el proceso mediante el cual se formaliza un estándar OGC. Se caracteriza por abordar el problema de la interoperabilidad desde un punto de vista teórico y deliberativo, donde los resultados deben aprobarse de forma consensuada por parte de los miembros de OGC. El eje coordinador de este programa es el Comité técnico (*Technical Committee*, TC), el cual decide qué trabajos se van a emprender y sobre la validez de los resultados.

El punto de partida para la elaboración de un estándar OGC puede ser una propuesta específica llevada a cabo por un miembro, basada en la detección de una carencia o necesidad a partir de los resultados del Programa de interoperabilidad. El TC forma un grupo de trabajo de estándares (SWG) *ad hoc* para cada propuesta. El SWG es el encargado de concretar la propuesta, siguiendo las pautas establecidas por el conjunto de documentos de la Especificación Abstracta (*Abstract Specification*), un modelo para el desarrollo de especificaciones establecido por OGC. El resultado es una serie de documentos técnicos y propuestas de acciones. El TC es el marco donde los miembros de OGC consideran las propuestas de los SWG y donde, entre otras cosas, se recomienda la adopción de estándares OGC.

El TC también puede promover la creación de grupos de trabajo temáticos (DWG) donde se discuten las cuestiones relacionadas con la interoperabilidad de información geoespacial en sectores profesionales determinados o para temas concretos. Los resultados del trabajo de los DWG también deben formalizarse según la tipología OGC y las propuestas deben elevarse al TC para su consideración.

La última responsabilidad la ostenta el Comité de planificación, quien tiene capacidad de aprobar y adoptar las recomendaciones del TC y hacerlas públicas como estándar OGC.

20.2.2 El Programa de interoperabilidad

El Programa de interoperabilidad de OGC permite definir, documentar, mejorar y poner a prueba las especificaciones actuales de OGC. Uno de los propósitos principales de este programa, es conseguir de manera rápida y práctica (basados en esfuerzos de colaboración), el desarrollo de estudios y prototipos de infraestructuras interoperables basados en estándares OGC y especificaciones presentados por los participantes de los proyectos. El OGC también proporciona un programa de servicio de pruebas de conformidad (CITE) que permite evaluar y certificar la compatibilidad de una aplicación con un estándar determinado (Percivall, 2010).

20.3 Introducción a los estándares de OGC

El principal producto o resultado de los programas OGC son los estándares materializados en especificaciones, es decir, en documentos que detallan interfaces informáticas o formas

de codificación de datos. Cada estándar se piensa para solucionar aspectos específicos de interoperabilidad, de manera que su implementación en productos y servicios produzca resultados independientes del productor y de la implementación. En la aproximación cliente-servidor, los estándares deben permitir que los desarrollos informáticos a cada lado puedan intercambiar datos sin necesidad de adecuar los correspondientes códigos.

OGC trabaja también en términos de estándar abierto, lo que significa que deben estar disponibles de forma pública y libre, sin discriminación alguna, sin costes, independiente de quien lo proporciona o de los datos que maneja y aprobado formalmente mediante consenso.

La elaboración de estándares debe llevarse a cabo de forma coordinada y coherente con el estado de desarrollo ya conseguido dentro de OGC. **El modelo de referencia OGC** (Percivall *et al.*, 2008) es un documento que describe las relaciones entre los documentos considerados básicos, es decir, los documentos de estándares abstractos y de implementación (interfaz, codificación, perfil o esquema de aplicación), y las buenas prácticas. El modelo de referencia se actualiza periódicamente y proporciona una visión general de los resultados del trabajo de los miembros de OGC que han contribuido a esa documentación básica.

20.3.1 Clasificación de los estándares OGC

El OGC produce y revisa estándares desde hace más de dos décadas. De manera muy general, los estándares OGC pueden agruparse en cuatro grandes categorías: estándares de codificación y datos, estándares de servicios web, estándares para API y estándares para clientes web (fig. 20.1).

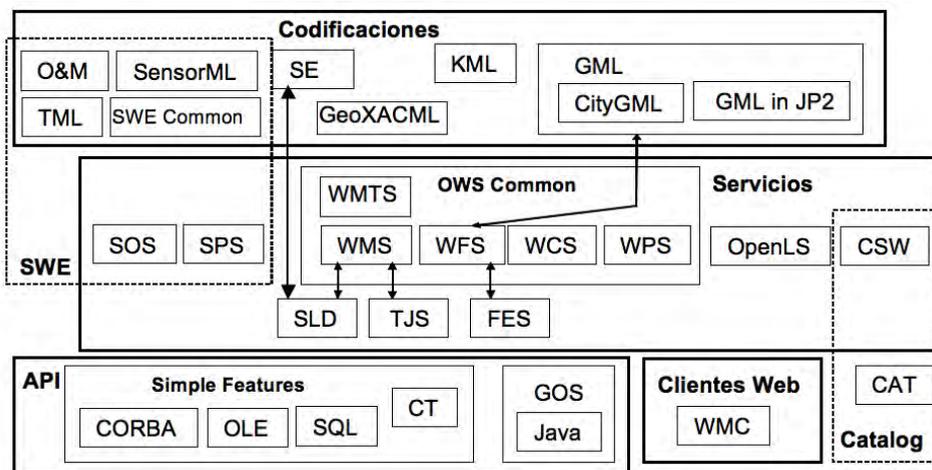


FIGURA 20.1. Clasificación de los estándares OGC (Fuente: creación propia de Joan Masó)

20.3.2 Arquitectura de los Servicios OGC

Los servicios web de OGC comparten un conjunto de características comunes que se han recogido en el estándar *OWS Common* (Whiteside y Greenwood, 2010). La mayoría de estándares de servicio han seguido o están siguiendo un proceso de armonización con *OWS Common*. Las principales características comunes de los estándares de servicios OGC son:

- **Arquitectura cliente-servidor.** Los estándares de servicio separan las aplicaciones en dos partes: el cliente y el servidor. Se establece un protocolo de comunicaciones entre ambos basado en operaciones solicitadas por el cliente, y respondidas por el servidor (llamadas a procedimiento remoto: RPC). Así, cada estándar de servicio define un conjunto limitado de operaciones para las que se define la petición y la respuesta.
- **Protocolos web.** En general, los servicios adoptan el protocolo de comunicaciones web, en el que las peticiones se efectúan a partir de una URL y la respuesta a tales peticiones es un documento (generalmente en formato XML).
- **Los protocolos web utilizados como base para las operaciones son los pares clave valor (KVP) en la URL (petición HTTP GET) y las peticiones en codificación XML (petición HTTP POST).** Recientemente se ha adoptado el protocolo SOAP y algunos servicios introducen el estilo de arquitectura REST.
- **Formato de documento.** Las peticiones envían documentos y los solicitan en un formato de documento de respuesta, lo que se conoce como tipos MIME (*MIME types*), como por ejemplo “text/xml”.
- **Mecanismo de control de errores (excepciones).** Cuando se produce un error, en general, la respuesta no es el documento esperado sino un documento excepcional que describe la característica del error.
- **Existe una operación común, y obligatoria, para todos los servicios OGC denominada *GetCapabilities*, que permite conocer a los clientes las características generales del servicio, a partir de un conjunto de metadatos de servicio (*service metadata*) y de las operaciones admitidas (*capabilities*).** La respuesta tiene una parte común (metadatos de identificación de servicio, de proveedor de servicio, de descripción de operaciones, y listado de idiomas disponibles), y una parte que depende de cada tipo de servicio y que describe los recursos que el servicio pone a disposición¹.
- **Negociación de versiones.** Todos los servicios comparten un sistema de negociación de versiones.

En un entorno web es posible descubrir información, valorar su utilidad, acceder a estos datos y procesarlos. En los siguientes apartados, se presenta una clasificación de estándares

(1) La palabra “recurso” tiene aquí un significado deliberadamente ambiguo. En los estándares de visualización y acceso a datos se la puede asociar con “conjunto de datos” (dataset). Sin embargo, el “conjunto de datos” recibirá un nombre distinto en cada uno de los servicios para evidenciar su distinta naturaleza (layer en WMS, coverage en WCS, feature type en WFS, process en WPS, etc).

para servicios espaciales del OGC en cuatro tipos según su propósito: visualización, acceso a datos, catálogo y procesado. Todos los servicios descritos a continuación incorporan y describen la petición *GetCapabilities* que no se describe individualmente en favor de la claridad y brevedad del texto.

20.4 Estándares OGC para visualizar datos

Estos estándares se aplicaron originalmente a la creación de portales que visualizaban mapas (representación en forma de imagen cartográfica con la resolución necesaria para mostrarse en el dispositivo de salida) incrustados en páginas web. Sin embargo, sus aplicaciones se han extendido a todo tipo de productos, desde SIG de escritorio a aplicaciones para dispositivos móviles.

El **estándar WMS** (de la Beaujardiere, 2004) define una operación obligatoria (*GetMap*) para obtener un mapa de una zona definida por su ámbito y dimensiones en píxeles a partir de los datos de una o varias capas (*layers*). Generalmente, esta representación se codifica en un formato común en los navegadores de mapas (image/jpeg o image/png). Los estilos de simbolización están predefinidos en el servidor.

Adicionalmente proporciona una operación opcional (*GetFeatureInfo*) que permite obtener más información sobre un punto del mapa, generalmente en un formato de texto. Se usa normalmente para implementar la consulta por localización.

Los **estándares SLD** (Lupp, 2007) y SE (Müller, 2006) permiten al usuario definir nuevos estilos de simbolización. SLD es una extensión del WMS que describe ampliaciones de la petición *GetMap* para solicitar estilos definidos por el usuario a un servidor WMS. SE es un lenguaje transversal de codificación de estilos, codificado en XML y aplicable tanto al modelo raster como al vectorial.

El **estándar TJS** (Schut, 2010) permite al usuario enriquecer los mapas disponibles en un servicio WMS a partir de tablas de información que contienen nuevos atributos. Define un formato XML para tablas de datos denominado GDAS, un conjunto de operaciones que permiten describir y obtener las tablas de datos disponibles por el servicio (*DescribeFrameworks*, *DescribeDatasets*, *DescribeData* y *GetData*), y un conjunto de operaciones que permiten enlazar una tabla GDAS con un conjunto de entidades espaciales y crear una nueva capa en un servidor WMS asociado (*DescribeJoinAbilities*, *DescribeKey* y *JoinData*).

El **estándar WMTS** (Masó et al., 2005) es muy similar al WMS, excepto que discretiza el espacio en un conjunto de niveles de zoom predefinidos y para cada uno de ellos define una matriz regular de teselas. Las teselas son indivisibles y sólo se pueden obtener una por una a partir de la petición *GetTile*. Ello permite sacar provecho de los mecanismos de caché de servidor que existen actualmente en la web, por lo que las interacciones con servidores utilizadas muy frecuentemente deben resultar más ágiles que los servidores WMS en igualdad de condiciones. Sin embargo, los clientes WMTS resultan un poco más complejos dado

que, generalmente, deben realizar diversas peticiones de teselas adyacentes hasta llenar el área de navegación con cada acción del usuario. Este estándar incorpora una codificación REST basada en plantillas URL así como peticiones *GetFeatureInfo*.

20.5 Estándares OGC para el acceso a datos

En este grupo es posible distinguir los estándares que trabajan con datos en el modelo de datos vectorial y los que trabajan con datos en el modelo de datos raster. La mayoría de ellos sólo permiten la descarga de datos, mientras que algunos estándares (denominados transaccionales) permiten la actualización de datos.

El **estándar WFS** (Vretanos, 2005) permite el acceso a datos vectoriales en formato GML. Ofrece una operación para obtener el esquema de aplicación de una o varias *FeatureTypes* (*DescribeFeature*) y operaciones para descargar un documento GML (o una parte de él), con los datos vectoriales (*GetFeature*, *GetFeatureWithLock* y *GetGMLObject*). Adicionalmente, el estándar ofrece la capacidad transaccional de crear, editar y borrar entidades vectoriales (*Transaction*) del servidor, que pasan a estar disponibles inmediatamente para el resto de los usuarios.

El estándar WFS sólo permite filtrar las entidades vectoriales por identificador, por versión y por envolvente espacial. Si se desea mayor capacidad de filtrado, FE (*Filter Encoding*) describe una codificación XML para limitar los valores de determinadas propiedades de las entidades (p. ej., número de habitantes superior a 1000). Se permite así, implementar una consulta por atributos. Más aún, permite también realizar filtros con criterios espaciales y topológicos como: la entidad contiene, cruza o está a una distancia inferior al rectángulo de la envolvente espacial o de un objeto.

El **estándar WCS** (Whiteside y Evans, 2008) permite acceder a datos raster. La principal característica del WCS es que considera los raster multidimensionales (p. ej. resultados de modelos climatológicos). WCS define 2 operaciones: una permite recuperar una descripción de cada una de las capas y todas sus dimensiones (*DescribeCoverage*), y otra permite obtener un subconjunto de los datos de las capas escogiendo una envolvente espacial y un rango dimensional (*GetCoverage*). A diferencia del WFS, no establece un formato de datos concreto y se prevé la futura aprobación de extensiones de servicio que estandaricen formatos de respuesta concretos.

El **estándar SOS** (Na y Priest, 2007) define la interfase para consultar y pedir información acerca de sensores y sus observaciones. Ayuda a sistemas de observación, como observatorios marinos, a establecer un servicio web con toda la información acerca de las plataformas y sus sensores, las observaciones en tiempo real, así como histórica, y datos brutos o procesados. Las dos operaciones más importantes de SOS son *DescribeSensor* y *GetObservation*.

20.6 Estándares OGC para codificación de datos

La codificación estandarizada de datos se ha controlado tradicionalmente por los propios fabricantes de *software* que imponían sus estándares *de facto*. La mayoría de estándares OGC utilizan como base de codificación el estándar de W3C XML que define un formato de texto controlado por un documento de esquema XSD.

KML (Wilson, 2008) es un ejemplo de estándar desarrollado fuera de OGC inicialmente por la empresa Keyhole y después por Google. KML es la codificación XML nativa de Google Earth, inherentemente 3D y pensado para la presentación final de datos (incluyendo incluso la posición del observador) y no para su almacenado y análisis. Un esquema XSD prefijado permite la definición de entidades vectoriales 3D con estilos de simbolización y un atributo HTML. Tiene limitaciones importantes como: la ausencia de definición de tipos de entidad, el soporte sólo a la proyección latitud-longitud en WGS84 y la inclusión de un único atributo para cada entidad.

El **GML** (Portele, 2007) es una codificación XML inicialmente concebida para el intercambio de datos vectoriales. El GML proporciona herramientas para la definición de entidades vectoriales 2D y 3D, simples o complejas. En la versión 3 incorpora también definiciones para el modelo raster pero su uso ha tenido poco éxito. Su gran flexibilidad es su punto fuerte y su debilidad. Un conjunto de datos vectoriales codificado en GML requiere la definición previa de los tipos de entidades a partir de propiedades espaciales definidas por el GML y de atributos temáticos definidos con tipos básicos XML o por tipos complejos personalizables. Los datos GML deben cumplir y validarse con el esquema de aplicación definido. En la práctica, esto significa que la estructura de un documento GML genérico resulta impredecible por las aplicaciones que deben leerlo, lo que se soluciona a partir de perfiles de aplicación GML.

El **perfil GML para entidades simples** (GML-SF) (Brink *et al.*, 2010) proporciona un conjunto de restricciones a la flexibilidad del GML y facilitan su uso práctico. Establece tres niveles de restricciones (SF-0, SF-1 y SF-2). Por ejemplo, el nivel más restrictivo (SF-0) limita las entidades gráficas a una lista de primitivas que permiten definir puntos, líneas o polígonos y los tipos de atributos a tipos XML básicos y la cardinalidad a 1. Una alternativa al uso del perfil genérico para entidades simples es el uso de **perfiles de aplicación** específicos para aplicaciones concretas; éste es el enfoque elegido por los perfiles de datos de directivas como INSPIRE.

Los **estándares para sensores** definen tres codificaciones de datos: *SWE Common*, *O&M* y *SensorML*. El estándar *SWE Common* (Robin, 2011) define el modelo conceptual y la codificación XML para la descripción de los datos relacionados con sensores. *SWE Common* logra la interoperabilidad sintáctica y semántica, para que los datos de sensores puedan ser entendidos por máquinas, procesados en flujos de trabajo y compartidos en nodos de sensores web.

El **estándar O&M** (Cox, 2011) define un modelo conceptual que determina que una medición es la acción de estimar el resultado de una propiedad de una entidad de interés

(p. ej. temperatura del aire del centro de Barcelona) de acuerdo a un proceso (p. ej. lecturas por medio de termómetros). O&M también define una codificación XML para resultados de observaciones y está concebido para que se puedan desarrollar extensiones. Por ejemplo, *SWE Common* permite representar el resultado de la medición y *SensorML* (Botts y Robin, 2007) permite representar la descripción de procesos (sensores, plataformas u otros procesos). Algunos de los aspectos que se pueden describir con *SensorML* son: posición geográfica, contacto, enlace con manuales, tipo de datos que miden, unidades de medida, control de calidad, procedencia, descripción sistemática y otros parámetros asociados a un procedimiento de medida.

20.7 Estándares OGC para catálogos y registros

Los servicios de catálogo ofrecen la capacidad de publicar y localizar colecciones de metadatos, tanto sobre datos como sobre servicios, así como sobre otras fuentes de información. Los metadatos recogidos y ofrecidos por estos catálogos contienen información que describen los recursos disponibles (fig. 20.2).

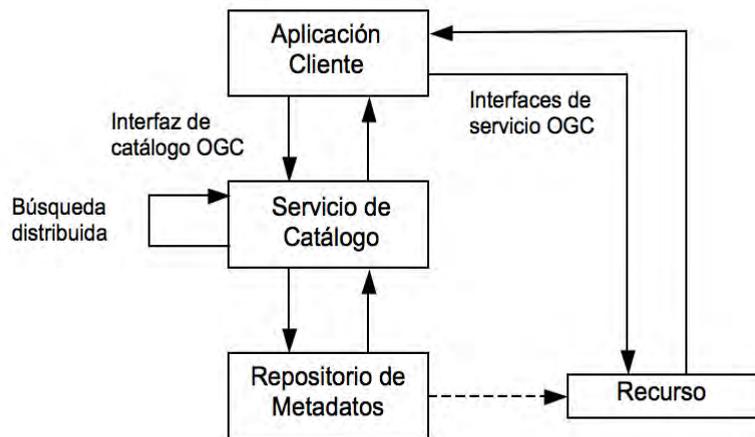


FIGURA 20.2. Arquitectura de referencia de OGC para servicios de catálogo. (Fuente: Nebert *et al.*, 2007)

Esta información debe ser suficiente como para que se pueda interrogar a los recursos y ponerlos a disposición para su evaluación y proceso, tanto por humanos como por máquinas. Los servicios de catálogo son, por lo tanto, necesarios para la localización de recursos geoespaciales registrados dentro de una comunidad. Su papel en las IDE es esencial, dado que requiere de una capacidad de búsqueda de la información con cierto nivel de inteligencia, lo que a su vez exige que los metadatos estén basados en modelos bien conocidos que incluyan referencias espaciales. Sólo de esta manera se consigue automatizar y mejorar la eficiencia de la búsqueda de recursos geográficos (p. ej. otros servicios de OGC) (Sánchez Maganto, 2009).

La especificación del servicio de catálogo esta diseñada para dar soporte a varios niveles de detalle (Nogueras-Iso *et al.*, 2005). Por ejemplo, el perfil CSW 2.0.2 / ISO 19115, es un modelo que extiende el modelo general pero utiliza los modelos de metadatos ISO 19115/19139 sobre http (Nebert *et al.*, 2007). Este perfil es el más usado para la construcción europea de IDE.

20.8 Estándares OGC para el procesado de datos

Los estándares OGC hacen posible que la información espacial pueda distribuirse en Internet. Bajo tales circunstancias, resulta de gran utilidad la capacidad de ejecutar procesos analíticos remotos que extiendan las capacidades de los servicios web de visualización y consulta.

El estándar WPS (Schut, 2007) permite publicar, localizar y usar procesos geoespaciales. A través de la interfaz del WPS es posible describir los datos de entrada y de salida, así como los modos de ejecución y de acceso a la información producida. WPS permite que procesos específicos sobre datos geoespaciales (p. ej. interpolación sobre una rejilla determinada) se puedan publicar como servicios web para ser usados por clientes distribuidos en la web. Basado en WPS, el estándar WCPS se diseñó inicialmente como un estándar independiente. Este documento formaliza las operaciones de procesado raster y se está reformulando como un perfil WPS.

20.9 Conclusiones

El programa de interoperabilidad de OGC cuenta con iniciativas que ayudan a definir, documentar, mejorar y poner a prueba las especificaciones y estándares internacionales. El Programa de especificación define el proceso mediante el cual se formaliza un estándar OGC. Los estándares OGC son estándares públicos y abiertos, disponibles para todos sin coste alguno, independiente de quien lo proporcione o de los datos que maneje, y se aprueban formalmente mediante consenso.

Los estándares OGC se pueden categorizar en estándares de codificación y datos, de servicios web, de programación de aplicaciones (API) y para clientes web. En este capítulo, se han destacado los servicios web. Estos se basan en la arquitectura cliente servidor, utilizan protocolos de la web, cuentan con mecanismos de control de errores y una operación común (*GetCapabilities*) que describe de manera consistente las características de cada servicio.

Al presente (fines de 2011) OGC tiene disponible una amplia lista de estándares, incluyendo WMS, SLD/SE, TJS y WMTS; WFS, FE, WCS, y SOS para acceso a datos; KML, GML, SWE Common, O&M y SensorML para codificación de datos; CSW con sus diferentes perfiles para catálogos y registros y finalmente WPS y WCPS para el procesado de datos.

CAPÍTULO 21

LENGUAJES GEOESPACIALES

Federico Vladimir Gutiérrez^{1, 2}, Elzbieta Malinowski³, Alejandro Rodríguez⁴

¹LatinGEO, Grupo de Investigación Mercator, Universidad Politécnica de Madrid, España

^{2,4}Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Managua, Nicaragua.

³Escuela de Ciencias de la Computación e Informática, Universidad de Costa Rica

¹fv.gutierrez@upm.es, ²vladimir.gutierrez@gf.ineter.gob.ni, ³elzbieta.malinowski@ucr.ac.cr

Resumen. Para que la comunicación sea efectiva en una comunidad, debe existir un lenguaje común entendible por todas las partes involucradas. La utilización de ese lenguaje es un acuerdo al que se llega de manera explícita y su especificación, como también las normas y protocolos de su uso, deben conocerse para evitar malentendidos. De manera similar a la humana, cuando los ordenadores y los programas de *software* necesitan intercambiar datos, también se deben especificar los lenguajes y establecer los protocolos o métodos de comunicación. Si se trata de intercambiar información geográfica a través de Internet, también debe seguirse un patrón similar. Los protocolos para este intercambio usan los denominados “lenguajes de marcado”, siendo GML y KML los más conocidos. Estos lenguajes permiten codificar cada elemento de la información y también incluir descripción de su estructura. Además, estos lenguajes son legibles tanto por ordenadores como por las personas que los usan. El presente capítulo es una introducción a los lenguajes geoespaciales. Inicialmente se explica brevemente la diferencia entre servicios, protocolos y lenguajes geoespaciales, y mediante un ejemplo se muestran relacionados todos estos conceptos. También se enumeran varios servicios, protocolos y lenguajes que, aunque no se traten en profundidad en este capítulo, sirven para mostrar su existencia y evolución. Posteriormente se presenta la estructura y componentes básicos que forman el documento XML como base para los lenguajes geoespaciales de marcado GML y KML, ampliamente utilizados en la actualidad, tanto para el intercambio de información espacial como para (en el caso del segundo) su representación. A continuación se ahonda en la explicación indicándose las principales diferencias y similitudes entre ellos, y al mismo tiempo se ilustra con un ejemplo que integra las principales características representativas de estos lenguajes. Para finalizar, se presentan las conclusiones, destacándose la importancia de estos lenguajes, imprescindibles para cumplir los requisitos crecientes de IG.

Palabras Clave: Lenguaje de Mercado Geográfico (GML), Lenguaje Extensible de Mercado (XML), Intercambio de Información Geoespacial.

21.1 Introducción

La comunicación entre ordenadores y programas *software* necesita normas y protocolos que indiquen los métodos y especifiquen las formas para el intercambio de información. El uso de estas normas asegura que el mensaje transmitido sea correctamente recibido e interpretado por el receptor.

Desde la aparición de Internet, se buscaba una forma de codificación del mensaje enviado que asegurara la interoperabilidad entre sistemas heterogéneos que participan en el intercambio. Esto dio origen a la creación del XML, cuyas características facilitan la transmisión de la información referente tanto a la estructura de los datos como a los datos en sí mismos. El XML permite, además, diseñar otros lenguajes de marcado para dominios específicos. Esta última característica abrió la posibilidad de crear el GML y el KML como respuesta al creciente interés en el intercambio de la información geográfica por medio de Internet.

El presente capítulo es una introducción a los lenguajes geoespaciales. Inicialmente se explica brevemente la diferencia entre servicios, protocolos y lenguajes geoespaciales. Para luego presentar la estructura y componentes básicos que forman el documento XML, y a continuación ahondar en la explicación a los lenguajes geoespaciales GML y KML, para finalizar con las conclusiones.

21.2 Servicios, protocolos y lenguajes geoespaciales

Las IDE se basan en los fundamentos de los sistemas distribuidos y los especializan para aplicarlos al mundo de la información geográfica (Tait, 2005). Bajo esta premisa, en un entorno geoespacial distribuido en Internet, es necesario utilizar los protocolos de comunicación ya existentes en el mundo de las redes de ordenadores. Estos protocolos permiten solicitar servicios para enviar datos espaciales codificados por medio de lenguajes geoespaciales.

21.2.1 Servicios y protocolos

El OGC define especificaciones y estándares que tienen como objetivo habilitar, a través de Internet, entornos distribuidos e interoperables para compartir el acceso a conjuntos de datos y funcionalidades relacionados con información geográfica [174]. Estas especificaciones incluyen diferentes elementos, desde las definiciones de datos espaciales hasta las referencias a servicios, protocolos y lenguajes geoespaciales.

Un **servicio** es una forma de intercambio de información, que consiste en una o varias operaciones realizadas por el *software* como respuesta a la petición del cliente que solicita el servicio específico. Por ejemplo, en la fig. 1 se define un servicio llamado WFS-T, que al ser requerido permite insertar un objeto geográfico en una capa (tanto su descripción como su geometría). Además, un servicio puede ser más complejo y usar como una parte de sí mismo otros servicios definidos previamente. De esta forma, se pueden reutilizar las funcionalidades y definiciones de diferentes servicios, como es el caso de los servicios definidos por OGC. Tanto el cliente (sea persona u otro servicio) como el servidor que ofrece el servicio, deben interactuar entre sí por lo que se deben establecer protocolos y un formato de comunicación de datos.

El **protocolo** se define como un conjunto de reglas semánticas y sintácticas que determinan el comportamiento de entidades interactuando entre sí [175]. A nivel de comunicación, existen varios protocolos a través de Internet, como por ejemplo HTTP, SOAP, IP, entre otros.

Por otro lado, un **formato de datos** es un conjunto de reglas y normas que se establece y que se aplican a la información para su almacenamiento y transporte. Al conocer el formato, el receptor es capaz de interpretarlo adecuadamente. En el entorno de Internet, el formato más utilizado es el XML o el GML. Como ejemplo de uso de estos lenguajes se pueden mencionar la OAI-PMH [176] o el WMS [177].

La fig. 1 ilustra la relación entre los conceptos de servicios, protocolos y lenguajes en el ámbito geoespacial. El dueño del restaurante Rico quiere dar las coordenadas donde se encuentra su negocio. El cliente (el dueño del restaurante en el lado izquierda de la imagen) codifica en XML y GML la solicitud de insertar un objeto geográfico (su restaurante en forma de coordenadas) usando, a través de Internet, un servicio llamado WFS-T. La solicitud se ejecuta mediante el protocolo HTTP que a su vez requiere de la ejecución del protocolo IP (dirección del ordenador que contiene la base de datos donde se almacenará la situación del restaurante Rico).

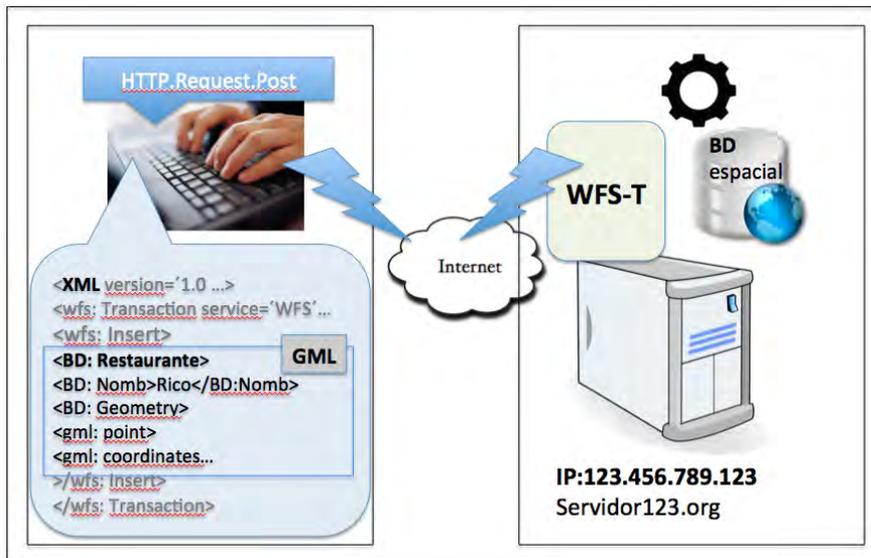


FIGURA 21.1. Ejemplo del uso de servicios, protocolos y lenguajes para realizar la comunicación entre el cliente y el servidor en un entorno Internet. (Fuente: Elaboración propia.)

21.2.2 Lenguajes geospaciales

Se pueden considerar **lenguajes geospaciales** aquellos que, haciendo uso de ordenadores para su procesamiento y comunicación, presentan algún componente geográfico en datos o procedimientos. Estos lenguajes pueden usarse con diferentes propósitos, entre otros, para

consultas o para intercambio de datos. Además, pueden ser lenguajes creados para atender requisitos particulares de las aplicaciones o de uso general.

Los lenguajes de programación de propósito general incluyen un grupo de funcionalidades espaciales por medio de bibliotecas de *software* como ArcObjects [178], GeoTools [179], Sextante [180], GRASS [181], entre otros. Existen otras iniciativas particulares de creación de lenguajes geoespaciales, como por ejemplo, el lenguaje GeoPQL (Ferri y Rafanelli, 2005), el GeoSPARQL [182] o el OOGQL que crea un estándar para el uso de lenguaje geográfico de consultas orientado a objetos (Voigtman *et al.*, 1995).

GML y KML actualmente son dos de los principales lenguajes de marcado para el intercambio de datos geográficos en Internet. Son lenguajes de propósito general que, en otras palabras, pueden describir diferentes objetos espaciales y son comprensibles tanto por los ordenadores como por los usuarios. Tanto GML como KML se basan en XML, y ambos forman parte de los estándares del OGC [183, 184]. GML también es un estándar de ISO [185]. Existen igualmente otros lenguajes de marcado como el ArcXML [186] o el GeoML (Chen y Li, 1999), que no forman parte de los estándares, pero permiten la manipulación de objetos geográficos.

21.3 Lenguaje Extensible de Marcado (XML)

XML se considera como un lenguaje que permite describir la estructura y datos particulares de alguna aplicación. También se conoce como “metalenguaje”, debido a que permite la creación de otros lenguajes de marcado específicos a un dominio.

La creación de XML respondía a la necesidad de separar el contenido web de su presentación en los años 90 (Kay, 2003). A la fecha del lanzamiento de XML ya existían otros lenguajes de marcado, como por ejemplo, el SGML y el HTML. El primer lenguaje formó parte del estándar ISO desde 1986 (Goldfarb and Rubinsky, 1990) y el segundo lenguaje, creado en 1991, fue aceptado ampliamente para la publicación de información en Internet [187]. Sin embargo, SGML se mostraba complicado, confuso y burocrático [188], mientras que HTML presentaba las restricciones de un lenguaje con poca variedad de expresión, orientado principalmente a la presentación de información y no a su descripción [188]. Como respuesta a estas limitaciones, a partir de 1998 se propuso XML como lenguaje para publicar información en Internet, considerado hoy un estándar y usado en el ambiente de las tecnologías de información y comunicación (Kay, 2003).

Los documentos XML están formados por una variedad de construcciones sintácticas, entre las que se pueden mencionar (a) los elementos, (b) los atributos, (c) los comentarios, (d) la declaración XML y (e) las declaraciones de espacios de nombres. En la fig. 2 se presenta un ejemplo del documento XML sencillo que describe un calendario festivo.

Elementos: permiten representar la estructura y el contenido del documento XML. Cada elemento está formado por un par de etiquetas: (a) una etiqueta de apertura, por ejemplo <Motivo> en la fig. 21.2 y (b) una etiqueta de cierre, </Motivo> para el mismo ejemplo.

```

<?xml version="1.0"?>
<!--Un elemento raíz debe contener a los demas-->
<CalendarioFestivo xmlns="http://www.miURL.es"
xmlns:MiFecha="http://www.MiFecha.MiDE.es"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.miURL.es http://www.miURL.es/festivos.xsd">
  <DiaFeriado secuencia="1">
  ...
  <Motivo>Año nuevo</Motivo>
  <MiFecha:Fecha>
  <MiFecha:dia>01</MiFecha:dia>
  <MiFecha:mes>01</MiFecha:mes>
  <MiFecha:año>2011</MiFecha:año>
  </MiFecha:Fecha>
  </DiaFeriado>
  <DiaFeriado secuencia="2">
  ...
  <Motivo>Dia de Reyes</Motivo>
  <MiFecha:Fecha>
  <MiFecha:dia>06</MiFecha:dia>
  <MiFecha:mes>01</MiFecha:mes>
  <MiFecha:año>2011</MiFecha:año>
  </MiFecha:Fecha>
  </DiaFeriado>
</CalendarioFestivo>

```

FIGURA 21.2. Ejemplo de un documento XML. (Fuente: elaboración propia)

Los elementos pueden incluir otros elementos formando de esta manera una jerarquía. Por ejemplo, <CalendarioFestivo> en la fig. 21.2 incluye dos elementos de DiaFeriado, que a la vez están compuestos por los elementos Motivo y Fecha. Debido a la estructura jerárquica de un documento XML, se puede distinguir los siguientes tipos de elementos: “elemento raíz”, que es único y que contiene a todos los demás elementos del documento; y “elementos hijos” que son los elementos definidos dentro de otros elementos.

Atributos: asociados a los elementos, sirven para dar información adicional acerca del elemento. Los atributos se expresan en forma de nombre-valor separados por el signo “=”, donde el valor del atributo siempre debe estar contenido dentro de comillas dobles o simples. En la fig. 21.2 se puede observar el atributo llamado secuencia con los valores 1 y 2 para cada elemento DiaFeriado, respectivamente.

Comentarios: se utilizan para incluir observaciones al documento XML, empiezan con la secuencia de caracteres “<!--”, seguido por el texto de comentario y los caracteres de fin “-->” tal y como se muestra en el ejemplo de la fig. 21.2.

Declaración XML: especifica que el contenido del documento está expresado en formato XML. Permite indicar tres atributos: version (el numero de versión XML que se está implementando), encoding (el tipo de juego de caracteres utilizado) y standalone (indica si el documento incluye o no definiciones de documentos externos). La declaración XML debe ubicarse en la primera línea del documento, comenzar con la secuencia de caracteres “<?xml” y terminar con la secuencia de caracteres “>”, incluyendo al menos al atributo versión como se puede ver en la fig.21.2.

Declaraciones de espacio de nombre: permiten reutilizar nombres de las etiquetas en otras aplicaciones XML. La forma usual es declarar un nombre y un identificador uniforme de recurso (URI) y asociarlos entre sí. De esta manera se evitan ambigüedades cuando varios documentos XML utilizan los mismos nombres de etiquetas como se puede ver en la fig. 21.2 en el texto `xmlns:MiFecha="http://www.MiFecha.MiIDE.es"`. Posteriormente, este nombre se usa como prefijo en el documento XML, por ejemplo en fig. 21.2 en el elemento `<MiFecha:año>`. Una declaración de espacio de nombre especial, es la correspondiente al documento que se está creando; ésta puede seguir un formato que evite tener que indicar un prefijo para sus propios elementos y atributos. En la fig. 21.2 se puede apreciar esta declaración en: `CalendarioFestivo xmlns="http://www.miURL.es"`.

Los documentos XML pueden llegar a ser muy grandes y difíciles de manejar, facilitando así el cometer errores. Para evitar los llamados “documentos mal formados” se pueden usar los archivos de **esquema del documento XML**. Estos esquemas pueden incluir la definición de elementos, atributos, tipo de datos, ocurrencias mínimas y máximas de elementos y la forma en que se estructuran, entre otros. Los documentos XML pueden enlazarse a distintos esquemas mediante la declaración `xsi:schemaLocation`, indicando la dirección donde se encuentra el esquema. En la fig. 21.2 se muestra que el espacio de nombre `xmlns=http://www.miURL.es`, tiene asociado como esquema al archivo en: `http://www.miURL.es/festivos.xsd`

21.4 Lenguaje de Marcado Geográfico (GML)

GML está basado en la gramática XML y creado con el objetivo de describir objetos geográficos físicos o abstractos para su fácil intercambio sobre Internet. Este lenguaje permite incluir información sobre la localización y forma del objeto o datos no espaciales que describen características de este objeto geográfico, como por ejemplo, su nombre [189].

La amplia utilización del lenguaje XML para intercambiar datos en Internet motivó el desarrollo de un lenguaje de marcado que permitiese representar también los datos espaciales. Desde su primera versión de 1999, hasta la versión actual 3.2.1, GML pasó por varias modificaciones, como por ejemplo, la introducción de esquemas GML para ayudar a describir y validar los objetos geográficos, el soporte de elementos complejos, no lineales, geometrías 3D y soporte de topologías 2D, entre otros (Shekhar y Xion, 2008). Actualmente, GML es un estándar tanto de OGC [183], como de ISO [185], asegurando la normalización de la representación de datos geoespaciales entre diferentes proveedores [185, 189].

GML incluye una gran cantidad de elementos y atributos XML para dar soporte a una amplia variedad de posibilidades en la codificación de elementos geográficos y sus propiedades. La estructura de GML 3.2.1 está compuesta por 31 esquemas [190] en los que se agrupan y organizan todos los objetos que conforman la especificación de GML [189].

La fig. 3 muestra un ejemplo qué representa una línea como una abstracción de la calle (fig. 21.3a); datos convencionales que describen sus diferentes características, como por

ejemplo: nombre de la calle, tipo de cobertura, tipo de vía y fecha de creación (fig. 21.3b); y su correspondiente documento GML (fig. 21.3c).

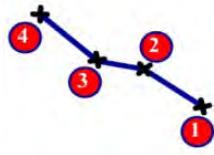


FIGURA. 21.3 (a)

Field	Value
OBJECTID	2
SHAPE	Polyline
Nombre	Albufera
TipoCobertura	Asfalto
TipoDeVía	Avenida
Fecha	01/01/1950

FIGURA. 21.3 (b)

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<gml:FeatureCollection
  xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
  xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xmlns:MiIDE="http://www.MiIDE.es"
  xsi:schemaLocation="http://www.MiIDE.es http://www.MiIDE.es/Calles.xsd">
  <gml:boundedBy>
    <gml:Envelope srsName="EPSG:4326" srsDimension="2">
      <gml:lowerCorner>40.38576 -3.66879</gml:lowerCorner>
      <gml:upperCorner>40.39818 -3.63666</gml:upperCorner>
    </gml:Envelope>
  </gml:boundedBy>
  <gml:featureMember>
    <MiIDE:Calle gml:id="id214859cd-d1a9-43fd-aeb-55bd4ea339ce">
      <MiIDE:OBJECTID>2</MiIDE:OBJECTID>
      <MiIDE:Nombre>Albufera</MiIDE:Nombre>
      <MiIDE:TipoCobertura>Asfalto</MiIDE:TipoCobertura>
      <MiIDE:TipoDeVía>Avenida</MiIDE:TipoDeVía>
      <MiIDE:Fecha>19500101</MiIDE:Fecha>
      <MiIDE:SHAPE>
        <gml:curveProperty>
          <gml:LineString srsName="EPSG:4326" srsDimension="2">
            <gml:posList>40.38576 -3.63666 40.39108 -3.64876 40.39219 -3.65772 40.39818 -3.66879
            </gml:posList>
          </gml:LineString>
          <gml:curveProperty> 1
          </gml:curveProperty> 2
          </MiIDE:SHAPE1> 3
        </MiIDE:Calle> 4
      </gml:featureMember>
    </gml:FeatureCollection>
  
```

FIGURA. 21.3 (c)

FIGURA. 21.3. Ejemplo de (a) una geometría, (b) su información descriptiva (convencional) y (c) documento GML que incluye toda la información. (Fuente: Elaboración propia)

GML está construido sobre la gramática XML lo cual se indica por medio de la cláusula `<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>`, como se puede ver al inicio de la fig. 21.3c. GML incluye una amplia gama de etiquetas adicionales que permiten definir objetos espaciales y sus características. Los diferentes elementos presentes en la fig. 21.3 se pueden agrupar de la siguiente forma:

Definición de la colección de objetos geográficos: se lleva a cabo por medio del elemento `<gml:FeatureCollection>`, el cual indica la existencia de objetos hijos que forman parte de la colección. Por ejemplo, varias calles. Para la colección de objetos se define un MBB por medio de `<gml:boundedBy>`. Su geometría en forma de rectángulo se indica

mediante el elemento `<gml:Envelope>` e incluye dos atributos: `srsName` que representa el sistema de coordenadas (EPGS:4326 para el ejemplo en la fig. 21.3c) y `srsDimension` que especifica el número de las dimensiones a utilizar (2 para el ejemplo). Los elementos hijos del elemento `Envelope` (`gml:lowerCorner` y `gml:upperCorner`), incluyen las coordenadas de dos esquinas opuestas de un rectángulo.

Definición del objeto geográfico: el elemento `<gml:featureMember>` contiene la definición de cada uno de los objetos que conforman el `FeatureCollection` (para simplificar el ejemplo, en la fig. 21.3c solo se presenta uno). En el ejemplo de la fig. 21.3c, el objeto geográfico se representa por medio del elemento `MiIDE:Calle` con un identificador indicado por el atributo `gml:id`. La definición del objeto geográfico incluye dos partes:

- **Definición de datos convencionales** (no espaciales): permite incluir descripción del objeto de acuerdo con las necesidades de los usuarios, siguiendo las especificaciones establecidas para los documentos XML. En el ejemplo en la fig. 21.3c se incluyeron varias características, como las ya indicadas anteriormente.
- **Definición de datos espaciales:** describe las características espaciales del objeto incluyendo sistema de referencia espacial usado (`gml:srsName`), las dimensiones (`srs:Dimension`), el tipo de geometría (`gml:LineString`) y la especificación de las coordenadas de los puntos que la conforman. En el ejemplo, la localización de la calle está gráficamente representada en la fig. 21.3a mediante un conjunto de coordenadas de los puntos 1, 2, 3 y 4; con sus respectivos valores incluidos en el elemento `<gml:posList>` del GML (fig. 21.3c).

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<wfs:FeatureCollection numberOfFeatures="18"
xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml" xmlns:wfs="http://www.opengis.net/wfs" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:ideewfs="http://www.idee.es/wfs" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xsi:schemaLocation="http://www.deegree.org/app http://www.idee.es/IGN-WFS-SIGLIM/ogcwebservice?SERVICE=WFS&VERSION=1.1.0&app"
>
  <gml:boundedBy>
    <gml:Envelope srsName="EPSG:4258"><gml:pos srsDimension="2">-9.30137973732953 35.2637426078868</gml:pos><gml:pos srsDimension="2">-7.68257382964713 43.7872160670354</gml:pos></gml:Envelope>
  </gml:boundedBy>
  <gml:featureMember>
    <ideewfs:CCAA gml:id="CCAA_Galicia"><gml:boundedBy><gml:Envelope srsName="EPSG:4258"><gml:pos srsDimension="2">-9.30137973732953 35.2637426078868</gml:pos><gml:pos srsDimension="2">-7.68257382964713 43.7872160670354</gml:pos></gml:Envelope></gml:boundedBy>
    <ideewfs:Nombre>Galicia</ideewfs:Nombre>
    <ideewfs:Geometria>
      <gml:MultiSurface srsName="EPSG:4258">
        <gml:surfaceMember>
          <gml:Polygon srsName="EPSG:4258">
            <gml:exterior>
              <gml:LinearRing>
                <gml:coordinates cs="," decimal="." ts=" "
                >-9.30137973732953 35.2637426078868 -7.68257382964713 43.7872160670354 -7.68277647786995 43.7872160670354 -7.68257382964713 43.7872160670354 -9.30137973732953 35.2637426078868 -9.30137973732953 35.2637426078868</gml:coordinates>
              </gml:LinearRing>
            </gml:exterior>
          </gml:Polygon>
        </gml:surfaceMember>
      </gml:MultiSurface>
    </ideewfs:Geometria>
  </gml:featureMember>
</wfs:FeatureCollection>
```



FIGURA 21.4. Parte del documento GML con la definición parcial de Galicia (España). (Fuente: elaboración propia)

La fig. 21.4 presenta un ejemplo real del uso de GML obtenido al ejecutar el servicio WFS de la IDEE en su publicación “Comunidades Autónomas” [191]. Como se puede comparar, el documento en la fig. 21.4 tiene elementos parecidos al de la fig. 21.3. Sin

embargo, existen diferencias. El elemento `<gml:featureCollection>` incluye un atributo llamado `numberOfFeatures` con valor 18 que indica la cantidad de objetos geográficos encontrados en la colección (en el ejemplo, Comunidades Autónomas de España). Cada uno de los objetos que forman la colección incluye la definición de su propio MBB.

GML permite representar diferentes tipos de geometrías definidas por OGC. En el ejemplo anterior (fig. 21.3c), se utilizó una geometría simple que representaba una línea. En la fig. 21.4, la geometría definida por el elemento `<gml:multiSurface>` permite incluir varios componentes (`<gml:surfaceMember>`), como por ejemplo superficies, de acuerdo a las necesidades particulares de las aplicaciones. Para alcanzar las coordenadas de cada vértice de los polígonos que conforman el objeto se debe navegar por la jerarquía de elementos hasta llegar a `<gml:coordinates>`.

Actualmente, GML es ampliamente utilizado y por lo tanto existe una gran variedad de *software* SIG, de libre distribución y comerciales, que permiten editar documentos GML y transformarlos a otros formatos de datos SIG y viceversa. Entre estos programas se encuentran: gvSIG, Quantum, FME, GDAL-ORG, etc. (Steiniger et al., 2010) [192], [193].

21.5 El Lenguaje de Marcado Keyhole (KML)

El lenguaje KML es parecido al lenguaje GML. Está basado en la gramática XML y permite definir objetos geográficos y cómo realizar su intercambio por medio de Internet. A diferencia de GML, KML tiene algunas limitaciones en la definición de estos objetos y adicionalmente incluye la parte referente a las características de visualización de estos objetos.

El desarrollo inicial de KML estuvo a cargo de la empresa Keyhole, que en 2004 pasó a formar parte de Google [194]. Es quien utiliza KML para la definición y visualización de los objetos geográficos en su navegador espacial Google Earth. En abril de 2008 OGC incluyó KML como parte de sus estándares con el objetivo de complementarlo con los estándares ya existentes, como GML, WFS o WMS [184].

KML permite representar objetos geográficos en la estructura de sus documentos incluyendo información sobre su visualización. La especificación de estos objetos se presenta dentro de una estructura de árbol de navegación. La estructura completa de KML se encuentra en la referencia de KML [194] y en el esquema de KML del OpenGIS [196]. En esta sección, se presentan algunos componentes basándose en el ejemplo de la fig. 5.

Al ser KML una aplicación XML (indicado por medio de `<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>` en la fig. 21.5), implica que su estructura básica se expresa en los términos de XML descritos en la sección 21.2.3, de la misma forma que GML. Los elementos de KML en la fig. 21.5 se pueden agrupar de la siguiente manera:

- **Elementos generales:** la indicación de que el documento está especificado usando el lenguaje KML se encuentra en el elemento `<kml>` (segunda línea en la fig. 21.5). Este elemento es obligatorio e incluye como parámetro la definición del espacio de nombres. Enseguida se encuentra

el elemento <Document>, dentro del cual se define el ámbito de validez para la declaración de estilos de simbología y los objetos geográficos en sí. El elemento <name> en la fig. 21.5 se define por el usuario e indica un nombre del archivo kml, que contiene la definición de los elementos.

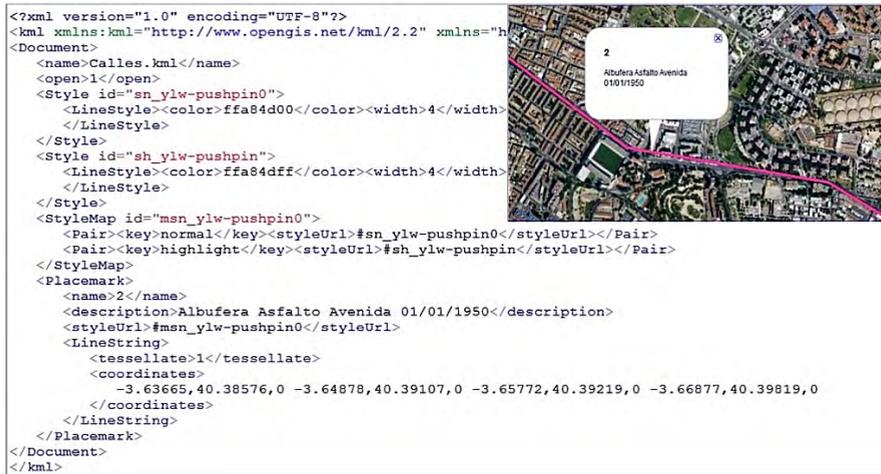


FIGURA 21.5. Ejemplo del contenido típico de un KML y su visualización en GoogleEarth. (Fuente: elaboración propia)

- **Elementos de visualización:** permiten personalizar los elementos de despliegue de los objetos geográficos. Existen varias opciones para realizarlo. En el ejemplo de la fig. 21.5 se definen primero dos elementos tipo <Style>, cada uno con un parámetro que representa su respectivo identificador único. El elemento hijo <LineStyle>, incluye la especificación de grosor (*width*) y color (*color*) de una línea. Estos estilos se utilizan posteriormente en la definición de otro elemento <StyleMap>. En el ejemplo, este último elemento contiene dos hijos: uno que indica el estilo usado cuando el cursor esté sobre el objeto (<key> highlight <\key>), y el otro estilo cuando el cursor no está sobre este objeto (<key> normal <\key>). En el ejemplo se observa la utilización de los identificadores de estilos como valor del elemento <styleURL>.
- **Elementos de la definición del objeto geográfico:** la descripción de los objetos en KML se limita a sólo tres propiedades a diferencia de GML, donde este limitante no existe. Las propiedades se describen dentro del elemento llamado <Placemark> e incluyen nombre, descripción y geometría con sus características y estilo. En el ejemplo, se representa la geometría como *LineString*, donde sus segmentos se representan mediante las coordenadas de longitud, latitud y, de forma opcional, por un tercer valor de altura (en metros) [197]. Además, existe un elemento <Tessellate> que permite indicar si se deben (1) o no (0) segmentar elementos *LineString* para las longitudes grandes, con el objetivo de representar la curvatura de la tierra.

21.6 Conclusiones

En el mundo de la tecnología de la información es importante notar que la información espacial es un elemento que trasciende las fronteras iniciales de su uso, la oficina o institución de creación. Actualmente y gracias a las facilidades proporcionadas por Internet para compartir datos espaciales, el uso de la información espacial se extiende a nuevas áreas y usuarios. Sin embargo, siendo Internet una plataforma abierta que conecta diferentes proveedores y receptores de datos distribuidos geográficamente, se requiere el establecimiento de normas que faciliten la comunicación e intercambio de estos datos espaciales.

Las normas pueden expresarse en forma de protocolos refiriéndose a diferentes aspectos, como la comunicación entre participantes, formato de datos, métodos de solicitud de datos o formas de representación, entre otros. Basándose en estos protocolos, se crea un sistema interoperable, donde el usuario puede solicitar los datos espaciales en forma de servicios definidos, y expuestos al entorno Internet por los proveedores de datos espaciales. Además, para asegurar esta interoperabilidad, los datos espaciales deben estar representados en los formatos abiertos, independientes de plataformas de *software* o *hardware* usadas.

La manera más común de intercambiar datos convencionales sobre Internet es por medio de documentos XML. Debido a que estos últimos no permiten la inclusión de datos espaciales, se extendió su sintaxis y semántica creando otros lenguajes de marcados especializados para intercambio de datos espaciales: GML y KML. De esta forma, se asegura el intercambio proactivo de datos entre diferentes partes involucradas en tecnologías de información espacial.

CAPÍTULO 22

ARQUITECTURA DE UNA IDE

Luciana Estrada¹, Antonio Razo², Rodolfo Stuvén³

¹Instituto Regional y Catastral del Estado de Puebla – ICEP, México

²Universidad de las Américas de Puebla – UDLAP, México

³Instituto Geográfico Militar, Chile

¹l.estrada@ircep.gob.mx, ²antonio.razo@udlap.mx, ³rstuvénr@igm.cl

Resumen. La puesta en marcha de una IDE exige una arquitectura informática que la soporte y que garantice las comunicaciones entre todos los interesados en la IG. Entre las arquitecturas posibles, el modelo cliente/servidor (C/S) es el estándar de funcionamiento de las IDE. Esta arquitectura, cuyos componentes *hardware* y *software* se comunican a través de redes de Intranet o Internet, se basa en que un usuario, mediante un programa llamado *cliente* situado en su ordenador, solicita un servicio a otro programa llamado *servidor* que está situado en una máquina remota. El servidor recibe la solicitud y como está basada en estándares, es capaz de comprenderla, buscarla y, tras procesar los datos necesarios, enviar la respuesta a la solicitud del usuario. Para que esto funcione, organismos como el ISO TC/211 y OGC han definido una arquitectura de referencia basada en servicios de información y cuyos componentes estandarizados e interoperables permiten las operaciones más habituales solicitadas por los usuarios de la IG, como ver mapas, crear nuevos mapas basados en otros ya existentes, comparar mapas independientemente de la escala o la proyección en la que se encuentren los datos que los definen, obtener datos, coberturas, localizar lugares, etc. Todas estas posibilidades (geoservicios) se realizan gracias a diferentes aplicaciones especializadas. Los geoportales son un ejemplo de servicio que agrupa diferentes aplicaciones cliente especializadas que permiten acceder a la variedad de geoservicios implementados en las IDE como son los servidores de mapas, de catálogo, de metadatos y de nomenclátor. Adicionalmente existen aplicaciones y clientes especializados que combinan varios geoservicios e incluso encadenan los resultados de distintos servidores. El futuro de los geoservicios estará enfocado a proporcionar información de sensores en tiempo real a una sociedad de usuarios provistos de instrumentos de comunicación (PDA, teléfonos móviles, libretas electrónicas), con dispositivos de localización GNSS y de otros tipos que ofrecerán y demandarán información basada en su ubicación, además de representarla en 3D. La evolución de las IDE en Europa, obligada por la Directiva INSPIRE, es muy rápida y tiene un buen exponente en la IDE de España. En Latinoamérica, los diferentes geoportales muestran un variado nivel de desarrollo, desde los países que todavía no lo han implementado, hasta los que tienen un buen nivel de especialización e implementación de los estándares OGC.

Palabras Clave: Arquitectura informática, interoperabilidad, Infraestructura de Datos Espaciales, IDE, Servicios geoespaciales, OGC, ISO

22.1 Introducción y definiciones

Una arquitectura informática es un conjunto de *hardware* y *software* cuyos componentes trabajan en conjunto de tal manera que tienen la capacidad de comunicarse entre ellos a través de servicios, ya sea en una Intranet o por Internet. Para que los elementos de una arquitectura informática puedan intercambiar operaciones y datos, existen estándares y protocolos de comunicación que permiten la interoperabilidad (McKee, 2005). La interoperabilidad, según el OGC, es la capacidad de comunicarse, ejecutar programas o transferir datos entre varias unidades funcionales, de manera que el usuario necesite poco o ningún conocimiento de las características de esas unidades (Percivall, 2002a).

Como se mencionó en el cap. 2, la arquitectura y el funcionamiento de las IDE se basan en un modelo llamado cliente/servidor (C/S). Este modelo se llama así porque un usuario, desde su ordenador y mediante un *software* llamado genéricamente «cliente», solicita un servicio a otro ordenador, que tiene otro *software* (llamado servidor), que entiende lo que el cliente solicita y le envía una respuesta o los datos solicitados. Una «solicitud» es una llamada que hace el cliente a una de las operaciones que puede hacer el servidor, y una «respuesta» es el resultado de una operación que proporciona el servidor a un cliente. El OGC define un cliente como el componente de *software* que puede solicitar una operación a un servidor y por otro lado, define un servidor como una implementación de un servicio capaz de recibir y procesar la solicitud de una operación (Percivall, 2002a).

Por ejemplo, los navegadores de Internet (Explorer, FireFox, Chrome, etc.) son buenos ejemplos de programas clientes que solicitan a diferentes servidores de la Web distintos servicios como, por ejemplo, el servidor de correo electrónico, el de noticias o el de videos. Gracias a este modelo C/S, el usuario dispone de variados servicios desde su ordenador. De la misma forma, en una IDE, se utilizan clientes para consultar los diferentes servicios: de mapas, de nombres geográficos, de coberturas satelitales, etc., para obtener la IG necesaria. Un cliente puede ser tanto un navegador de Internet que consulta un geoportal, como un programa de GIS especializado o incluso un dispositivo móvil desde el que se accede a la información.

Una vez definido el concepto de servicio, idea central alrededor de la que se concibe una IDE en lo que se ha venido a llamar muy acertadamente Arquitectura Orientada a Servicios (SOA), interesa distinguir claramente algunos conceptos esenciales:

- **Nodo IDE** (Béjar, 2004, 2009a, 2009b) Se define como una parte de una IDE con su propia entidad. Debe disponer de un mínimo de requisitos (algunos datos o servicios, algunos metadatos estándar sobre estos datos y servicios y una manera de localizarlos).
- **Geoportal** [205] es un sitio web que contiene por lo menos un cliente que permite la utilización de servicios remotos de IG. Es decir, es un portal para buscar, ver, obtener y en general utilizar datos geográficos mediante servicios web [198]. Un buen ejemplo de geoportal es el de INSPIRE [199] que incluye un cliente de visualización, o visualizador, y un cliente de un servicio de catálogo.

No hay que confundir ninguno de estos dos conceptos con una IDE, que es algo más que un único nodo que publica servicios y mucho más que un mero geoportal, por más que el geoportal suele ser la cara más visible y evidente de una IDE. Una IDE, por ser un sistema distribuido basado en la existencia de una comunidad de actores que colaboran, ha de estar compuesta por más de un nodo IDE y, en general, incluye un buen número de geoportales, servicios y recursos proporcionados por los nodos que la componen.

22.1.1 Arquitectura Informática C/S

La fig. 22.1 muestra el esquema del modelo C/S. Desde el punto de vista informático convencional, un cliente es un *software* ejecutándose en un ordenador local y un servidor es un *software* ejecutándose en un ordenador remoto; ambos se comunican a través de Internet/Intranet. Un servidor es capaz de atender a múltiples clientes al mismo tiempo y es el responsable de consultar la información y procesarla de acuerdo a las solicitudes de los clientes.

El hecho de utilizar un servidor como proveedor de información resulta útil en el contexto de las IDE pues, generalmente, para cada tipo de datos (catastrales, topográficos, ortoimágenes, coberturas satelitales, callejeros) existe un proveedor especializado en esa IG. Este proveedor asume los costes de adquisición o producción de la IG y la almacena en su servidor. Al implementar un servicio web en el servidor para que los usuarios puedan consultar ya sea un mapa, los propios datos o incluso el archivo con sus metadatos, se facilita su uso en otros proyectos y aplicaciones.

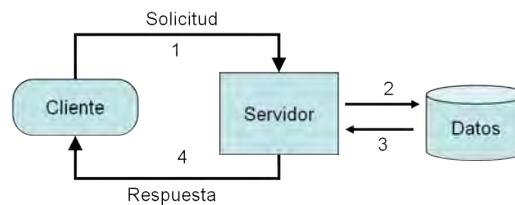


FIGURA 22.1. Modelo de la arquitectura C/S. (Fuente: Elaboración propia)

Se habla de un cliente ligero (*thin client*) o cliente liviano [200] cuando el cliente es un *software* que depende enteramente del servidor para el procesamiento de la información, aunque puede llegar a realizar parte del proceso de los datos. Un navegador de Internet (como Internet Explorer, Mozilla Firefox o Chrome) es un ejemplo de cliente ligero. Los visualizadores de mapas en la mayoría de los geoportales de las IDE funcionan con clientes ligeros o navegadores y no es necesario hacer ninguna instalación para usarlos; se cargan automáticamente en la memoria del ordenador del usuario, mientras suele aparecer un mensaje «abriendo visualizador» y se ejecutan desde ella sin que haya que arrancarlos. Si, por el contrario, es necesario instalar y ejecutar un *software* en el ordenador del usuario y éste asume el procesamiento de datos, se habla de un cliente pesado (*thick client*). Ejemplos de clientes pesados son *Google Earth* y otros Globos Virtuales, gvSIG, ArcGIS, Geomedia

y la mayoría de los *softwares* SIG disponibles. Cuando se dispone de un cliente pesado el servidor remoto se usa sólo para que proporcione los datos al ordenador del usuario y prácticamente todos los cálculos los realiza éste.

Un esquema más complejo de arquitectura, que es posible gracias a la interoperabilidad de los estándares de los servicios web (fig. 22.2), es aquel en el que un servidor consulta a su vez a otros servidores para obtener información que no dispone. Éste puede ser el caso de un servidor de mapas de carreteras que solicita a otro servidor un mapa base de imágenes satelitales y a un segundo servidor un mapa de límites territoriales. Este esquema tiene la ventaja de que el cliente se comunica con un único servidor, y no se preocupa (a veces, ni es consciente) de la comunicación con otros servidores.

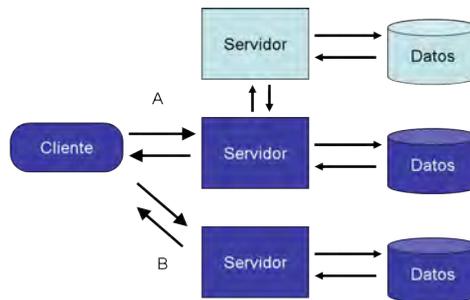


FIGURA 22.2. Un servidor puede comunicarse con otros servidores (A). Por otro lado un cliente especializado puede interactuar con múltiples servidores a la vez (B). (Fuente: Elaboración propia)

Como se mencionó anteriormente un ejemplo de cliente pesado especializado es gvSIG que tiene la capacidad de comunicarse con múltiples servidores de IG (servidor de mapas, servidor de *features*, servidor de coberturas, servicio de catálogo, etc.). Un geoportal por otro lado es un ejemplo de servidor especializado que consulta varios geoservicios en sus aplicaciones cliente de visualización de mapas, nomenclátor, catálogo y otros servicios (fig. 22.3) como se verá en la siguiente sección.

22.2 Arquitectura basada en estándares OGC y normas ISO

La definición de una arquitectura de referencia de aplicación a las IDE, basada en servicios de información, independiente de la tecnología con que se implementen, ha sido posible gracias a los esfuerzos colaborativos de varios grupos de trabajo tanto de OGC [201] e ISO TC/211 [202], (Klopfer, 2005). Estos trabajos se recogen particularmente en los estándares 19119 *Geographic Information Services* e ISO 10946 *Reference Model for Open Distributed Processing*, (RM-ODP) (Lieberman, 2003) (ver cap. 19).

A lo largo de su trabajo, como se vio en el capítulo 20, el OGC no sólo ha definido geoservicios estandarizados, sino que ha implementado lenguajes (como por ejemplo GML,

ver también cap. 21) y tecnologías que se aceptan como estándares internacionales tanto por la industria como por los gobiernos. La colección de geoservicios estándares definidos por OGC en forma de “Especificaciones”, puede consultarse en ([203]; Percival *et al.*, 2008).

Desde el punto de vista informático, cada uno de los geoservicios de una IDE está disponible a través de sus propias reglas de comunicación. Estas reglas de comunicación o interfaz con el cliente son el medio mediante el que se realizan las peticiones al servidor. Las peticiones que realiza el usuario a través del programa cliente utilizan una sintaxis estandarizada, de acuerdo con las especificaciones, y es independiente de cómo lo resuelva el servidor. El hecho de que la comunicación con un geoservicio se realice por medio de una interfaz estandarizada, permite que un geoservicio pueda utilizar otro geoservicio o que un cliente utilice la respuesta de un geoservicio para otro geoservicio, siendo éste un concepto denominado encadenamiento de servicios (*servicechaining*). Un ejemplo de este encadenamiento es el servicio de catálogo para encontrar geoservicios y datos. En efecto, cada geoservicio se define mediante sus propios metadatos, entre otros: el servidor dónde se encuentra el servicio, la descripción de sus operaciones y datos, y el tipo de servicio o estándar que implementan. Cuando un usuario quiere buscar un geoservicio, consulta al servicio de catálogo, el cual consulta los metadatos de cada geoservicio y como respuesta, le brinda al usuario el tipo del geoservicio que busca, el servidor en el que se encuentra, las operaciones que puede hacer, sus datos y el estándar que utiliza.

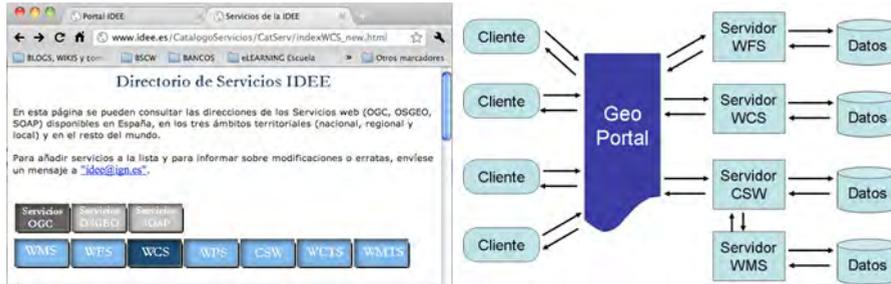


FIGURA 22.3. Los geoportales se encargan de vincular varios servidores distribuidos con múltiples clientes. A la izquierda se observa el directorio de servicios del geoportal de la IDEE (www.idee.es) con acceso a múltiples servicios OGC, OSGEO y SOAP. (Fuente: Elaboración propia)

Desde el punto de vista de la información y basándose en el estándar ISO/IEC TR 14252 *Open System Environment Model*, para Percivall, (2002b), los servicios geográficos se pueden clasificar en seis clases:

- De interacción humano-ordenador, compuesto por el visualizador geográfico, el editor geográfico y el de catálogo para localizar servicios e IG.
- De gestión de información, donde están los servicios de mapas, de *features*, de coberturas y de catálogo.
- De flujo de trabajo, para el encadenamiento de servicios y el flujo de tareas.

- De comunicación, que incluyen servicios de codificación.
- De administración de sistema donde se encuentran la administración de servicios, los controles de acceso y la ejecución.
- De procesamiento, dentro del cual se encuentran los siguientes tipos de servicios:
 - Espacial*: con servicios de conversión de coordenadas, de geolocalización, de geocodificación, de generación de rutas, de filtrado espacial de información, entre otras.
 - Temático*: clasificación temática, de generalización geométrica y de filtrado.
 - Temporal*: sistema de referencia temporal y de filtrado temporal.
 - Análisis*: servicios estadísticos (media, mediana, moda, desviación estándar, etc.)

A partir de esta clasificación, los estándares más importantes definidos por ISO y OGC son los siguientes:

- Servicios de publicación de información:
 - OGC *Web Map Service* (WMS)-ISO 19128.
 - OGC *Web Map Tile Service* (WMTS).
 - OGC *Web Feature Service* (WFS) - ISO 19142.
 - OGC *Web Coverage Service* (WCS).
 - OGC *Catalog Service* (CS).
 - OGS *Sensor ObservationService* (SOS).
- Servicios de procesamiento:
 - OGC *Web Processing Service* (WPS).
 - OGC *Web Coordinate Transformation Service* (WCTS).

22.3 Modelo de arquitectura básica para una IDE

¿Y cuál es la configuración mínima necesaria para atender los requisitos de una IDE? Aunque el capítulo 26 desarrollará con más precisión esta cuestión, aquí se apuntan algunas ideas. Primero se define la IG disponible, después se establece la plataforma informática sobre la que operará y por último, se definen los geoservicios necesarios para compartir la información.

22.3.1 La IG disponible

El objetivo final de una IDE es compartir la IG y por lo tanto, la existencia de datos que puedan compartirse es primordial. Sin datos no hay IDE. Sin embargo, la existencia y mantenimiento de datos geográficos implica un cierto grado de desarrollo del país. Este grado de desarrollo es muy variado. Algunos países disponen de capas de información generadas por diferentes instituciones estatales que pueden compartirse. Otros apenas tienen información propia. La situación en América Latina se recoge en la Tabla 22.1. Aún en el caso de países o regiones con carencia de datos, algunas organizaciones disponen de colecciones de libre acceso. Tal es el caso de *Google Maps* y su aplicación *Wikimapia* [204]; el *WorldFactbook* [205] o la iniciativa *OpenStreetMap* [210].

TABLA 22.1. Resumen de la consulta efectuada a los veinticuatro países de CP-IDEA acerca de la existencia de datos geospaciales. Respuesta de los diecisiete países que contestaron. (Fuente: CP-IDEA [207]).

DATOS	MARCO DE REFERENCIA GEODÉSICO	LÍMITES	RELIEVE	TOPOGRAFÍA	CATASTRO	NOMBRE GEOGRÁFICOS	RECURSOS NATURALES Y CLIMA
Argentina	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Belize		✓		✓			
Bolivia		✓		✓			
Brasil	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Canadá	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Colombia	✓	✓	✓	✓	✓		
Costa Rica					✓		
Cuba		✓	✓		✓	✓	
Chile	✓			✓			
Ecuador	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
El Salvador	✓		✓	✓	✓	✓	
Guatemala	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Guyana			✓	✓			
Jamaica	✓	✓	✓	✓	✓		✓
México	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Panamá	✓	✓	✓	✓			
Uruguay	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

La IG de una IDE, debe ser coherente con la de las IDE «vecinas», de manera que puedan tomarse decisiones sobre territorios comunes. Esto exige que, a nivel nacional, haya una institución al más alto nivel (por ejemplo, en España es el Consejo Superior Geográfico) que fomente la homogeneidad de la información disponible en las IDE de la nación, y que a nivel supranacional haya organizaciones que fomenten acuerdos internacionales. En Europa, es el caso de:

- La Directiva INSPIRE [208], que trata de ordenar la gestión medioambiental europea basada en las IDE de cada estado y para ello ha definido e impulsa el mantenimiento de dos conjuntos de datos homogéneos [209]: un conjunto de datos de referencia que son imprescindibles, y otro de datos temáticos fundamentales.
- La interoperabilidad de la IG y su integración, tanto dentro del propio estado como entre los estados de una región, debe garantizarse por medio de unas capas mínimas. En el caso de Europa las define *Eurogeographics* (asociación de todos los organismos cartográficos y catastrales de Europa) mediante lo que se llaman «servicios paneuropeos» [210].

- La base de datos *EuroGlobalMap* (EGN) [211], que pretende la creación de un producto vectorial continuo y armonizado a escala 1:1 000 000 en base a las bases de datos oficiales de treinta y dos países europeos, con veinticuatro clases de información estructurada en seis capas de información definidas (límites administrativos, hidrografía, transporte, poblaciones, puntos acotados y toponimia).

En la región de Latinoamérica, el CP-IDEA, encargado de impulsar las IDE de cada nación, en su reunión de agosto de 2009 afirma que «cada miembro generará su inventario del universo de datos fundamentales existentes y lo hará disponible a través de la IDE de cada país por medio de su sitio nacional y del sitio del Comité», [212]. La especificación de las capas de datos que homogeneizarían toda la región puede intuirse a partir de la encuesta que el propio CP-IDEA realizó en [207]. Se hablará más del CP-IDEA en el cap. 38.

22.3.2 La plataforma informática

Desde el punto de vista técnico la plataforma sobre la que opera una IDE es Internet por lo que la arquitectura computacional básica de una IDE opera con servidores web. Un servidor web es un *hardware* que tiene una dirección en Internet llamada IP fija y pública y un *software* especializado que atiende clientes a través de Internet utilizando el protocolo HTTP. Para localizar un servidor web específico en Internet es necesario asociar también un nombre de dominio a su dirección IP. Por ejemplo, a la dirección IP 213.229.142.8 le corresponde el nombre *www.idee.es*. El nombre de dominio de un servidor debe estar registrado en un registro oficial que se encarga de vincular el nombre del dominio con la dirección IP del servidor para que puedan así localizarlo los clientes, utilizando un servidor de nombres de dominio o DNS.

De manera básica un servidor web proporciona páginas web estáticas escritas en un lenguaje de marcas denominado HTML. A estas páginas se accede a través de Internet utilizando el protocolo estándar de comunicación denominado *Hyper Text Transfer Protocol* o HTTP. Existen extensiones y programas que permiten generar páginas web de manera dinámica; la arquitectura sobre la que funcionan estas aplicaciones dinámicas en Internet se dice que están basadas en servicios SOA o *Service Oriented Architecture*. El cap. 23 hablará a este respecto con más detalle.

Una página web es, hasta ahora, la mejor manera de dar a conocer información de una IDE y los geoservicios disponibles y un navegador web (el mejor ejemplo de *software* cliente ligero cuyo funcionamiento y uso los conocen la mayoría de los usuarios de Internet) es, hasta ahora, el mejor medio para difundir la IG de una IDE.

22.3.3 Los geoservicios

Los estándares de servicios definidos por la OGC *Web Services* son un ejemplo de arquitectura SOA especializada para geoservicios y son los que se utilizan en las IDE. Un servicio web es un proceso en un servidor web que responde con el resultado de su ejecución cada

vez que recibe una petición de parte de un cliente. Si el proceso está relacionado con IG, se dice que es un geoservicio y si éste es conforme con los estándares de OGC, será un geoservicio estándar susceptible de implementarse en una IDE.

La arquitectura más básica para la IDE consiste en un servidor que cumpla con las funciones de servidor web para ofrecer geoservicios y que a su vez, tenga acceso a los datos de manera directa. Además de esa arquitectura básica, existen otras arquitecturas informáticas más complejas que permiten que haya diferentes administradores de archivos o servidores de bases de datos para grandes volúmenes de información, servidores web dedicados, servidores para geoservicios especializados, servidores especializado para la conexión de Internet, cortafuegos (*firewalls*), y servidores de seguridad para controlar el acceso a la información. Los detalles se pueden ver en Fisher (2005), Horton (2005) y Béjar *et. al.*, (2009).

Una vez determinada cual será la información a compartir y el servidor web que se utilizará, se debe determinar qué servicios son necesarios para compartirla. Hay distintas posibilidades de acceso a la IG a través de un geoportal. Esas posibilidades pueden concretarse como respuesta a las preguntas más básicas:

- ¿Hay aquí la IG que necesito?
- ¿Qué información hay de un lugar llamado...?
- ¿Puedo ver la imagen proporcionada por esos datos?
- ¿Puedo obtener y utilizar los datos?

La respuesta a la primera cuestión exige que los datos estén descritos por medio de sus metadatos (ver capítulos 10 y 11), conforme al estándar ISO 19115. Estos metadatos los utilizará el Servicio de Catálogo, basado en el estándar *Catalog Service for Web* CSW (ver más información en cap. 27) gracias al cual el usuario puede hacer búsquedas de la información, sus características de calidad, su propietario, su cubrimiento, su fecha de elaboración, etc. El sistema le responderá con los datos disponibles y con la información de los metadatos que describen a los datos. La respuesta a la segunda pregunta exige que el sistema disponga de un servicio en el que estén georreferenciados los nombres de lugares y las *features* (los datos, ya sean puntos, líneas, polígonos) disponibles. Es necesario, en otras palabras, que haya un servicio de nomenclátor (*Gazetteer*), que funciona como un directorio georreferenciado de nombres geográficos y que gracias a él, se pueden localizar los mapas asociados a un lugar (ver cap. 12).

En el caso de querer visualizar imágenes satelitales, ortofotos o cartografía en general, debe haber un visualizador que, consultando los servicios de mapas implementados en la IDE, proporcione una representación de cada capa de información en imágenes georreferenciadas. El estándar de OGC del servicio de mapas es el *Web MapService* (WMS), que genera imágenes de los datos y que se examinará con más profundidad en el cap. 27. Por último, la posibilidad de obtener y utilizar los datos a través del Geoportal (última pregunta) se puede alcanzar mediante servidores estándar llamados *Web Feature Server* (WFS), que entregan datos vectoriales (ver cap. 28); o mediante el servidor estándar *Web Coverage Server*

(WCS), que entrega datos raster (ver cap. 28). Estas entregas dependerán de los requisitos y limitaciones impuestos por el propietario de la información.

22.4 Servicios adicionales en la arquitectura de una IDE

Un geoportail debe de tener la posibilidad de incorporar nuevos geoservicios, ya sea utilizando el servidor de catálogo de manera automatizada o a través de un directorio de servicios. La ventaja de una IDE basada en arquitectura de servicios radica en que se pueden extender los geoservicios ofrecidos de manera transparente, actualizando o reemplazando servicios sin que los clientes ni las aplicaciones existentes se vean afectados. Dentro de los servicios adicionales se encuentran (Rose, 2004):

- Servicios de publicación de información, donde los usuarios registran servicios adicionales.
- Servicios de filtrado de información, donde los clientes pueden filtrar coberturas o datos de servicios WFS o WCS.
- Servicios de estilos y representación para adecuar la presentación visual de la información en mapas (en base al estándar SLD).
- Servicios avanzados de actualización y edición de cartografía (WFS-T).
- Servicios de control de acceso a la información y privilegios de uso.

Existen ejemplos de aplicaciones especializadas que pueden hacer uso al mismo tiempo de varios de los geoservicios mencionados anteriormente: de mapas (WMS), de datos vectoriales (WFS), de datos raster (WCS) y de catálogo (CSW). Un ejemplo de estas aplicaciones, como se ha indicado anteriormente, es un visualizador web. Por otro lado, como se verá en los capítulos 29 y 30, la especificación de OGC denominada Web Processing Service (WPS) define un estándar para utilizar resultados de geoservicios como entrada para otros geoservicios, pudiéndose así realizar tareas más especializadas como por ejemplo:

- Análisis de visibilidad de un punto (resultado de una consulta a un WFS) con respecto a un terreno (resultado de una consulta de un WCS), generando como resultado un mapa (ofreciendo el resultado mediante un WMS).
- Otro ejemplo, es un servicio de georeferenciación resultado de una búsqueda en un nomenclátor que proporciona una coordenada para obtener una dirección.

Este encadenamiento de servicios (*chaining*) para aplicaciones especializadas basado en estándares OGC, son extensiones a la arquitectura de una IDE.

En el futuro se espera que las IDE tengan un uso cada vez más extendido debido a:

- Dispositivos móviles que cuentan con localización geográfica. Cada usuario de un teléfono móvil, tableta o GNSS será un cliente potencial de servicios e información que ofrezcan las IDE.
- El uso de sensores en tiempo real, para enviar información basada en localización como el estado de salud del usuario, el acceso a la información del clima, sismos, tsunamis,

tráfico, etc. Utilizar estándares de OGC para sensores (*Sensor Observation Service SOS*) facilitará la incorporación de esta información en reportes y mapas actualizados al minuto para beneficio de una comunidad (Botts, 2007).

- El uso cada vez más extendido de clientes con capacidades de visualización en tercera dimensión (3D) y el uso de globos (*Google Earth, NASA World Wind*) que exigen el acceso a la información con la tercera dimensión incorporada. Para este caso, ya existen estándares de OGC como son las especificaciones para geoservicios en 3D, *Web 3D Service (W3DS)*, *Web Terrain Service (WTS)* o *Web Perspective View Service (WPVS)*, que permiten consultar objetos georreferenciados en 3D, terreno en 3D y visualización 3D respectivamente.

22.5 Ejemplos de arquitecturas de IDE en Latinoamérica y España

La arquitectura básica de una IDE debe permitir que los usuarios puedan realizar: búsquedas de datos, visualizar la IG a través de un visualizador de mapas y realizar búsqueda de nombres de sitios a través de un geoportales que integre esos servicios (fig. 22.4).



FIGURA 22.4. Ejemplos de geoportales de la IDERC en Cuba y de ICDE en Colombia

La Tabla 22.2 muestra un listado con los geoservicios disponibles en los geoportales nacionales de Latinoamérica y España. La tabla mencionada se realizó en base a evidencias al momento de elaborar este capítulo y debe considerarse únicamente como de referencia ya que con la evolución de los proyectos nacionales cada día se van implementando nuevos geoservicios.

22.6 Conclusiones

La arquitectura y el funcionamiento de las IDE se basan en el modelo cliente/servidor (C/S) que opera sobre Internet y está totalmente operativo en múltiples países. Los países utilizan los geoportales, ejemplo de aplicaciones especializadas que permiten a un usuario conocer y utilizar la variedad de geoservicios implementados en una IDE, para dar acceso a la comunidad a la que se deben.

Hay un movimiento global generalizado para que la IG se comparta a todos los niveles, por lo que desde organizaciones internacionales se está promoviendo su disposición libre con el fin de ayudar en la toma de decisiones basadas en el territorio. Con ese fin, OGC e ISO definen estándares para la operación de geoservicios interoperables, siendo los estándares de mapas, catálogo, metadatos y nomenclátor, los básicos de una IDE. Adicionalmente, existen aplicaciones especializadas y clientes que combinan varios geoservicios como los geoportales.

El futuro de los geoservicios estará enfocado al envío de información en tiempo real, basado en localización para dispositivos móviles, tanto desde el cliente al servidor (información del propio cliente como situación geográfica, estado de salud, características medioambientales por donde se mueve, etc.), como desde el servidor al cliente respondiendo los servicios solicitados por éste y con posibilidad de representar en 3D la información. La evolución de las IDE en Latinoamérica muestra varios geoportales con un buen nivel de especialización y de implementación de los estándares OGC, lo que indica un potencial de crecimiento importante.

TABLA 22.2. Acceso a geoservicios a través de los geoportales de Latinoamérica y España. Situación en julio de 2011. (Fuente: elaboración propia)

País	IDE	Met	Viz	Nom	CSW	WMS	WFS	WCS	Geoport
Argentina	IDERA	✓	✓	✓	✓	✓	✓		www.sig.gov.ar
Bolivia*	IDE-EPB		✓			✓			geobolivia.abc.gob.bo
Brasil	INDE	✓	✓	✓		✓			www.inde.gov.br
Chile*	SNIT	✓	✓	✓		✓			www.geoport.cl
Colombia	ICDE	✓	✓	✓		✓			www.icde.org.co
Costa Rica	INDG								-
Cuba	IDERC	✓	✓	✓	✓	✓			www.iderc.cu
R Dominicana	-								-
Ecuador*	IEDG	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	www.geoportalign.gob.ec
El Salvador	-								-
España	IDEE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	www.idec.es
Guatemala	IDEG					✓	✓		www.segeplan.gob.gt
Honduras	INDEH								-
México	IDEMex	✓	✓	✓		✓			www.inegi.gob.mx
Nicaragua	-								-
Panamá	IPDE								-
Paraguay	SNIG								-
Perú	IDEPE	✓	✓	✓	✓	✓			www.geoide.gob.pe
Portugal	SNIG	✓	✓	✓	✓	✓	✓		snig.igeo.pt
Uruguay*	IDEUy	✓	✓	✓	✓	✓			www.agesic.gu.uy
Venezuela*	IDEVEN	✓	✓	✓	✓	✓			www.geoportalsb.gob.ve

Met-Metadatos. Viz-Visualizador. Nom-Nomenclator/Gazetteer. Respuesta oficial de encuesta realizada (*). Sin datos (-).

CAPÍTULO 23

INTRODUCCIÓN A LAS ARQUITECTURAS ORIENTADAS A SERVICIOS EN EL CONTEXTO DE IDE

Laura Díaz¹, Carlos Granell²

^{1,2}Instituto de Nuevas Tecnologías de la Imagen, Universitat Jaume I de Castellón, España

^{1,2}{laura.diaz, carlos.granell}@uji.es

Resumen. El paradigma de computación distribuida orientada a servicios tiene su origen en un conjunto de principios y patrones de diseño en torno al concepto de servicio. Es conocido genéricamente como Arquitectura Orientada a Servicios (SOA). En SOA los servicios desempeñan un papel fundamental, ya que son las unidades básicas de computación y actúan como un engranaje que permite la creación de servicios mucho más complejos en términos de interacción y funcionalidad, que a su vez pueden reutilizarse para el desarrollo de aplicaciones distribuidas basadas en servicios. Este capítulo pone de manifiesto la similitud entre la arquitectura SOA y las IDE. De hecho, las IDE del presente se pueden considerar como un buen ejemplo del paradigma SOA, visto como un diseño e implementación concreta de los principios SOA, y en especial, en el concepto de servicio como unidad de computación. Por lo tanto, cualquier estudio, proyecto o aplicación que se base o extienda funcionalmente una IDE debe tener en cuenta el diseño básico de servicio, sobre el que derivan la mayoría de las actuales implementaciones de una IDE. Para comprender la implicación de SOA en el mundo de la IDE, este capítulo introduce en primer lugar los principios básicos de SOA, describe el modelo de interacción entre consumidores, proveedores y registros de servicios, y detalla las principales funciones de estos tres participantes. Como complemento práctico a los principios y conceptos genéricos expuestos, el capítulo describe a continuación las principales tecnologías web que sustentan una arquitectura SOA. La pila de tecnologías web se puede estructurar en diferentes capas según la funcionalidad que desempeñan. Para cada capa o funcionalidad básica que puede formar parte de una aplicación SOA, se describe la tecnología web predominante. Posteriormente, este capítulo describe brevemente la aplicación del estilo SOA al dominio geoespacial en términos de IDE y servicios geoespaciales. La extensa gama de interfaces de servicios web geográficos definidos por el OGC pone de manifiesto su vinculación con el concepto de servicio en SOA. Finalmente, el capítulo menciona otros estilos arquitectónicos emergentes que pueden coexistir en un futuro con el diseño SOA para la implementación de las IDE.

Palabras Clave: Arquitecturas orientadas a servicios, SOA, interoperabilidad, Servicios web, Infraestructuras de Datos Espaciales, IDE, Servicios geoespaciales, OGC

23.1 Introducción

La Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) es un paradigma de computación distribuida, que consiste en la provisión de la funcionalidad mínima y necesaria («a la carta»), según los requisitos particulares de cada usuario, a partir de servicios independientes y disponibles públicamente en Internet. El enfoque actual de las aplicaciones distribuidas tiene su origen en el estilo arquitectónico SOA, que proporciona a los diseñadores de aplicaciones guías de acuerdo a principios, y patrones de diseño relacionados con el concepto central de servicio (Papazoglou y van der Heuvel, 2007). En SOA los servicios desempeñan un papel fundamental. Los servicios son unidades básicas de computación y actúan como un engranaje que permite la creación de servicios mucho más complejos en términos de interacción y funcionalidad, que a su vez pueden reutilizarse para el desarrollo de aplicaciones distribuidas basadas en servicios.

El término «aplicaciones basadas en servicios» o «aplicaciones SOA» se refiere a aplicaciones estructuradas como redes de servicios débilmente acoplados, que se comunican entre ellos (Huhns y Singh, 2005). Así, en el dominio geoespacial, los flujos de tareas o procesos se estructuran como una cadena de servicios espaciales distribuidos. Uno de los objetivos de SOA es fomentar la interoperabilidad entre las tecnologías existentes y proporcionar un entorno abierto basado en componentes reutilizables y estandarizados. El término «ciencia orientada a servicios» se refiere a la investigación científica, independiente del campo de estudio, que se sustenta en redes de servicios distribuidos e interoperables (Foster, 2005).

23.2 Principios de la Arquitectura Orientada a Servicios

El éxito de una aplicación basada en SOA vendrá marcado por el grado de cohesión y la forma en que se integran los principios de diseño en la arquitectura planteada. Los principios SOA que deberá tener en cuenta un diseñador de servicios son los siguientes (Papazoglou y van der Heuvel, 2007; Huhns y Singh, 2005):

- **Acoplamiento débil.** Los servicios son entidades autónomas que actúan de forma independiente de las aplicaciones de las que formen parte. Idealmente, los servicios deberían diseñarse para una funcionalidad bien definida y acotada, independientemente de una aplicación particular. Esto favorece que un mismo servicio se utilice en varios contextos, ya que su funcionalidad está «débilmente acoplada» con respecto a la aplicación final que la utiliza.
- **Neutralidad en la implementación.** La separación entre interfaz e implementación permite que el lenguaje de programación utilizado y otros detalles de implementación permanezcan ocultos para los clientes. Esto da libertad a los proveedores en cuanto a preferencias de lenguajes de programación, siempre que la interfaz del servicio se describa mediante estándares.

- **Flexibilidad.** Las aplicaciones SOA son flexibles ya que pueden evolucionar al ritmo de las necesidades que sufre cualquier sistema a lo largo del tiempo. La adición, eliminación o reemplazo de servicios obsoletos permite que las aplicaciones se adapten rápidamente a los cambios. La flexibilidad favorece el dinamismo y escalabilidad.
- **Granularidad.** Los servicios proporcionan funcionalidad con diferente nivel de detalle: desde muy compleja hasta muy simple. SOA favorece servicios con funcionalidad compleja o de granularidad gruesa (*coarse granularity*) ya que el intercambio de mensajes con los clientes es menor, y por lo tanto, la comunicación es mucho más eficiente. Sin embargo, esto no impide que se definan servicios con funcionalidad más sencilla y reutilizable o de granularidad fina (*fine granularity*), que pueden, además, formar parte de un servicio de granularidad gruesa. La granularidad en el diseño de los servicios afectará al equilibrio entre la eficiencia en la comunicación y la reutilización del servicio.
- **Distribuidos.** Los servicios que forman parte de una aplicación no tienen por qué suministrarse por un único proveedor. De hecho, SOA promueve el uso de servicios distribuidos entre varios proveedores, favoreciendo la resolución de problemas de forma colaborativa. Un diseño distribuido y colaborativo resulta mucho más robusto y tolerante a fallos, ante caídas inesperadas de un proveedor.

23.3 Modelo de referencia de servicios en SOA

El modelo de referencia de los servicios en SOA puede considerarse como una versión minimalista de la arquitectura orientada a servicios. Una arquitectura SOA está compuesta exclusivamente de servicios, que pueden ser dinámicamente localizados y encadenados según las funcionalidades expresadas en sus descripciones. Una parte esencial de SOA son las dos características básicas que cumplen los servicios: las descripciones deben estar bien definidas para que sean independientes de la implementación del servicio y, además, los servicios deben ser independientes entre ellos. Es decir, un servicio puede ser reemplazado por otro si ambos cumplen los mismos requisitos funcionales en términos de interfaz del servicio. No debe entenderse SOA como una implementación concreta sino como una arquitectura conceptual definida por un conjunto de normas, niveles de abstracción, procedimientos y políticas que definen su «estilo». En definitiva, la tecnología utilizada para la implementación, como los servicios web, es irrelevante ya que únicamente se encarga de materializar un diseño en aplicaciones concretas, siempre y cuando el diseño inicial sea fiel a los principios SOA.

Debido a la enorme proliferación del número de especificaciones y tecnologías relacionadas con SOA y los servicios web (Vinoski, 2004; Tsalgatidou y Pilioura, 2002; Medjahed *et al.*, 2003), primero se describe el modelo de referencia genérico en SOA desde una perspectiva funcional, independiente de la tecnología, donde se indican los roles de los servicios y sus funciones en una arquitectura SOA. Luego, se analiza el modelo de referencia desde una visión tecnológica, donde se sitúan las diferentes especificaciones y tecnologías que dan forma a arquitecturas y aplicaciones basadas en servicios.

23.3.1 Roles

La fig. 23.1 ilustra las interacciones que existen entre los tres tipos de roles (o participantes) en el modelo de referencia funcional así como las funciones de cada uno de ellos (Papazoglou, 2008):

- Rol de proveedor de servicios.
- Rol de consumidor de servicios.
- Rol de registro de servicios.

A continuación se examinan cada uno de los roles.



FIGURA 23.1. Modelo de referencia funcional de los servicios en SOA (Fuente: Elaboración propia)

El rol de **proveedor de servicios** (*service provider*) consiste en proporcionar aplicaciones *software* como servicios web, crear las descripciones de los servicios y hacerlas públicas en uno o varios registros de servicios. Un proveedor de servicios es el propietario de los servicios que ofrece, y debe actualizarlos (tanto a nivel de implementación como de descripción) cuando sea necesario. Además, el proveedor puede proporcionar la plataforma donde se albergan las implementaciones concretas de estos servicios.

El **consumidor de servicios** (*service consumer*) es el participante que precisa de ciertos requisitos a cubrir por uno o varios servicios disponibles. Este consumidor puede ser un usuario que accede a un servicio mediante un navegador, una aplicación *software*, un agente (Hendler, 2001) o incluso otro servicio. De hecho, es posible que un mismo servicio desempeñe más de un rol, como por ejemplo que sea proveedor y consumidor a la vez, como sucede con las composiciones de servicios que se comportan como clientes respecto a los propios servicios que contienen, y como proveedores respecto al cliente que hace la petición.

El rol de **registro de servicios** (*service register*) consiste en proporcionar un repositorio de descripciones de servicios publicadas por el proveedor de servicios. También proporcio-

na los mecanismos de búsqueda que facilitan la localización de servicios apropiados a los consumidores de servicios.

23.3.2 Funciones

Para complementar la visión funcional del modelo de referencia de servicios, se definen a continuación las tres funciones que describen las interacciones entre estos roles (flechas en la fig. 1).

La función de publicación (*publish*) relaciona los roles proveedor y registro de servicios, y permite que un proveedor de servicios publique las descripciones de los servicios en uno o más registros para hacerlos accesibles a los clientes.

La función de búsqueda (*find*) permite que un consumidor de servicios especifique ciertos criterios de búsqueda para recuperar las correspondientes descripciones de servicios en el registro de servicios. Permite que los roles de cliente y registro de servicios interactúen.

La función de enlace (*bind*) permite, tras localizar la descripción requerida, que el consumidor de servicios acceda y se comuniquen con el proveedor de servicios, para requerir alguna de las operaciones detalladas en la descripción del servicio solicitado.

Para hacer posible una interacción eficiente entre el proveedor, el consumidor y el registro de servicios, ésta debería plantearse en términos de interoperabilidad mediante el uso de especificaciones y tecnologías estándares, como apunta la visión tecnológica del modelo de referencia de los servicios en SOA que se plantea en el siguiente punto.

23.3.3 Tecnologías

En el momento de la implementación de servicios se debe hacer uso de lenguajes concretos y protocolos. Aquí es donde la tecnología de servicios web gana importancia porque, cada vez con más frecuencia, es la opción por defecto para la implementación de aplicaciones basadas en SOA.

Los servicios web son unidades independientes separadas claramente en dos partes: la interfaz del servicio (la descripción que el servicio ofrece públicamente) y la implementación del servicio (el código y la lógica interna del servicio) (Alonso *et al.*, 2004). Este principio proporciona una clara separación de conceptos que fundamenta uno de los objetivos de SOA: la interoperabilidad. El concepto de interoperabilidad se entiende como la capacidad de interacción de los componentes, de clientes con servicios y de los servicios entre ellos, sin necesidad de conocer los detalles internos de cada uno de los componentes que forman parte de la comunicación (Sheth, 1999).

La interoperabilidad se mejora utilizando estándares. Las tecnologías de servicios web incluyen estándares, tales como el *Web Service Description Language* (WSDL) para la descripción de interfaces de servicio; el estándar *Universal Description, Discovery and Integration* (UDDI) para el registro, publicación y localización de servicios; y el estándar *Simple Object Application Protocol* (SOAP) que permite la comunicación (Curbera *et al.*, 2002).

La fig. 23.2 representa el conjunto de capas, especificaciones y tecnologías en el mundo de los servicios web conocido como «pila de los servicios web». En realidad, se trata de una visión complementaria al modelo de referencia de la fig. 23.1. La visión por capas, ilustra de forma conjunta la funcionalidad y la pila de tecnologías y especificaciones más utilizadas en cada capa o función. A continuación, se describen las tres capas en verde que encajan perfectamente con el modelo «publicar-buscar-enlazar» visto anteriormente, junto con alguna mención de las tecnologías predominantes en estas capas.



FIGURA 23.2. Pila de tecnologías de los servicios web (Fuente: inspirado de Curbera, 2005)

La capa de transporte incluye tecnologías y protocolos que no son propios de los servicios web, pero que representan los protocolos de transporte que dan soporte a las demás capas. La interoperabilidad, al menos a nivel de infraestructura, está garantizada con el uso de Internet como infraestructura común para el transporte y comunicación entre servicios web (Alonso *et al.*, 2004; Sheth, 1999). De esta forma, los servicios web son independientes del protocolo de transporte utilizado (HTTP, SMTP, FTP, etc.) ya que la responsabilidad de esta capa es justo la de determinar cómo se transportan mensajes.

La capa de mensajería proporciona la capacidad de «empaquetar» o codificar mensajes entre servicios web. El estándar SOAP es uno de los protocolos de los servicios web en esta capa (Tsalgaidou y Pilioura, 2002; Curbera *et al.*, 2002). SOAP permite el intercambio de mensajes entre servicios formateados en XML, utilizando gran variedad de protocolos de transporte. Un mensaje SOAP puede imaginarse como un sobre (*envelope*) que envuelve dos elementos: una cabecera del mensaje (*header*), que puede incluir aspectos de calidad de

servicios y seguridad; y un cuerpo del mensaje (*body*) que contiene los datos a intercambiar entre los servicios web.

Una de las premisas de SOA es proporcionar servicios débilmente acoplados (*loosely coupled*) entre aplicaciones (Huhns y Singh, 2005; Papazoglou, 2008). Esto implica que los servicios deben describirse adecuadamente mediante descripciones funcionales en **la capa de descripción**. La especificación WSDL es un lenguaje basado en XML que permite la descripción de interfaces funcionales de servicios web (Tsalgatidou y Pilioura, 2002; Curbera *et al.*, 2002). WSDL incluye información acerca de las interfaces y de los métodos públicos que contienen dichas interfaces, proporcionando además detalles de los protocolos específicos de transporte y de empaquetado para el acceso a un servicio web (*binding*).

No menos importante en SOA es la capacidad de localizar dinámicamente servicios web para enlazarlos e interactuar con ellos. La especificación UDDI (Tsalgatidou y Pilioura, 2002; Curbera *et al.*, 2002) define una interfaz programable separada para la publicación y búsqueda de servicios web. El núcleo principal de UDDI es el registro de servicios basado en XML, que a modo de listín telefónico se denomina registro empresarial (*business registry*). Básicamente, este registro contiene tres tipos de información para cada servicio web: la información de contacto (*white pages*), la categorización empresarial (*yellow pages*), y la información técnica (*green pages*), que contiene un enlace a la descripción WSDL del propio servicio web.

Existe un amplio abanico de tecnologías que no se abarcan en este capítulo, asociadas a capas que tratan otros aspectos clave de SOA, como la calidad de servicio (Cardoso *et al.*, 2004), las interacciones y conversaciones entre servicios web mediante contratos (Meredith y Bjorg, 2003), o la orquestación y composición de servicios (Milanovic y Malek, 2004; Dustdar y Schreiner, 2005; Pasley, 2005).

23.4 SOA como paradigma de IDE

Como sucede en otros dominios, los usuarios geoespaciales necesitan acceder y manipular datos y herramientas para realizar sus tareas de manera eficiente. En este sentido, los SIG se han utilizado ampliamente como herramientas para visualizar y reproducir modelos científicos para predecir y evaluar cambios medio ambientales y su impacto sobre la Tierra.

El trabajo con SIG, tradicionalmente basado en acceso a datos y operaciones locales, es costoso debido a sus múltiples formatos, interfaces, tipos de datos, licencias, etc. Además, muchas aplicaciones SIG acaban infrautilizándose. Por ejemplo, suele ocurrir que un usuario quiera mantener localmente un gran paquete SIG adquirido sólo por una funcionalidad en particular. La tendencia actual, marcada por la evolución de los sistemas de información y de las tecnologías, apunta hacia paradigmas que permitan un acceso global y eficaz a cualquier recurso geoespacial. Como hemos visto anteriormente, la base técnica para alcanzar ese acceso global a los recursos geoespaciales son los servicios interoperables basados en estándares abiertos como los desplegados en SOA (Rajabifard *et al.*, 2002).

En el ámbito geoespacial, la adopción de este nuevo paradigma viene acuñado con el término IDE (Granell *et al.*, 2008). La visión IDE es una aproximación a SOA, en la que las interfaces estandarizadas de servicios son la clave para permitir que los servicios geoespaciales puedan comunicarse entre sí de una manera interoperable, en respuesta a las necesidades de los usuarios (Alameh, 2003; Lemmens *et al.*, 2006; Kiehle, 2006; Friis-Christensen *et al.*, 2007). La capacidad de buscar, acceder y compartir recursos geoespaciales, está sustentada por una red de nodos IDE interconectados a diferentes escalas, para construir una infraestructura global de información de datos geográficos (Rajabifard *et al.*, 2002; Masser *et al.*, 2007).

23.5 Servicios geoespaciales

Muchos de los beneficios de los servicios que se han descrito anteriormente se pueden extrapolar a los servicios geoespaciales (Zhao *et al.*, 2007). Lo especial de los servicios geoespaciales con respecto a los «comunes» son las características de los propios recursos sobre los que operan, pues existe una gran variedad de modelos de datos geoespaciales, formatos, semántica y relaciones espaciales que son los factores que limitan, hasta cierto punto, la interoperabilidad de los servicios geoespaciales (Ramamurthy, 2006).

Sin embargo, la creación de aplicaciones geoespaciales orientadas a servicios es factible. Esto se debe en gran parte a que la comunidad geoespacial, bajo el auspicio del OGC (ver cap. 20), ha desarrollado interfaces de servicios geoespaciales estandarizadas. Algunas de estas descripciones de interfaces son complementarias a las que se utilizan con los servicios web (por ejemplo, WSDL, SOAP), mientras que otras son más específicas para hacer frente a los requisitos y características «especiales» de los datos geoespaciales (por ejemplo, ofrecer un mejor apoyo en la definición de esquemas de datos geoespaciales). En definitiva, los principios de SOA y de los servicios permanecen intactos, únicamente cambian ligeramente los lenguajes descriptivos utilizados para la publicación de interfaces de servicios.

Un factor de éxito en una IDE es el alto nivel de estandarización logrado ya que la inmensa mayoría de los servicios geoespaciales desplegados en IDE utilizan interfaces definidas por el OGC para describir distintos tipos de servicios. De entre la extensa variedad de especificaciones de servicios OGC, los más relevantes son los siguientes:

- Los servicios WMS (ver cap. 27) transmiten al cliente una vista (generalmente una imagen PNG, GIF o JPEG) como resultado del acceso a mapas georreferenciados.
- Los servicios WFS (ver cap. 28) proporcionan interfaces para filtrar y recuperar archivos vectoriales de características geoespaciales como puntos, líneas o polígonos.
- Los servicios WCS (ver cap. 28) proporcionan coberturas o datos ráster (imágenes satélite) en vez de datos vectoriales como en el WFS.
- Los servicios CSW (ver cap. 27) permiten la publicación y búsqueda de datos y servicios geoespaciales, y servicios en catálogos.

- Los servicios WPS (ver capítulos 29 y 30) proporcionan interfaces para el acceso a procesos y algoritmos de cierta complejidad.

OGC ha sido la organización más comprometida en proporcionar un contexto web a los recursos geoespaciales, guiando múltiples grupos de trabajo formados por profesionales e investigadores en el campo de los sistemas de información geoespacial. La finalidad última de los grupos de trabajo OGC es la generación de interfaces que fomenten la interoperabilidad entre datos y servicios geoespaciales (Bishr, 1998; Sheth, 1999). Como primer paso, las primeras especificaciones OGC describieron interfaces basadas en Internet (peticiones HTTP GET/POST explícitas), para acceder y proporcionar datos geoespaciales a través de un navegador web. Sin embargo, como el acceso a estos servicios no se realiza mediante XML ni sigue un modelo «publicar-buscar-enlazar», no puede considerarse que estos servicios se ajusten a la arquitectura de los servicios web.

Para fomentar la integración e interoperabilidad con servicios web no geoespaciales, OGC está adoptando especificaciones como WMS, WFS, y WCS que se adapten al contexto de los servicios web. El conjunto de experimentos de interoperabilidad denominados OWS, están encargados del proceso de migración de la información geoespacial de servicios OGC a una representación XML equivalente. OGC, en colaboración con el ISO TC/211, han elaborado una norma estándar que describe una arquitectura basada en servicios para fomentar y garantizar la interoperabilidad de servicios geoespaciales OWS (ISO, 2005). En otro esfuerzo para conformar las especificaciones OGC al mundo de los servicios web, una versión reciente de la especificación de catálogos CSW tiene en cuenta el rol de registro de servicios (ausente en las primeras versiones, donde únicamente se contemplaba la interacción entre cliente y proveedor). Este cambio es un claro guiño al modelo de referencia funcional de los servicios en SOA.

23.6 Conclusiones

Las soluciones basadas en SOA han permitido que las organizaciones se adapten con mayor rapidez a cambios en el entorno, mediante la adición de nuevos servicios a sus aplicaciones. Las aplicaciones orientadas a servicios favorecen la competencia, la adaptación al cambio, la interoperabilidad y la escalabilidad, cualidades todas ellas necesarias en un mercado competitivo como el actual. Sin embargo, todavía quedan retos y puntos débiles en el desarrollo de aplicaciones SOA (Kaye, 2003). Por ejemplo, lo que respecta a la seguridad y confidencialidad, sobre todo en dominios como la banca y la salud.

Al mismo tiempo, REST (*Representational State Transfer*) ha emergido recientemente como un estilo arquitectónico para el diseño de aplicaciones centradas en la idea de recurso (Balasubramanian *et al.*, 2011). SOA y REST no tienen porqué entrar en conflicto, sino que en función de los requisitos un estilo puede ser más idóneo que el otro o incluso coexistir en la solución o aplicación final (Erl *et al.*, 2011).

De la misma forma, el paradigma de computación en nube (*cloud computing*) parece encajar perfectamente en SOA. Mientras SOA describe la perspectiva estructural de los servicios, la computación en nube proporciona la capacidad de computación e infraestructura (Wei y Blake, 2010). La combinación de estas dos aproximaciones proporcionará en un futuro próximo nuevas oportunidades y retos en el mundo geoespacial, y será analizada en el cap. 39.

BLOQUE 4:

LOS GEOSERVICIOS DE UNA IDE

Si se pone el énfasis en las capacidades tecnológicas de las IDE podría afirmarse que una IDE puede llegar a ser un SIG a través de Internet. Desde ese punto de vista, una IDE debe disponer de las herramientas que permitan a los usuarios realizar tareas similares a las que podía hacer con un SIG de sobremesa.

El OGC, que se ha descrito anteriormente, ha proporcionado las especificaciones técnicas que deben tener los programas informáticos para que se garantice la interoperabilidad y se realicen las operaciones deseadas por el usuario.

El hecho de que las especificaciones OGC no sean características de una determinada marca comercial de *software*, permite desarrollar herramientas basadas en código abierto, susceptibles de ser utilizadas para la resolución de problemas espaciales e interoperables con las comerciales. De esta manera los paquetes informáticos comerciales son compatibles con los programas OpenSource permitiendo que cada institución, dependiendo de múltiples factores, pueda utilizar unos u otros.

En este bloque se definen los geoservicios mínimos y se caracterizan los equipos necesarios para la instalación de una IDE.

CAPÍTULO 24

INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE LIBRE PARA LAS IDE

Álvaro Anguix¹, Gabriel Carrión²

^{1,2} Asociación gvSIG, Valencia, España

^{1,2}{aanguix, gcarrion}@gvSIG.com

Resumen. Este capítulo pretende definir y dar a conocer al lector las características del *software* bajo licencia libre, así como sus principales diferencias con el *software* privativo. Esto es fundamental para seguir la evolución de las IDE, ya que día a día las tecnologías libres juegan un papel fundamental en la construcción de IDE, superando en implantación ya en muchos casos a tecnologías privativas. Hay muchos puntos en común entre la filosofía IDE y la del *software* libre. Si en las IDE se habla de compartir datos, con todas las ventajas que ello conlleva, con el *software* libre se habla de compartir tecnología. En ambos casos hay una apuesta por el conocimiento compartido, por la suma de esfuerzos mediante la colaboración y por alejarse de modelos que especulan y monopolizan el conocimiento. El *software* libre se diferencia del *software* privativo principalmente en que no priva de derechos, sino que proporciona libertades. Libertad de uso del *software* sin ningún tipo de restricción, de distribución a terceros, de estudio y de mejora. El estudio y la mejora conllevan no sólo el acceso a los ejecutables del programa, sino también el acceso al denominado código fuente, es decir, a la programación del *software*. La geomática libre engloba a todos aquellos programas o tecnologías que aplican la filosofía del *software* libre al área de conocimiento de la información espacial. Y las IDE libres son aquellas que utilizan principalmente *software* libre. En la actualidad, el porcentaje de IDE libres está creciendo vertiginosamente, en paralelo a la madurez y avance de la geomática libre. Servidores de mapas como MapServer o Geoserver tienen un nivel de uso superior al *software* privativo, y diversos SIG de escritorio como gvSIG Desktop se han convertido en una alternativa real que día a día está conquistando los espacios que anteriormente ocupaba de forma masiva el *software* privativo. En algunos casos, como ocurre con el servidor de catálogo Geonetwork, el *software* libre se utiliza prácticamente con unanimidad. El *software* libre ha dejado de ser una alternativa para convertirse en una realidad, sumándose al uso de estándares y a la IDE en los valores de compartir y difundir el conocimiento en el campo de la IG, eliminando cualquier tipo de dependencia de formatos o marcas de *software*. En este capítulo, se rebatirán los diferentes mitos que existen alrededor del *software* libre, englobados bajo las técnicas denominadas FUD (del inglés, 'Fear, Uncertainty and Doubt', en castellano 'Miedo, Incertidumbre y Duda'). Se analizarán las principales ventajas del *software* libre, aplicables en los ámbitos de la empresa, la universidad y la administración pública. Finalmente el capítulo mostrará las principales tecnologías libres que existen en el campo de la geomática.

Palabras Clave: *Software* libre, software privativo, libertad, licencias, GPL.

24.1 ¿Qué es el *software* libre?

El *software* se puede clasificar de múltiples formas, en función de la característica principal que se quiera destacar. Es relevante realizar esta aproximación tan evidente ya que en la actualidad, la división entre tipos de *software* más utilizada es precisamente la que relaciona el *software* con la libertad que se disponga para utilizarlo. Una aplicación informática, por tanto, se sitúa bajo una u otra definición en función de algo tan básico como son los derechos que otorga al usuario.

En primer lugar, se comenzará por definir exactamente cuál es el significado que tiene la palabra «libre» cuando se aplica al *software*, y en qué se diferencia de otros tipos de licencia de *software*.

Se entiende por *software* libre aquel que otorga unos derechos básicos al usuario, derechos que vienen definidos por las denominadas «cuatro libertades».

- Libertad para usarlo sin restricciones y con cualquier propósito.
- Libertad para estudiar cómo funciona el programa y modificarlo, adaptándolo a las propias necesidades.
- Libertad para distribuir copias del programa.
- Libertad de mejorar el programa y hacer públicas esas mejoras a los demás, de modo que toda la comunidad se beneficie.

Como se contempla en estas libertades, el *software* libre es aquel que da acceso tanto al programa en sí como al código fuente. Es lo que se puede denominar el ADN del programa, que explica cómo funciona internamente y, al dar acceso al mismo, permite estudiarlo y modificarlo.

Bajo la simple definición de *software* libre ya se perciben todas las ventajas que proporciona frente al *software* privativo. Ventajas propias de proyectos colectivos, basados en un principio básico de la ciencia: sumar y compartir el conocimiento adquirido.

El mapa conceptual del *software* libre que se muestra en la fig. 24.1 permite relacionar los diferentes conceptos que se asocian al *software* libre.

Tipos de *software* que atienden a la libertad del usuario

Frente al *software* libre se encuentra su opuesto en el *software* privativo, erróneamente denominado comercial o propietario en muchos casos. A continuación, se muestran los motivos por los que la clasificación libre-privativo es la más adecuada.

Software propietario: Es el *software* que tiene propietarios, entendiendo por propiedad el derecho de disponer totalmente del *software* dentro de la legalidad. En el caso del *software* privativo, los propietarios pueden ser un individuo, una empresa o un grupo de accionistas. El número de propietarios siempre va a ser limitado. Los que no son propietarios podrán, en el mejor de los casos, adquirir una licencia de uso, siempre en los términos y condiciones que impongan los propietarios de la tecnología.

En el caso del *software* libre también hay propietarios. La diferencia principal radica en el límite de propietarios, marcado por las cuatro libertades anteriormente citadas. En un

software libre, cualquiera que lo utilice se convierte automáticamente en propietario pues tiene capacidad para distribuirlo, usarlo, estudiarlo y mejorarlo. Así pues, en el *software* libre no hay diferencias entre propietarios y usuarios: unos no delimitan el uso de la tecnología a los otros bajo las condiciones que ellos definen.

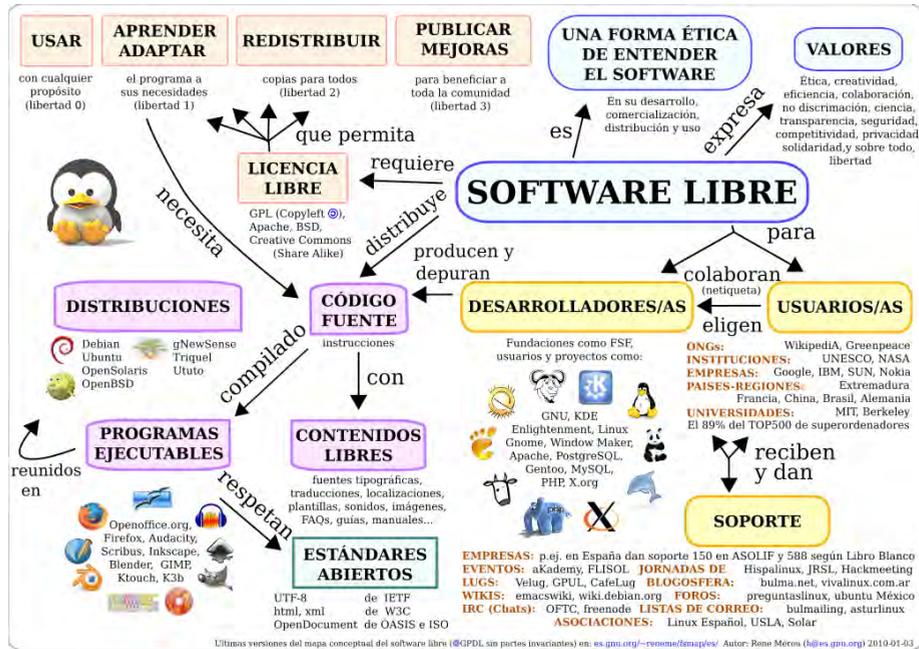


FIGURA 24.1. Mapa conceptual del *software* libre. (Fuente: René Mérocs)

Por tanto, la característica de propiedad se puede aplicar tanto al *software* libre como al privativo. En cualquier caso, el *software* libre implica unas condiciones que conducen a que un conocimiento sea patrimonio de la humanidad, mientras que el *software* privativo tiende a monopolizarlo.

Software comercial: Las dos acepciones de la palabra «comercial» que pueden aplicarse son, (a) por un lado, la que indica su relación con el comercio, que es la que habitualmente se aplica cuando se pretende indicar que sobre el *software* se pueden establecer relaciones de negocio; (b) por otra parte, el uso del término «comercial» para indicar que el *software* tiene fácil aceptación en el mercado que le es propio. En este segundo caso, la palabra «mercado» vuelve a indicar una relación con la compra y venta de algo.

El *software* privativo puede ser comercial —lo más habitual— o no serlo. La comercialización de cualquier producto la establecen los propietarios, estructurándose todo el ciclo comercial bajo su dirección. El modelo clásico sobre el que se sustenta el *software* privativo es la venta de licencias de uso.

Del mismo modo, el *software* libre también puede ser comercial. La diferencia la marca el tipo de licencia, que se traduce principalmente en una libertad de uso -perdiéndose el sentido de la venta de licencias-y en el número ilimitado de propietarios del mismo. Esto permite que, de forma independiente, cualquiera pueda ofrecer servicios profesionales sobre un *software* libre.

De esta manera, ambos tipos de *software* pueden comercializarse, siendo la licencia la que marca las posibilidades de comercialización y producción de uno y otro. Si bien el *software* privativo basa su modelo de negocio tradicionalmente en la venta de licencias de uso, el *software* libre lo hace en la venta de servicios.

No se recomienda por tanto utilizar la palabra comercial para intentar distinguir entre *software* libre y privativo, ya que conlleva definiciones erróneas.

Tras finalizar el recorrido por algunos de los términos más utilizados, está claro que la terminología más adecuada para diferenciar -cuantitativa y cualitativamente- un *software* de otro, ha de establecerse a través de los derechos o libertades que otorga su licencia. Por estos motivos se habla de *software* libre y *software* privativo.

Software libre porque da libertades de uso, estudio, mejora y distribución.

Software privativo porque restringe o priva de esos derechos y de esas libertades.

24.1.2 Breve introducción a las licencias libres

De la misma forma que en el *software* privativo, en el ámbito del *software* libre también se encuentran una variedad de licencias que, a pesar de las libertades que otorgan, no siempre garantizan la continuidad de la libertad en obras derivadas.

El *software* protegido con las licencias denominadas *copyleft* confiere unos términos de distribución que aseguran que todas las copias, así como las mejoras y modificaciones que se realicen, sigan siendo *software* libre. Esto significa que estas licencias no permiten a terceros restringir ninguna de las cuatro libertades originales.

La licencia de código abierto más conocida y utilizada con *copyleft* es GPL (*General Public Licence*), diseñada por la Fundación para el *software* libre (*Free Software Foundation*) [213]. La licencia GPL conserva los derechos de autor y permite la redistribución y modificación bajo términos pensados para asegurar que todas las versiones distribuidas y modificadas tengan licencia bajo los términos GPL.

Otro gran grupo de licencias de *software* libre lo constituyen aquellas que no obligan necesariamente al usuario a que sus modificaciones sigan siendo *software* abierto. Entre ellas, las más conocidas son las licencias BSD y LGPL.

Por estos motivos las licencias de *software* libre con *copyleft* (GPL), son las más recomendadas, ya que tienen como finalidad perpetuar la libertad del *software* y que los aportes y mejoras reviertan en la comunidad de usuarios y desarrolladores.

En el ámbito de las IDE y los SIG, algunas de las aplicaciones más conocidas como gvSIG Desktop [214], PostGIS [215], GeoServer [216] o Geonetwork [217] tienen licencia GPL.

24.2 Ventajas, mitos y realidades del *software* libre

El *software* libre es social, económica y tecnológicamente beneficioso para todos. Sin embargo, desde la aparición de este movimiento han surgido diversos mitos cuyo objetivo no era otro que frenar la rápida expansión de este nuevo modelo de producción de *software*. Estos mitos se engloban dentro de las conocidas como técnicas FUD, expresión con la que se califican los intentos de diseminar información negativa, vaga o sesgada de los monopolios del *software* privativo con el objeto de perjudicar a un competidor. Por ejemplo: que el *software* libre no es un *software* de calidad, que no tiene empresas que den soporte, etc. Poco a poco, con la madurez y expansión del *software* libre, estos mitos han quedado reducidos al absurdo.

24.2.1 Ventajas del *software* libre

Se enumeran a continuación algunas de las ventajas más destacadas del *software* libre: repercusión directa de las libertades implícitas que fomentan la colaboración y su complementariedad con las ventajas de las IDE.

Independencia. Entre las principales razones por las que las más diversas organizaciones están optando por el *software* libre, destaca la independencia de proveedores únicos que viene marcada por la libertad de uso y modificación del *software*.

Coste. Frente a lo que sucede con el *software* privativo, el *software* libre no tiene un coste de licencia. Si bien es cierto que el verdadero ahorro en costes se produce en la producción de dicho *software*, no se paga una y otra vez por el mismo *software*. En el modelo libre la máxima es la suma de esfuerzos, la reutilización del *software* ya existente, y la inversión sólo en la mejora o adaptación del mismo.

Estabilidad y seguridad. Las aplicaciones privativas son cajas negras, cuyo código no está accesible y sólo ha podido revisarse por un grupo reducido de personas. Los programas de *software* libre son abiertos, accesibles, continuamente revisados y ensayados por un gran número de usuarios. Las aplicaciones y sistemas más seguros que existen son de código libre.

Innovación. Gracias al acceso libre al conocimiento y a las estructuras colaborativas de producción, el análisis, las revisiones y las mejoras producidas en el *software* libre que se llevan a cabo por multitud de personas en todo el mundo, fruto de las necesidades y las situaciones más diversas, se genera innovación de forma continua. Este factor de innovación repercute directamente tanto en el mundo empresarial como en el universitario.

Industria local. El *software* libre permite a las empresas locales ser independientes de un proveedor único dueño del *software*. Esta independencia, para ofrecer soluciones a sus clientes, se ve reforzada por un modelo de negocio basado en la venta de servicios (soporte, formación, desarrollos a medida, etc.). Los clientes no deben pagar por licencias que benefician principalmente al proveedor del *software*, por lo que pueden invertir más en servicios, esto es, en industria local. La industria local se transforma de vendedores de marcas a expertos en tecnologías.

Disponibilidad en diferentes idiomas. El acceso al conocimiento y su posibilidad de modificación facilita la adaptación a cualquier necesidad, siendo la traducción a idiomas nativos una de ellas. La disponibilidad de un *software* en una lengua determinada no obedece exclusivamente a intereses comerciales, como ocurre en el *software* privativo. Por ello, hoy día, las aplicaciones libres más extendidas — cuya vocación es la no marginalización por cuestiones idiomáticas o culturales — se encuentran disponibles en multitud de idiomas.

24.3 Geomática libre

Aunque los SIG tienen ya unos cuantos años de existencia, ha sido en la última década cuando han sufrido una considerable expansión. Se utilizan en la actualidad en los más diversos sectores, en todo tipo de *hardware* y por una amplia variedad de usuarios. En definitiva, los SIG se han convertido en una herramienta informática de uso frecuente. En esta evolución, las IDE han jugado un papel fundamental. Los motivos de esta expansión del SIG son varios, y entre ellos, se deben destacar principalmente dos:

- **La información geográfica es cada día más accesible.** Cada vez existe más legislación en diferentes países y regiones del planeta que obliga a las administraciones públicas a hacer accesible la IG siguiendo una serie de estándares. Las IDE permiten acceder a una información tan relevante como la que está disponible en organismos públicos como los institutos geográficos. La información consultable está en constante crecimiento, tanto a nivel supranacional como nacional, regional o local. A esta información oficial hay que añadir la revolución que está suponiendo la implantación de algunos proyectos colaborativos como OpenStreetMap (OSM) [218], una red social creada con el objetivo de disponer de la cartografía vial más completa del planeta sin restricciones de uso.
- **El desarrollo del *software* libre en el campo geográfico.** La geomática ha cambiado por completo en la última década gracias a la aparición de diversos proyectos de *software* libre, que se han ido consolidando hasta mostrarse como una alternativa real al costoso *software* privativo. En la actualidad, se dispone de un amplio ecosistema de aplicaciones libres que cubren cualquier necesidad de un usuario de IG: clientes de escritorio, clientes para dispositivos móviles, servidores de mapas, bases de datos espaciales, etc.

Software libre y datos libres y/o accesibles. En definitiva, conocimiento disponible para cualquier usuario que lo requiera.

24.3.1 Ecosistema de geomática libre

A continuación se reseñan los proyectos libres más destacados en el campo de la geomática, atendiendo tanto a su nivel de madurez tecnológico como a su expansión. Actualmente una IDE puede abordarse completamente con *software* libre, siendo cada vez más numerosos los casos de éxito que avalan el uso de estas tecnologías frente al *software* privativo. El listado, lejos de dar una visión exhaustiva de las diversas soluciones que existen, o profundizar en todas las posibles herramientas que pueden utilizarse dentro de una IDE, pretende destacar los principales proyectos de geomática libre disponibles en la actualidad.

a) SIG de escritorio: gvSIG Desktop [214]. Es un potente SIG de escritorio que se distribuye bajo licencia GPL. Está desarrollado en lenguaje de programación Java y funciona con los sistemas operativos Microsoft Windows, Linux y Mac OS X. Permite acceder a información vectorial y raster, disponible tanto en ficheros o bases de datos como en servidores de mapas. Una de las principales características de gvSIG Desktop respecto a otros SIG es la importante implementación de servicios OGC, que permite acceder a cartografía disponible en Internet de forma interoperable. gvSIG Desktop es, por tanto, no sólo un SIG de escritorio, sino también un cliente avanzado de IDE. Entre los formatos de fichero vectorial disponibles se encuentran: GML, SHP, DXF, DWG, DGN, KML; y formatos raster como MrSID, GeoTIFF, ENVI o ECW.

En gvSIG Desktop, un usuario puede encontrar las herramientas típicas de un SIG: visualización, consulta, selección, edición, geoprocésamiento, representación vectorial y raster, tablas, constructor de mapas, etc. Además, gvSIG Desktop se enriquece con un número creciente de extensiones que amplían considerablemente su funcionalidad. Entre las más destacadas se encuentra la extensión de análisis de redes, la de publicación de servicios OGC y la de 3D.

La extensión de publicación da un valor añadido a los administradores de IDE, ya que facilita considerablemente la publicación de IG, generando de forma automática y a partir de la configuración de una Vista de gvSIG Desktop, los ficheros de mapas a servir en Map-Server o GeoServer.

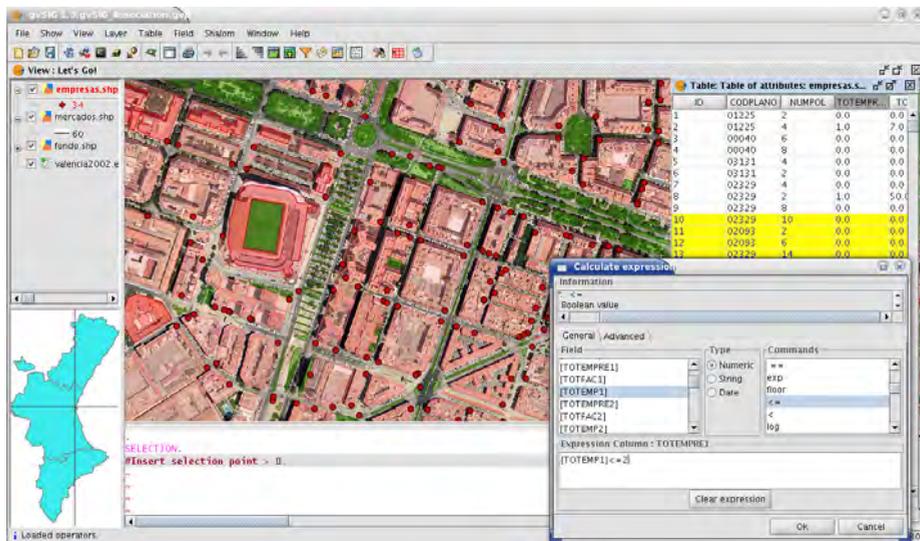


FIGURA 24.2. Imagen de la interfaz de gvSIG Desktop. (Fuente: Elaboración propia)

b) SIG móvil: gvSIG Mobile. gvSIG Mobile es un SIG orientado a dispositivos móviles, a utilizar en proyectos de captura y actualización de datos en campo. Se caracteriza por disponer

de una interfaz amigable, con capacidad de acceso a los formatos más comunes y con un amplio número de herramientas SIG y GNSS. gvSIG Mobile es tanto un SIG como un cliente IDE para dispositivos móviles. Como cliente IDE, gvSIG Mobile tiene acceso a WMS y WFS. Es, además, el primer cliente de estas características con licencia de *software* libre.

c) Servidor de mapas: MapServer [219]. Los servidores de mapas son una pieza fundamental en las IDE. MapServer es la aplicación más extendida para el servicio de mapas por Internet. Destaca por la calidad de su implementación de la especificación de estándares usados en las IDE como WMS del OGC (como servidor y cliente); aunque también implementa las normas WFS no transaccionales (como servidor y cliente), WCS (como servidor), WMC, SLD, GML y SOS. En cuanto a su funcionalidad, MapServer proporciona salidas cartográficas avanzadas, con etiquetados, visualización según la escala, escala gráfica, mapa de referencia, leyenda y mapas temáticos, entre otras utilidades. Dispone de potentes herramientas para la gestión de imágenes, permitiendo la realización de catálogos y series temporales. Soporta un gran número de formatos, tanto raster como vectorial, permitiendo trabajar con las principales bases de datos espaciales. También cabe mencionar las capacidades de MapServer en cuanto a utilidades de proyección cartográfica, siendo capaz de realizar proyecciones «al vuelo» con alrededor de 1000 proyecciones diferentes.



FIGURA 24.3. Imágenes de la interfaz de gvSIG Mobile en una PDA. (Fuente: Elaboración propia)

d) Base de datos espacial: PostGIS [215]. En cualquier arquitectura IDE, la base de datos es uno de los componentes principales. PostGIS es un módulo para el motor de bases de datos PostgreSQL que añade soporte para tipos geográficos y lo habilita para ser usado como contenedor de información geoespacial, permitiéndole realizar operaciones de análisis geográfico. Está disponible bajo licencia GPL; sigue las especificaciones OpenGIS y cumple la norma *Simple Feature Specification for SQL* del OGC.

PostGIS dispone de una interfaz de usuario con herramientas para la gestión de datos, y soporta funciones básicas de topología: transformación de coordenadas, validación de datos, programación de API, etc. El cumplimiento de las especificaciones OGC y el continuo desarrollo de nuevas funcionalidades SIG, sitúan a PostGIS en una posición aventajada dentro de la oferta de repositorios de datos espaciales libres.

e) Servidor de catálogo: GeoNetwork [217]. GeoNetwork es una aplicación con licencia GPL que proporciona servicios de gestión de información espacial. Está diseñada para organizar y facilitar el acceso a recursos de cartografía, bases de datos espaciales y metadatos asociados a través de un único punto de entrada, evitando la duplicidad de información y fomentando su intercambio. Se basa en estándares abiertos, y permite trabajar con datos descentralizados que provengan de varios repositorios, facilitando así el intercambio de información en la red. GeoNetwork es compatible con la *Geospatial Portal Reference Architecture*, que es la recomendación del OGC para la creación y organización de geoportales.



FIGURA 24.4. Geoportal de la IDE de Venezuela, enteramente con *software* libre. (Fuente: [225])

GeoNetwork es un proyecto financiado por la *Food and Agriculture Organization* (FAO) [220] de las Naciones Unidas, junto con WFP [221], UNEP [222] y UN-OCHA [223]. Se ha convertido en el proyecto de referencia para la publicación de metadatos de IG.

f) Cliente Web/Geoportal: OpenLayers [224]. OpenLayers es un proyecto con licencia BSD que permite visualizar mapas en cualquier navegador web actual, sin depender del servidor web en el que se aloja.

OpenLayers se parece a las librerías de Google Maps o MSN Virtual Earth, pero su principal punto fuerte frente a ellos es que es un *software* libre y utiliza métodos estándar para acceder a los datos cartográficos, entre ellos WMS y WFS. También permite combinar información de distintos servidores, y emplear información en GML para importar datos, localizar elementos, etc.

Es interesante reseñar que han surgido organizaciones como OSGeo (*The Open Source Geospatial Foundation*) con el objeto de promover la geomática libre, o la Asociación gvSIG que tiene como objetivo desarrollar un modelo de producción alrededor de la geomática libre.

24.4 Conclusiones

Las IDE libres ganan terreno continuamente. En los próximos años, el *software* libre continuará su imparable evolución e irá ganando cada vez más terreno a las soluciones privativas. Es difícil adivinar hasta qué grado evolucionarán estas tecnologías, pero es muy previsible que, más allá de disponer de un *software* cada vez más potente e innovador, se vea cómo comienzan a surgir aplicaciones sectoriales basadas en estas tecnologías. Compartir datos, tecnología IDE y *software* libre, son conceptos que abogan en el mismo sentido: compartir conocimiento.

CAPÍTULO 25

HARDWARE PARA UN NODO IDE

Emilio López¹, Juan E. Rickert²

¹Centro Nacional de Información Geográfica – CNIG, España

²Ministerio de Defensa de la República Argentina

¹elromero@fomento.es, ²jerickert@gmail.com

Resumen. En este capítulo se aborda la necesidad de una estructura tecnológica para el soporte de un nodo de una IDE. En concreto, se define a grandes rasgos el equipamiento físico que permite cumplir con los niveles de servicio mínimos y satisfacer así las expectativas de los usuarios y las aplicaciones cliente. Conceptos como la redundancia de equipos, la alta disponibilidad de los servicios, el soporte 24x7x365 al usuario, la escalabilidad o el rendimiento están inmersos en todos los aspectos de la infraestructura física y rigen su funcionamiento y evolución. Por otro lado, también se detallan las tareas que debe llevar a cabo el equipo responsable de la operación y el mantenimiento de los sistemas para una adecuada gestión de la infraestructura, incluyendo las labores de tratamiento de ficheros de *logs* y estadísticas, la monitorización de los servicios y de la propia infraestructura y la gestión de las incidencias reportadas por los usuarios. Como se puede apreciar en lo expuesto anteriormente, la toma de decisiones adecuadas en este campo es fundamental para que el nodo IDE en cuestión obtenga resultados óptimos, más aún teniendo en cuenta no sólo la inversión inicial en equipamiento físico sino también su mantenimiento, incluyendo tanto el *hardware* como las licencias y actualizaciones del software de base.

Palabras Clave: Entornos informáticos, Sistemas, Centros de proceso de datos, Almacenamiento, Seguridad informática, Operación

25.1 Introducción

Un nodo IDE siempre tiene que sustentarse sobre una infraestructura tecnológica y un equipamiento físico adecuado a los requisitos que tiene que responder. La disponibilidad de los servicios, su rendimiento y su usabilidad van a depender en gran medida de esa estructura, por lo que es necesario llevar a cabo un trabajo exhaustivo de definición de cada uno de los componentes.

Supóngase que, en el contexto de un modelo de datos bien estructurado, se cuenta con un conjunto de datos geográficos que ha sido obtenidos mediante herramientas precisas que le confieren una calidad satisfactoria. Supóngase también que se ha desarrollado un conjunto de servicios geográficos basado en las especificaciones y normas establecidas por las organizaciones nacionales e internacionales de estandarización que permiten el acceso a esos datos a través de una serie de operaciones. Y finalmente, supóngase que se despliegan todos esos recursos en un PC fijo o en un portátil y se publican a través de una conexión ADSL casera. La percepción del usuario remoto de todo el trabajo realizado en las fases anteriores será nefasta y el esfuerzo empleado no habrá merecido la pena. Con las caídas del servicio y la lentitud de las respuestas se multiplicarán las quejas y el usuario dejará de utilizar ese nodo IDE. Quizás se trate de un caso extremo, pero sería interesante conocer cuántos nodos IDE cuentan tan solo con una pareja de ordenadores y una conexión a Internet compartida con el resto de la organización como infraestructura tecnológica.

Puesto que la infraestructura tecnológica necesaria para una IDE es un ente vivo que crece, una vez realizada la inversión inicial, se necesita definir el conjunto de procedimientos que van a regir su utilización y el presupuesto necesario. Para mantener la IDE en marcha se necesita disponer de un grupo de operación encargado de la gestión del equipamiento, de las incidencias, la actualización y el mantenimiento. Si a esto se suman los costes de renovación de los equipos y de las licencias del *software* de base, se deduce que es necesaria una planificación de los recursos (humanos y tecnológicos) dedicados a esta labor.

25.2 Centro de proceso de datos (CPD)

Pero, comenzando por el principio, ¿dónde se van a ubicar los datos geográficos y alfanuméricos que se han recogido y preparado para su explotación? Cuando se teclea en el navegador una dirección como www.idee.es, ¿qué recursos están involucrados?

La respuesta es complicada. La información puede ubicarse en cualquier lugar del planeta, gracias a la globalización de las redes. Sin embargo las organizaciones cartográficas, conscientes de que la información geográfica es su activo principal, necesitan dotarse de centros de proceso de datos eficaces y solventes.

Un Centro de Proceso de Datos (CPD, o «*Data Center*» en inglés) es el lugar donde se alojan todos los recursos dedicados al procesamiento de la información de una organización. Según la Norma ANSI/TIA 942 [226] “Un *datacenter* es un edificio o porción de un edificio cuya función primaria es alojar una sala de cómputo y sus áreas de soporte”. Su

objetivo es centralizar los servidores y computadoras dedicados al almacenamiento de datos y a su procesamiento, para optimizar su gestión. Los organismos cartográficos suelen tener un CPD con el propósito de almacenar todos los datos geográficos que generan (mapas, fotos, bases cartográficas, etc.) y los servicios web que los explotan [226]. Por lo tanto, el CPD es donde residen el *hardware*, el *software* (sistemas operativos, bases de datos, aplicaciones, servidores, etc.) y dispositivos de comunicaciones de la organización. Las organizaciones cartográficas son cada vez más conscientes de la importancia de tener un CPD que garantice un confort y una seguridad a sus activos más valiosos: los datos y los servicios que operan sobre ella [227].

25.2.1 Elementos de un CPD

El diseño de un CPD debe poder garantizar la continuidad y disponibilidad 24 horas al día los 7 días de la semana (lo que en la jerga se indica como 24x7) del servicio a clientes, ciudadanos, proveedores, empresas colaboradoras y a los empleados de la propia empresa. El diseño también debe minimizar la falta de disponibilidad que podría conllevar grandes pérdidas, siendo por tanto su creación una inversión estratégica para cualquier tipo de organización. Garantizar la protección física de los equipos informáticos, de las comunicaciones implicadas, así como de los servidores de datos es vital: por tanto su diseño condicionará no sólo la tecnología, sino la organización y su funcionamiento [227].

Los puntos más importantes a tener en cuenta para tener un buen CPD son [227]:

- a) La ubicación física y el espacio físico disponible. Los CPD de 100 m² se consideran de tamaño medio y son muy pocos los CPD de centros cartográficos que alcanzan los 200 m².
- b) Refrigeración del CPD asumiendo que opera a una capacidad máxima.
- c) Suministro eléctrico y acometidas eléctricas. Sistemas de Alimentación Ininterrumpida redundantes en paralelo y doble paralelo. Generadores y cuadros de distribución eléctrica. Depósito de combustible cuando corresponda.
- d) Subsistema de racks, canalización y cableado estructurado.
- e) Seguridad física del local como el sistema contra incendios o contra inundaciones y otros peligros físicos que puedan afectar a la instalación. Es necesario la instalación de alarmas, control de temperatura y humedad, de fluido de gases y protección de contaminantes, control de accesos, detectores de movimientos, etc.
- f) Estructuras constructivas y suelos técnicos flotantes registrables. Los pisos, paredes y techos deben estar sellados, pintados o contruidos con un material que reduzca al máximo la aparición de polvo. Carga del suelo: capacidad de carga suficiente para soportar tanto la carga concentrada como la carga distribuida de los equipos instalados.
- g) Señalización.
- h) Equipos de comunicaciones en alta disponibilidad.
- i) Sistemas de copias de seguridad.

25.2.2 Niveles de la infraestructura de un CPD

Una condición fundamental a la hora de diseñar un CPD es el que no haya puntos únicos de fallo, de forma que siempre haya redundancia de componentes y tener así una mayor fiabilidad, tanto en el CPD y su infraestructura, como en los servicios externos que se publican. La redundancia aumenta la tolerancia a fallos y el margen de maniobra en caso de necesidad.

En la actualidad, para valorar el nivel de disponibilidad de un CPD la norma más extendida es la que se conoce como ANSI-TIA-EIA-942:2010 [226]. El anexo informativo G de esta norma, basado en recomendaciones del *Uptime Institute*, establece cuatro niveles (*tiers*) que van desde el nivel 1 que es el más sencillo, hasta el nivel 4 en función de la redundancia necesaria para alcanzar niveles de disponibilidad de hasta el 99,995%. El concepto de nivel sirve para estratificar los grados de redundancia en los sistemas del CPD.:

- Un CPD básico, es el que está definido como de nivel (o *tier*) 1. (García, 2007; [226]). En este nivel no se alcanza a disponer de componentes redundantes y puede tener una sola instalación de infraestructuras de distribución eléctrica y refrigeración. Puede carecer de suelo técnico (por donde introducir y acceder al cableado) y carecer de garantías de servicio continuo de energía ya sea mediante un generador propio o mediante una UPS. En todo caso, aunque alguna de la infraestructura pueda ser redundante, no se garantiza que no haya uno o varios puntos de fallos sin repuesto activo. Se asume que el sistema podrá estar en situaciones críticas al límite de su funcionamiento y podrá apagarse alguna vez y dejar de funcionar por cuestiones de mantenimiento o reparaciones. En este nivel, la disponibilidad temporal máxima será del 96,67% y en situaciones de urgencia o por rotura, desgaste o errores de manipulación, el sistema podrá detenerse.
- El siguiente nivel (*tier* 2), llamado de componentes redundantes implica que dispone de más capacidad para continuar funcionando aunque fallen algunos sistemas o se necesite parar alguno para su modificación o recambio. Tiene componentes redundantes en toda la infraestructura que entran en funcionamiento al parar los primarios. Dispone de suelo técnico y sistemas de mantenimiento de la energía eléctrica, aunque el sistema de distribución eléctrica y el de refrigeración no están duplicados. Esto puede causar una parada. Como en el *tier* 1, la exigencia de carga puede llegar al 100% en situaciones límite, pero al menos existe un duplicado de cada componente. La tasa temporal de funcionamiento sube al 99,75%.
- Cuando puede realizarse cualquier operación sobre cualquiera de las infraestructuras del centro de datos sin que eso signifique una caída del sistema, se dice que tiene un nivel o *tier* 3 y se asegura que su disponibilidad temporal es del 99,98%. Este nivel se denomina de mantenimiento simultáneo. Dispone de diferentes sistemas de refrigeración, diferentes conducciones y sistemas eléctricos aunque sólo dispone de una ruta activa, lo que implica que los componentes redundantes no están en la ruta principal.
- El nivel 4 o CPD tolerante a fallos, asegura que cualquier trabajo, sobre cualquiera de

los subsistemas puede realizarse sin que se interrumpa el servicio. Eso se logra gracias a la existencia de distintas rutas de distribución de la energía eléctrica y frigorífica. Implica la existencia de más de una línea de distribución activa simultánea. La carga máxima admisible es del 90% y la disponibilidad temporal es mayor del 99,995% (García, 2007; [226]), el cual es el máximo índice de tolerancia a fallos definido.

El nivel de diseño de CPD a seleccionar, atendiendo a la calidad de servicio requerido y, por supuesto, a los recursos disponibles será una decisión a tomar por los responsables del nodo IDE.

La norma TIA/EIA-942 especifica cómo diseñar la infraestructura de un *datacenter* cubriendo áreas como distribución del espacio, del cableado y consideraciones del ambiente apropiado, además de establecer recomendaciones para construirlo, y un conjunto de directrices y recomendaciones para centros de datos de aplicación.

25.2.3 Diseño de un CPD

Para arrancar y mantener un CPD son necesarios recursos económicos y humanos así como una planificación. Debido a ello, en organizaciones de tamaño limitado, puede no resultar rentable tener un CPD para albergar un número reducido de servidores. Para satisfacer estas necesidades existen dos planes de alojamiento, el *hosting* y el *housing*.

El *housing*, es el servicio que consiste en alquilar o vender, un espacio físico de un CPD, ya acondicionado y mantenido, para que el cliente coloque ahí sus propios bastidores o racks de servidores. La organización propietaria del CPD facilita el espacio, el suministro eléctrico, refrigeración, la conexión a Internet, etc., pero los bastidores son propiedad del cliente (Ferrer, 2009).

El *hosting*, o alojamiento web, es el servicio que consiste en suministrar a los clientes el espacio necesario para poder almacenar información, imágenes, o cualquier contenido accesible vía web. Por tanto, los *Web Host* son compañías que proporcionan espacio de almacenamiento en un servidor a sus clientes (Ferrer, 2009).

Tanto el *housing* como el *hosting* se pueden complementar con servicios adicionales como la realización de copias de seguridad, conexiones redundantes, antivirus, etc.

Actualmente, se está definiendo en la red un nuevo tipo de alojamiento como una evolución del modelo de *hosting* tradicional, el cual es llamado *Cloud Computing*. Está definido como un “conjunto abstracto de dispositivos e infraestructuras, altamente escalables, capaces de alojar y ejecutar aplicaciones de usuario final, que serán facturados en función del consumo que realicen, entendiéndose éste como la utilización de capacidades de procesamiento, almacenamiento y red, con el objeto de dar acceso universal a la información y las aplicaciones. El usuario pone sus aplicaciones en el ‘*Cloud*’ y se despreocupa de las infraestructuras. Para el usuario es irrelevante la tecnología y los sistemas operativos, así como el número de servidores en los que se ejecuta la aplicación” (González, 2008). Sobre esta solución en concreto se ampliará en el cap. 39.

25.3 Entornos de desarrollo, preproducción y producción

A la hora de implantar una solución *software* (y por tanto un nodo IDE) en una organización hay que tener en cuenta que deben definirse tres entornos tecnológicos diferentes e independientes:

25.3.1 Entorno de desarrollo

En este entorno, el equipo de desarrolladores y programadores llevan a cabo la realización de los paquetes *software* y realizan las pruebas necesarias para comprobar que se cumplen los requisitos y funcionalidades definidos durante las fases de análisis y diseño del proyecto.

25.3.2 Entorno de preproducción

Una vez que se ha comprobado que la nueva actualización o el nuevo *software* es correcto, se procede a su implantación en el entorno de preproducción. Es requisito indispensable que el código se acompañe con instrucciones precisas sobre su instalación, incluyendo los siguientes documentos:

- Manual de instalación: precisa los procedimientos de instalación de los componentes *software* de los que conste el servicio
- Ficha de servicio: en la que se contiene una descripción del servicio, los procesos de negocio o subservicios, la arquitectura técnica del servicio, etc.
- Documento de operación: en el que se aporta la información para la resolución de incidencias.

Una vez que el equipo de operación lleve a cabo la instalación del nuevo *software*, el personal responsable del proyecto certificará el correcto funcionamiento de la aplicación. También es, en este entorno, donde se realizan las pruebas de integración del nuevo *software* con el resto de aplicaciones. Es conveniente que este entorno sea, en la medida de lo posible, lo más parecido tecnológicamente, en recursos y prestaciones al entorno de producción.

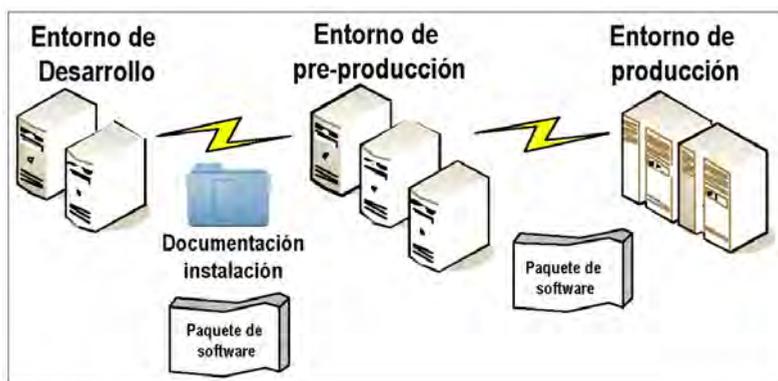


FIGURA 25.1. Entornos de desarrollo, preproducción y producción. (Fuente: Elaboración propia)

25.3.3 Entorno de producción

Finalmente, el *software* es implantado en el entorno de producción, para que esté a disposición de los usuarios. Este entorno contará con los recursos adecuados para el perfecto funcionamiento de la aplicación además de los elementos de seguridad y de monitorización necesarios.

En la fig. 25.1, se muestran los diferentes entornos y el flujo de información y de *software* entre cada entorno.

25.4 Arquitectura de sistemas. Redundancia y escalabilidad

Para mantener el nivel de servicio adecuado de un nodo IDE es necesario que se considere la alta disponibilidad del sistema y su escalabilidad. Por **alta disponibilidad** se entiende la capacidad de un nodo IDE de prestar sus servicios bajo el régimen de 24x7. La **escalabilidad** es la capacidad de un sistema de información de crecer o decrecer atendiendo al volumen de la demanda de solicitudes que recibe.

Un nodo IDE debe ofrecer unos niveles de servicio óptimos y para ello es necesario que gran parte de los elementos que la componen sean redundantes. De este modo, ante la caída de uno de esos componentes, otros entran a funcionar en su sustitución, manteniendo el nivel de servicio. A continuación se citan algunos ejemplos de elementos que pueden ser redundados:

- Conexión a Internet: A ser posible se deben utilizar diferentes proveedores de servicio y distintos dispositivos físicos (routers, fibra óptica,...). Hay que tener en cuenta que si se produce una caída del servicio de acceso a Internet toda nuestra infraestructura tecnológica queda oculta al usuario.
- Centro de Proceso de Datos: Es habitual que en entornos críticos se disponga de un centro de respaldo que pueda sustituir en todo momento al CPD principal. Dependiendo de la configuración seleccionada pueden actuar de dos formas:
 - Activo-Pasivo: el centro de respaldo sólo entra en funcionamiento cuando el CPD principal está caído
 - Activo-Activo: en este caso ambos centros están operativos continuamente aunque la carga de trabajo puede balancearse asimétricamente según las capacidades de cada centro.
- Balanceadores: Son dispositivos físicos o lógicos cuya misión principal es repartir las peticiones recibidas a grupo de servidores (también conocidos como granjas) según un determinado algoritmo (el que menos peticiones esté atendiendo, el que esté inactivo, el que lleva más tiempo sin atender peticiones, etc.)
- *Cluster* de servidores (o de base de datos): Consiste en un conjunto de servidores que actúan como si fuera un único servidor (o base de datos).
- Cabinas de de discos con redundancia.

Con todos estos sistemas redundantes no sólo se mejora la disponibilidad, sino que también se consigue un mejor rendimiento y tiempos de respuesta más cortos aunque, con el coste añadido de un aumento de la complejidad tecnológica.

25.5 Sistemas de almacenamiento

Las soluciones de almacenamiento son una de las inversiones más importantes y estratégicas de una organización. Se pueden definir de manera muy general como el equipamiento hardware usado para guardar los datos. En una IDE la disponibilidad de los servicios es un aspecto fundamental, pero no hay que olvidarse de los datos que se muestran a través de los servicios por lo que su accesibilidad e integridad tiene un impacto directo en el resultado del funcionamiento de los servicios de una IDE.

Es necesario además determinar la criticidad y accesibilidad de los datos que se gestionan y convenir cuál es el nivel de almacenamiento adecuado para cada tipo de datos. Se pueden definir básicamente tres tipos de datos en función de los requisitos de almacenamiento:

- Almacenamiento en línea (on-line): aseguran un rápido acceso a la información, haciendo fácilmente disponibles los datos.
- Almacenamiento near-line: nivel intermedio en cuanto a la disponibilidad de la información y la elasticidad del almacenamiento. Los datos están disponibles pero no de forma tan inmediata como en el caso on-line. Suelen utilizarse dispositivos y características similares a los on-line, pero con tecnologías más baratas, como por ejemplo discos SATA (Serial Advanced Technology Attachment) frente a los discos FC.
- Almacenamiento fuera de línea (off-line): se realiza una copia de seguridad de los datos on-line y near-line haciendo uso de un medio óptico o de cintas, y se ubica la copia en un lugar físico alejado. Se trata de información cuya disponibilidad no es inmediata y cuyo acceso es infrecuente. La diferencia fundamental con los datos near-line es que la recuperación de los datos en éste se realiza de forma automatizada, mientras que en los off-line exige una intervención manual.

25.5.1 Tecnologías de almacenamiento

Hay dos grandes tipos de sistemas de almacenamiento que están siendo utilizados con resultados muy satisfactorios: los sistemas SAN y NAS. Sus principales características son:

a.- Las unidades SAN (Storage Area Network) o redes de almacenamiento, que se basan en una red de alta velocidad dedicada exclusivamente al almacenamiento y backup; esta red está optimizada para el tráfico de grandes volúmenes de datos, y está acompañada de los necesarios recursos de almacenamiento adecuadamente dimensionados, como cableado, switches de fibra Fibre Channel (FC), routers, etcétera. Son grandes sistemas, de gran capacidad (> 50 terabytes), con la posibilidad de activar cientos de discos duros en caso de necesidad. Se trata de instalaciones de altísima potencia que utilizan un software

muy adaptable para poder gestionar múltiples arrays, distintas configuraciones de arquitectura de almacenamiento y ofrecer una monitorización permanente de los recursos implicados [228].

SAN es una red de alta velocidad que comparte dispositivos de almacenamiento, generalmente máquinas con discos de alta capacidad. Esta arquitectura permite que todos los dispositivos de almacenamiento estén disponibles para todos los servidores de la LAN (Local Area Network) o WAN (Wide Area Network) a la que pertenece [231].

Esta red de área de almacenamiento está definida para conectar servidores, matrices de discos y librerías de soporte. Principalmente, está basada en tecnología de red FC y sobre el protocolo iSCSI (internet Small Computer System Interface) que es un estándar que permite el uso sobre redes TCP/IP. Su función es la de conectar de manera rápida, segura y fiable los distintos elementos que la conforman [231].

Las características de las SAN son:

- Mayor **rendimiento**, permitiendo el acceso concurrente por dos o más servidores;
- **Disponibilidad**, puesto que las SAN pueden tener dispositivos con una separación de hasta 10 Km sin ruteadores;
- **Escalabilidad**, como las redes LAN/WAN;
- **Seguridad** a través de la implementación de la tecnología de zonificación, consistiendo en que un grupo de elementos se aisle del resto para evitar estos problemas. La zonificación puede llevarse a cabo por hardware, software o ambas. [230].

Los beneficios de SAN incluyen una mayor velocidad de acceso a datos, menor tiempo de recuperación ante desastres, escalabilidad y una gestión centralizada, compartida y concurrente del almacenamiento. Sus inconvenientes incluyen principalmente su mayor coste, y también la existencia al presente de ciertas limitaciones para integrar soluciones y/o dispositivos de diferentes fabricantes.

b.- Las unidades NAS (Network Attached Storage) son unidades independientes que operan bajo sistemas operativos y de ficheros propios, y gestionan los discos duros que están conectados. Su capacidad es ampliable y es posible adaptarla a los requisitos de cada instalación; funcionan como servidores de ficheros [229].

Es un dispositivo dedicado específicamente al almacenamiento a través de la red, normalmente utilizando TCP/IP, que utiliza un sistema operativo optimizado para dar acceso a los datos a través de uno o varios protocolos como CIFS, NFS, FTP y/o TFTP [230].

Las principales ventajas de las Arquitecturas de Almacenamiento NAS, es que proporcionan un mejor TCO (Total Cost of Ownership), resultando una arquitectura fácilmente escalable y capaz de ofrecer una alta disponibilidad. Por tanto, es posible que sea la mejor forma de compartir e intercambiar ficheros en un entorno heterogéneo [229].

25.5.2 Los sistemas de *backup*

Dado que la información es el pilar principal sobre el que se sustenta un nodo IDE, su pérdida puede llevar a escenarios catastróficos e irreversibles. Por tanto, es necesario definir una política de *backups* (copias de seguridad) que permita el respaldo y recuperación de los datos.

Los procedimientos de respaldo y recuperación permiten la protección de la información ante:

- Errores humanos: borrado o sustitución de ficheros útiles
- Errores técnicos: rotura de discos, pérdida de fuentes de alimentación.
- Otras incidencias: robos, inundaciones, incendios, etc.

En función de la cantidad de ficheros que se salvaguardan a la hora de realizar la copia de seguridad, es posible distinguir tres tipos de copia:

- Copia de seguridad total o íntegra: es una copia de seguridad normal, en la que se graban todos los ficheros y directorios seleccionados.
- Copia de seguridad incremental: se basa en copiar sólo los ficheros que se han modificado desde la última copia de seguridad incremental, de manera que si el día primero de cada mes se hace una copia de seguridad total y cada día se efectúa una copia de seguridad incremental, cada copia de seguridad incremental guardará tan solo los ficheros modificados ese día. Si hay que restaurar el sistema, es necesario utilizar la copia total y todas las copias incrementales. Es un sistema que ahorra espacio y tiempo de ejecución porque sólo se almacena lo que se ha modificado [232].
- Copia de seguridad diferencial: se basa en copiar sólo los ficheros que se han modificado desde la última copia de seguridad total. Si se hace una copia de seguridad completa el primer día de cada mes y una copia diferencial cada día, cada copia diferencial almacena sólo los ficheros que se han modificado desde el primer día del mes hasta el día de la fecha y cada copia diferencial se sobrescribe sobre la anterior. Se trata de una solución intermedia entre la copia total y la incremental porque ahorra espacio y en caso de restauración sólo hace falta la copia total y la última copia diferencial. En caso de que se quiera volver al estado en el que estaban los datos un día cualquiera, evidentemente, hay que guardar todas las copias diferenciales [232].

25.6 Tareas del equipo de operación

Para cumplir el objetivo de garantizar el funcionamiento continuado de los servicios geográficos de un nodo IDE, es necesaria la creación de un grupo de operación y soporte que se encargue de las tareas de gestionar la infraestructura de sistemas y comunicaciones. Este grupo será responsable de todo lo relacionado con esos servicios, desde su puesta en producción (junto con los equipos de certificación y desarrollo), hasta su operación, su mantenimiento evolutivo, su seguridad y su continuidad operativa.

Las tareas principales que debe llevar a cabo el grupo de operación son:

- Mantenimiento y vigilancia de la infraestructura y los servicios geográficos
- Gestión de incidencias
- Tareas técnicas de operación y soporte de los entornos

Existen diferentes estándares para la gestión de servicios de tecnologías de la información aunque el más extendido es ITIL, *Information Technology Infrastructure Library* o Librería de Infraestructura de Tecnologías de Información, que debe servir de guía para los procesos y procedimientos del equipo de operación, siendo una metodología que recoge las mejores prácticas tanto en el sector público como en el sector privado [233].

Asimismo, es muy aconsejable la implantación de los procesos de gestión de calidad asociados a los servicios según el modelo ISO 9001:2000, con auditorías y ciclos de mejora que permitan la mejora continua de los procesos de gestión existentes.

El sistema de mantenimiento y vigilancia debe cumplir los siguientes requisitos:

- Mantenimiento del *hardware*
- Mantenimiento de la infraestructura
- Mantenimiento de servicios, comprobando desde el exterior el estado de los servicios web publicados.

El sistema debe ser capaz de mantener y vigilar servicios de red, bases de datos, procesos, puertos, en diferentes plataformas *hardware* y *software*, y debe elaborar informes de disponibilidad y capacidad. Por último, debe ser capaz de responder ante determinados eventos con el envío de alertas vía SMS, correo electrónico o ejecución de *scripts* en remoto. El equipo de operación utilizará este sistema para dar un servicio adecuado.

La tarea de Gestión de Incidencias tiene como objetivo la resolución de las mismas lo antes posible para restaurar el funcionamiento correcto del servicio, evitando que el cliente se vea afectado. Se entiende como incidencia cualquier circunstancia que altere el adecuado funcionamiento del servicio; la mayoría de las veces el incidente interrumpe el servicio, otras veces se reduce el nivel o la calidad del servicio.

La gestión de incidencias cumplirá tres funciones fundamentales [234]:

- Solucionar la incidencia lo antes posible y en cualquier caso en un tiempo menor al establecido en el Acuerdo de Nivel de Servicio.
- Informar de manera adecuada y continua al cliente del estado de la incidencia: recibida, registrada, en proceso, resuelta, cerrada...
- Analizar el problema para establecer si se puede volver a dar y si se trata de un síntoma de un problema de fondo permanente.

Entre las tareas técnicas de operación y soporte de los entornos que tiene que llevar a cabo el equipo de operación se destacan [234]:

- Administración de los sistemas operativos de los entornos de desarrollo, certificación y producción
- Soporte de las comunicaciones y la electrónica de red
- Gestión de la seguridad
- Gestión de servidores web y de aplicaciones
- Gestión y administración de las bases de datos
- Control de los ficheros de log y de las estadísticas

25.7 Conclusiones

Las conclusiones de este capítulo se resumen en:

- La planificación y diseño de un centro de proceso de datos para el soporte de los servicios de un nodo IDE tiene una importancia crucial para su éxito.
- A los costes de la infraestructura en sí, hay que sumar los añadidos por el mantenimiento de los equipos, de las licencias y del servicio de operación.
- Para dotar al nodo IDE de los niveles de servicio requeridos es necesaria una arquitectura redundante a todos los niveles (comunicaciones, balanceadores, clúster de servidores, almacenamiento, etc.)
- El almacenamiento de los datos es el núcleo del CPD por lo que es necesario establecer unas políticas de *backup* que protejan al sistema de catástrofes informáticas e incidentes.
- El equipo de operación como responsable de la gestión y administración del CPD, tiene que mantener el nivel de servicio e informar a los responsables de la organización de las alertas que puedan surgir.

CAPÍTULO 26

LOS GEOSERVICIOS MÍNIMOS DE UNA IDE

Virginia Fernández Ramos¹, Valenty González², Carlos López-Vázquez³

¹Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay

²Asociación gvSIG – América Latina y Caribe

³Laboratorio LatinGEO del Servicio Geográfico Militar y la Universidad ORT, Uruguay

¹vivi@fcien.edu.uy, ²vgonzalez@gvsig.com, ³carlos.lopez@ieee.org

Resumen. La puesta en marcha de una IDE es un esfuerzo político y técnico considerable, que requiere de apoyos sólidos. Sin embargo, más allá de algunas excepciones que puedan encontrarse, sigue siendo cierto que los primeros pasos son los más difíciles. Este capítulo apunta a orientar las primeras acciones de los promotores de la IDE (generalmente personas inquietas que trabajan en instituciones aisladas), para poder armar un prototipo con sabor local que pueda ilustrar sus argumentaciones. Sin una guía específica, esa tarea puede verse dificultada enormemente por la variedad de conocimientos que se requiere (sobre datos, comunicaciones e informática, etc.). En lo que a datos se refiere, sin perjuicio de los datos propios que puedan manejarse desde un principio, se señala como una ventaja para las primeras etapas, la existencia creciente de información tanto internacional como local creada por organizaciones supranacionales así como por individuos. La utilidad de una IDE depende de los datos que sirve, pero fundamentalmente, de los servicios asociados. Hay una variedad apabullante de posibilidades para ofrecer, por lo que también, y dependiendo del alcance esperado, se formulan sugerencias en relación a los geoservicios mínimos requeridos. También hay disponibles soluciones basadas en tecnologías de virtualización que permiten usar para una prueba realista máquinas de escritorio corrientes trabajando sin alterar sus contenidos. Se da así la posibilidad de hacer pruebas sin arriesgarse a consecuencias negativas y de esta forma, en lo que a *hardware* se refiere, se verá que ya no es necesario disponer de *hardware* dedicado por varias semanas para montar una demostración. Si bien útiles, todas estas soluciones serán anticuadas en poco tiempo y se sustituirán por otras más eficaces-eficientes, por lo que se dan algunas direcciones URL en las que se espera ofrecer una actualización permanente por parte de los autores.

Palabras Clave: Infraestructura de Datos Espaciales, Geoservicios Web, Interoperabilidad, Estándares, Servidor de Mapas.

26.1 La necesidad de definir un conjunto de servicios mínimos

Se puede afirmar que en la actualidad los diversos niveles de decisión son conscientes de la importancia de la IG tanto en la etapa de proyecto como en la planificación y la gestión. Las diversas disciplinas científicas, en diferentes grados de avance, también van integrando sistemáticamente a sus estudios la variable espacial como un factor fundamental de análisis. En esta situación donde la demanda de la IG es más frecuente y la tecnología ofrece medios más eficientes de acceso a la información, la implementación de una IDE acorde a las necesidades de ámbitos específicos se vuelve un requisito esencial en la Sociedad de la Información. El problema abordado en este capítulo es el lado tecnológico del «cómo».

El modelo sociocultural emergente está caracterizado por compartir la información generada por diferentes productores, promoviendo la comunicación inmediata y convirtiendo al planeta en una inmensa red de transferencia de datos. Estas circunstancias colocan al decisor, al gestor y al ciudadano en una actitud de solicitud permanente de información actualizada, de acceso sencillo y rápido.

Ahora, una vez adoptada la decisión de tener una IDE, es posible preguntarse:

- ¿Cuál debería ser el conjunto mínimo de recursos que se espera encontrar en un geoportal?
- ¿Cuáles son los geoservicios web básicos a la hora de implementar una IDE?
- ¿Cómo implementar un geoportal y sus servicios básicos?
- ¿Deberían ser los mismos, o es necesario-conveniente priorizar algunos de estos componentes según el alcance y área temática de la infraestructura que se quiere crear?

Dependiendo del alcance, la respuesta puede ser diferente. Hoy existe un conjunto de herramientas que contribuyen a crear una plataforma IDE rápidamente con una interfaz muy familiar a los habituales navegantes de Internet.

Una IDE nacional necesariamente debería conformarse sobre un conjunto de datos fundamentales que sirvan de plataforma común para la construcción de sistemas de otra dimensión, tanto territorial como referente a temáticas. Su objetivo, por tanto, contempla reducir la duplicación de esfuerzos entre los organismos, garantizar la calidad de los datos y reducir los costes de creación y actualización. Con la finalidad de lograr esa coordinación con las instituciones a nivel regional y otros, un aspecto de particular relevancia es el establecimiento de acuerdos y protocolos con unidades administrativas menores, instituciones académicas y el sector privado. Una estrategia inclusiva buscará realizar una conveniente reorientación cuando la IG demandada sea de escala local o referente a una temática específica. Esto se vuelve decisivo para aumentar la disponibilidad de los datos, así como integrar el desarrollo de aplicaciones sencillas que permitan a usuarios no expertos encontrar con simplicidad al conjunto de datos y de servicios.

Las IDE locales se dirigen principalmente a orientar sobre situaciones fragmentadas pero de mayor detalle, y atienden a dar soluciones concretas a demandas de la población

local. Es posible afirmar que responden a lo cotidiano, utilizando IG de alto nivel de detalle, de gran variedad temática y que, en algunos casos, requieren de aplicaciones más complejas y específicas que las del nivel nacional. Un ejemplo interesante es el del Gobierno Departamental de Montevideo que hoy se encuentra consolidando una IDE, iniciada a instancias de la inquietud de sus técnicos, y que actualmente es un aporte importante para el nivel nacional. Además de las diversas capas de IG generadas por el organismo (cartografía de base, transporte, aspectos sociales y culturales, ordenación del territorio, medio ambiente, servicios públicos, entre otros) los ciudadanos utilizan su portal debido al desarrollo de la herramienta denominada «cómo ir». Esta es una aplicación sobre un visualizador de IG que brinda información en línea sobre todas las combinaciones de buses posibles para ir de un punto a otro de la ciudad, con los horarios y frecuencias de cada servicio. Asimismo, estos datos se utilizan ampliamente por otros organismos, empresas privadas, la academia y el público en general, hecho que le brinda no sólo un valor en sí mismo sino también en los productos derivados que se pueden elaborar de ellos.

Las IDE regionales son de suma importancia para el estudio de problemas o eventos transfronterizos. En este sentido, se destaca el apoyo que significan para actividades de monitoreo ambiental, movimientos migratorios, transporte de productos y el desarrollo de emprendimientos conjuntos realizados por más de un país. La posibilidad de compartir e intercambiar IG a nivel supranacional se apoya en los acuerdos de estándares, criterios y categorías, como el de establecer el uso de un catálogo de objetos geográficos único. Un mecanismo de integración regional de este tipo es la Infraestructura de Datos Espaciales de la Comunidad Andina (IDECAN). Este grupo de países se ha puesto como reto la creación de un mecanismo para compartir experiencias, orientar actividades y proyectos locales hacia el logro de objetivos con impacto regional. Tienen especialmente en cuenta la necesidad de apoyo para la solución de problemas que no se circunscriben a los límites geográficos nacionales, tales como la pobreza, los riesgos naturales y la contaminación.

Las IDE corporativas articulan la información que gestiona una empresa, instituto u organismo hacia el interior de la organización, haciendo más eficiente su uso por múltiples usuarios. Los servicios de una IDE simplifican la distribución y acceso actualizado a los datos, así como la seguridad sobre los mismos. Actualmente en Uruguay, el Sistema Nacional de Emergencias (SINAE) se encuentra desarrollando una *extranet* para compartir de forma segura la información y especialmente la IG útil para las fases de prevención, operativa, de evaluación y de recuperación de las situaciones de emergencia. Atendiendo a lo local, y a su vez para dar una solución a la organización, se creó un repositorio de archivos vectoriales y raster con una codificación única para que la utilizaran los centros departamentales distribuidos por todo el país. Con tareas de capacitación se optimiza el uso de esta herramienta, el propio uso de la información así como el relevamiento y actualización de otra, que tras su validación, se devuelve al repositorio. Dos visualizadores de mapas, uno orientado a toda la ciudadanía y otro con herramientas para los usuarios internos vinculados a la gestión del

riesgo, equipados con servicios estándar WMS e información de registro de desastres y de interés para su atención, complementan este sistema de nivel corporativo.

Los casos mencionados intentan dar ejemplos de IDE implementadas para diferentes ámbitos. Si bien esta clasificación define espacios para las IDE, es necesario comprender que, como sistemas dinámicos, no conforman recintos estancos, y sus dominios son flexibles y evolutivos. Sin embargo, algunas condiciones destacan por su presencia y trascendencia en el uso de datos. Particularmente, se estima que los geoservicios web son significativos en este contexto, especialmente en lo que involucra a la interoperabilidad y acceso a los metadatos. El establecimiento de una IDE, a nivel corporativo, local, nacional o regional requiere del acuerdo de casi todos los productores, integradores y usuarios de datos espaciales del ámbito territorial en el que se establece. Este acuerdo debe considerar también las IDE definidas (o en definición) en ámbitos territoriales superiores, hacia las cuales deberá converger.

26.2 Los datos mínimos

Las IDE se desarrollan para permitir un fácil acceso a la información espacial que apoya a la toma de decisiones a diferentes escalas y con múltiples propósitos. Teniendo en cuenta su funcionalidad, se puede decir que:

- Cuando se construyen a nivel corporativo y local, congregan datos más específicos y están orientadas a una utilidad operativa buscando el uso efectivo y eficiente de los recursos para la ejecución de tareas concretas.
- Cuando se consideran a nivel nacional y regional, los datos son de interés general, con escalas y niveles de generalización diferentes a los anteriores. Su objetivo es a nivel de gestión, con la adquisición y utilización eficiente de los recursos para alcanzar los objetivos que se definan.

En este sentido, la definición de cual será la IG mínima que debe disponer cada IDE es uno de los pasos determinantes para poder cumplir con las funciones requeridas. Podría hablarse de «datos básicos» imprescindibles, entre los que no puede faltar la cartografía base. No es necesario discutir sobre la importancia de la IG en la toma de decisiones, de su alta presencia en informes y de su coste de relevamiento y mantenimiento. Frecuentemente, el no contar con una información básica para comenzar a implementar un servidor de mapas e intercambiar información, frena la iniciativa de una organización para integrarse a esta fase de desarrollo. Esos datos básicos o fundamentales son los que precisa cualquier nivel: red vial, hidrografía, topografía y división administrativa. Otros datos dependerán del público objetivo y la temática que se abarque. En la actualidad, se encuentra disponible un conjunto de herramientas y datos espaciales que permiten, a cualquier región con infraestructura informática y de comunicaciones adecuadas, poner al menos un mínimo de IG a disposición de los usuarios en forma eficiente, tomando los datos de fuentes públicas. Entre los más conocidos se pueden mencionar:

- *Google Earth*, que es hoy quizá el servicio informático con herramientas básicas de SIG más conocido. Permite visualizar imágenes satelitales de resolución y fecha variadas

de los diferentes lugares del planeta, combinando esta funcionalidad con mapas y un motor de búsqueda. Esta utilidad de Google es gratuita y da la posibilidad de integrar muchas de sus características a un sitio web así como consumir su IG como servicio.

- Para aplicación a escala local, se puede considerar la cartografía que ofrece *OpenStreetMap* (OSM), un proyecto colaborativo para crear mapas de acceso libre y editables ya comentado en el cap. 16. La cartografía está elaborada con datos provenientes de GNSS móviles, fotografías aéreas e imágenes, y se distribuye bajo licencia de *Creative Commons*, lo que asegura su uso irrestricto. Estos datos y tecnologías ya han tenido varios éxitos, como el ocurrido tras el terremoto de Haití [235].
- Aunque son ejemplos muy exitosos, los anteriores no son los únicos. *WikiMapia*, utiliza las imágenes y mapas de *Google Earth* como base, permitiendo a los usuarios añadir información en forma de notas a cualquier región o localidad del planeta. Es un ejemplo más de la tecnología de *wiki* (un término hawaiano que significa ‘rápido’). Técnicamente una *wiki* puede describirse como un sitio web con páginas editables por múltiples voluntarios a través de un navegador estándar. Todos los contribuyentes editan o corrigen de manera anónima y no hay un mecanismo supervisor o disciplinario aplicable a los usuarios, lo que en teoría no permitiría garantizar la calidad del producto.
- Con el fin de acceder a información topográfica, se puede considerar al *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM - Misión topográfica de radar a bordo del transbordador). Esta es una misión coordinada entre la Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial (NGA), y la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los EE. UU., cuyo fin fue obtener un modelo digital de elevación de gran parte del globo terráqueo. Los modelos de elevación derivados de los datos del SRTM se pueden utilizar mediante un SIG e integrar a un servidor de mapas, y puede accederse gratuitamente por medio de Internet.
- Si no se dispone de nomenclátor, *GeoNames* [236] es una base de datos global que cubre todos los países y en la que hay más de ocho millones de topónimos. Su acceso es igualmente gratuito.

Si bien es necesario destacar la importancia de asegurar la calidad de los datos, también es preciso reconocer que contar con IG de calidad es una tarea que puede demandar un tiempo extenso, y ello puede ser incompatible con las urgencias de echar a andar una IDE. La existencia de datos públicos y *software* libre adecuado permitirá, como se verá más adelante, construir un prototipo de IDE mínima con fines de divulgación, demostración y, por qué no, también de producción.

26.3 Los geoservicios mínimos

La incorporación de esta información lleva a trabajar con servicios web, protocolos y estándares que definen las reglas de transmisión de IG y permiten que la IG se pueda compartir,

difundir y utilizar de manera interoperable en distintas plataformas tecnológicas. Por ejemplo, la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE) los asume como uno de los componentes más importantes en la construcción de las IDE, ya que permiten de manera práctica, que las instituciones participantes de una infraestructura compartan y usen la IG en el marco de estándares y políticas específicas. En el marco de la OGC, los geoservicios se han definido a través de especificaciones, destacándose aquí el nomenclátor, CSW y WMS. Sus detalles se han descrito superficialmente en capítulos previos de este libro y se desarrollarán en el cap. 27; aquí solamente se les propondrá integrando un conjunto mínimo requerido para considerar operativa una IDE.

Para un usuario experto, el nomenclátor implementado como WFS es un servicio estándar que ofrece una interfaz de comunicación que permite consultar y obtener objetos geográficos (que representan hechos físicos con posición geográfica dotados de atributos como nombre, forma o localización), desde múltiples servicios remotos e interactuar con los mapas a consumir, siendo el WFS-T (*WFS Transactional*) el que agrega las funciones de creación, eliminación y actualización de estos elementos geográficos del mapa. A pesar de su utilidad potencial, el WFS no es aún un servicio muy utilizado. Sin embargo es ineludible porque representa la vía de acceso a los datos vectoriales del mapa que se obtiene vía WMS, haciéndolo imprescindible para aplicaciones dentro del área de los SIG.

Además, como se verá en el cap. 28, el WFS toma una importancia añadida pues los servicios de nomenclátor se pueden implementar siguiendo varios estándares como el perfil *Gazetteer* de *Web Feature Service* (WFS-G) [237], siguiendo las recomendaciones de OGC y de ISO (ISO 19112). En este perfil se definen los nombres y atributos mínimos de los tipos de datos que se ofrecen (*FeatureType*)

Por otro lado, el CSW es el estándar de servicio de catálogo diseñado por OGC y que define una interfaz común para la búsqueda, localización y consulta de metadatos relacionados a datos, servicios y recursos geográficos. El catálogo de metadatos forma parte de uno de los servicios fundamentales que debe existir en una IDE, ofreciendo un buscador de datos geográficos existentes en una organización. Para más detalles sobre los metadatos se remite al lector a los capítulos 10 y 11.

Entre las ventajas de integrar WMS a una IDE se pueden citar: el acceso inmediato y conjunto de IG (en el sentido de varias capas superpuestas) procedente de varios servidores remotos, acceso a datos siempre actualizados a través de un navegador de Internet y el ahorro de descargas e impresión sobre papel de la IG. El WMS es el último servicio del que podría prescindirse.

26.4 El *software* mínimo, del lado del servidor

Es notorio que en este libro el término «servicio» siempre aparece al referirse a maneras eficaces de compartir IG. Por tanto, se necesitan aplicaciones que tengan la capacidad de «servir» la IG. Además, los servicios de tipo estándar e interoperables resultan intrínsecos

a una IDE, convirtiéndose en la forma idónea de compartir datos, mientras los visores de mapas se tornan en clientes de servicios.

De tal manera que cuando se plantea la pregunta de cuál sería el conjunto de *software* mínimo requerido para disponer de un servidor de IG, la respuesta va enlazada a definir qué servicios ofrecerá el servidor. Es necesario especificar un mínimo de servicios. Para hablar de IDE es necesario al menos disponer de tres servicios mínimos:

- El servicio de nomenclátor.
- Un servicio de metadatos, que siguiendo el estándar OGC sería de tipo CSW.
- Un servicio de mapas, que tenderá a ser de tipo WMS,

Entendiendo entonces por servicios mínimos los de tipo nomenclátor, CSW y WMS, ¿qué *software* se necesita? En cuanto al servicio de nomenclátor, la tendencia actual es servir esta opción mediante un servicio de tipo WFS-G para la capa que contenga la información que se usará como nomenclátor. Normalmente se trata de una capa que contiene el nombre y los valores de sus coordenadas en (X, Y). Por tanto, al tener un servidor de mapas como *Mapserver* o *Geoserver* (ver más abajo), también se tendrá la capacidad de servir WFS-G y por tanto tener servicio de nomenclátor.

Si algo ha enseñado el trabajar con mapas en la web es la necesidad de publicar metadatos. Esos metadatos que anteriormente se manejaban de forma interna en las organizaciones ahora han de ser públicos para que la IG que se ofrece se use de manera correcta conforme a sus características. A nivel de *software* se dispone de *Geonetwork*, una aplicación gratuita de amplia difusión y uso. Este proyecto que nació por iniciativa de la FAO-ONU y ahora tiene vida propia, está concebido como un portal de metadatos. Además de prestar el servicio de catálogo (CSW) de todos los metadatos que en él se almacenen, tiene la capacidad de ofrecerlos en una página web que incluye incrustado un navegador de mapas que permite hacer búsqueda de metadatos por texto, por regiones geográficas predeterminadas o directamente haciendo selecciones sobre mapas. Los metadatos se almacenan en concordancia con la norma ISO respectiva y tiene un sistema de validación de cumplimiento de esta norma.

La necesidad de servicio de mapas no tiene respuesta única. Es posible tener uno o más de los servicios de mapas estándares OGC de tipo WMS, WFS, WFS-T, WMST o WCS; sin embargo, el servicio WMS normalmente es el elegido por dos de sus características. La primera es que puede servir datos de tipo vectorial y raster, y la segunda es que la salida de datos entrega una imagen georreferenciada normalmente en un formato de tamaño menor al original (PNG, JPEG, GIF, etc.), por lo que consume menos recursos a nivel de conexión de red, ventaja que se mejora aún más utilizando WMST. Además de proporcionar servicios y compartir IG, es un incentivo para los entes que se inician en la filosofía de trabajo, porque este servicio entrega al usuario una «vista» de la cartografía pero no sirve la cartografía en sí, la cual está incluida con servicios de tipo WCS y WFS.

Para prestar servicios de tipo WMS se necesita un «servidor de mapas». A nivel de *software*, los servidores de mapas gratuitos y libres de mayor uso son *Mapserver* y *Geoserver*.

Mapserver es un *software* con más de 15 años de existencia, pionero en muchos sentidos en la publicación de mapas web y con excelentes resultados de desempeño superando en muchos casos a otras alternativas de pago. *Geoserver* por su parte es más reciente, y por ello incorpora otras tecnologías que evolucionan rápidamente en una concepción de servidor de mapas con interfaz de administrador también operada vía web. Ambos servidores tienen capacidad de prestar servicios WMS, WCS y WFS. Informalmente, se considera que el desempeño de ambos es adecuado en WMS, y que *Geoserver* tiene mejor desempeño en servicios WFS mientras que *Mapserver* se destaca en WCS. Ambos *software* tienen dos características de alto valor para la interoperabilidad: el acceso a orígenes de datos en múltiples formatos digitales (en realidad, la casi totalidad de formatos digitales usados en IG) y la capacidad de realizar «reproyecciones de coordenadas al vuelo», tomando datos en un sistema de coordenadas y sirviéndolos en otro sin requerir duplicarlos. Estas características han derribado barreras tradicionales para que los organismos públicos puedan compartir IG, tales como la existencia de cartografía en diferentes proyecciones o formatos digitales que requerían altos presupuestos de procesamiento y/o migración para establecer un centro de almacenamiento de datos centralizado, presupuestos que, por ser necesarios para tareas ajenas a las propias de cada organización, no estaban disponibles en muchos casos.

Una vez definidos los servicios mínimos a nivel de *software*, se comentarán algunas opciones disponibles para que el usuario, sin necesidad de ser un experto, pueda aproximarse a estas tecnologías usando para ello aplicaciones de uso gratuito y libre.

La primera opción es usar las distribuciones de CD o DVD «en vivo», que consisten en archivos que contienen almacenadas, bajo ciertas reglas, una máquina con su sistema operativo y aplicaciones. Estas distribuciones se pueden descargar y copiar en disco removible (CD o DVD). Al insertarlo en la unidad lectora de discos del ordenador, cuando éste se reinicia, lo que se iniciará será esta «máquina virtual». Una «máquina virtual» es, a todos los efectos, equivalente a un nuevo ordenador conectado a la red local. Según cómo se configure, tendrá dirección IP propia, usuarios, etc. En uno de sus modos de operación, el ambiente funcionará totalmente en memoria RAM del equipo, por lo que las modificaciones que se hagan sobre el disco virtual se perderán al apagar la máquina (se libera la memoria RAM). Por tanto, el disco duro verdadero (físico) así como su sistema operativo y ficheros, están exentos de alterarse. Esta máquina «volátil» es útil para hacer demostraciones, uso en contexto de desastres o emergencias, etc. pero no es una solución práctica si se desea trabajar sobre la misma alterando contenidos. Alternativamente, es posible copiar el contenido en el disco físico (como un fichero más), logrando así que los eventuales cambios que se hagan en la máquina virtual sean permanentes. En esta modalidad, las máquinas virtuales deben usarse con un *software* de virtualización, como por ejemplo *VirtualBox OSE*.

Algunas de las distribuciones más usadas, «en vivo», de acceso gratuito, que contienen configuraciones especializadas para servidores de IG son:

- **Live-DVD OSGeo.** Esta es una excelente recopilación anual de las últimas tendencias en las aplicaciones más usadas entre los servidores y clientes de IG libres y gratuitos. Posee unas guías de acceso rápido que resultan de gran ayuda — presentadas en español y otros idiomas— que orientan al usuario sobre cómo usar los *software* que están contenidos en la distribución.
- **Live-DVD gvSIG.** También es una distribución actualizada anualmente que ofrece lo más reciente del *software* gvSIG, y contiene bases de datos espaciales libres y servicios OGC para poder probarlos funcionando e interactuando con gvSIG.
- **Faunalia SIG-WEB.** Es una distribución de aplicaciones libres y gratuitas a nivel de servidor que se actualiza con cierta periodicidad. Esta distribución tiene como característica particular que está hecha para usarse vía USB, mediante accesorios del tipo *Pen-Drive* o memorias Flash. Colocando la imagen en una unidad de las mencionadas, la distribución Faunalia se cargará al reiniciar el ordenador. Es muy práctico para llevarlo consigo y usarlo en equipos que no poseen unidad lectoras de discos.
- **GISVM.** Es otra distribución para CD o DVD con tres presentaciones para ejecutarse bajo VMWARE. La primera es una máquina virtual con aplicaciones de geomática libre para escritorio, basada en UBUNTU. La segunda, contiene algunas aplicaciones de geomática libre para servidor, y está diseñada para extenderse por el administrador. La tercera versión es para servidor, y ya viene preconfigurada con *UBUNTU Server*.
- **Click2try.** El servicio que ofrece este sitio [238] consiste en servir máquinas virtuales vía Web. Usando este servicio, se instaló en la web una distribución previa del Live-DVD de OsGeo que se llamó Arramagong-GISVM. Esto permite que cualquier usuario de forma gratuita se suscriba al servicio y ejecute la máquina virtual vía Web sin tener que instalar ninguna aplicación local, ni siquiera ejecutar máquinas virtuales o distribuciones en vivo. El uso de esta solución puede ser el primer paso para un usuario que no haya frecuentado aún ninguna de las tecnologías y alternativas mencionadas.
- **OpenGeo Suite.** Finalmente, se señala la existencia de un paquete que en su conjunto permite poner una IDE en funcionamiento. Se trata de la plataforma *OpenGeo Suite* [239] que permite desplegar un almacén de datos PostGIS [240], servidor de aplicaciones *GeoServer* (que incluye WFS, WCS y WMS), *GeoWebCaché* [241], así como clientes integrados y herramientas de ayuda con la definición de estilos de visualización. Al presente le falta únicamente el catálogo de metadatos y su interconexión para lo que podría utilizarse, por ejemplo, *GeoNetwork*. Se ofrece en una versión con soporte y otra sin soporte.

La oferta tecnológica es muy dinámica, y hará inevitablemente obsoleto los contenidos de un libro. Por ello, se ha habilitado una página Web en la que se actualizará regularmente el listado de soluciones mencionado. La misma reside en <http://creativa-consultores.com/libro_ide/es/en_vivo>.

26.5 El *software* mínimo, del lado del cliente

Los clientes de IG pueden clasificarse en tres grupos: liviano, medio y pesado. Hay diferentes requisitos de *software* cliente para cada uno de los grupos.

Un cliente liviano, que normalmente requiere consultar alguna información de un elemento o de su ubicación espacial, o las características específicas de la IG y la ubicación de la misma para acceder a ella (metadatos). Con las tecnologías actuales, el primer cliente de IG resulta ser el navegador web. Con él, el usuario puede acceder a un portal de metadatos (por ej. *GeoNetwork*), a un geoportal (con diferentes capacidades según su diseño e implementación), o también directamente a los servicios OGC usando peticiones estándares.

A nivel medio, entrarían las aplicaciones que se requieren instalar en el ordenador, con capacidad de conectarse a servicios IG por la web, pero que no necesariamente tienen capacidades SIG incorporadas. Este es el caso de *Google Earth* que, si bien puede ser cliente de servicio de tipo WMS y posee herramientas de navegación y medición, no tiene herramientas de geoprocreso.

El nivel de clientes pesados está orientado a usuarios más avanzados que requieren no sólo visualizar la IG y consultarla, sino procesarla y generar cartografía derivada a partir de los procesos aplicados. Para ellos se necesitan programas que tengan simultáneamente características de SIG y cliente IDE, incluyendo las capacidades tradicionales de un SIG (navegar, medir, editar, georreferenciar, ejecutar geoprocresos, realizar impresión de mapas, etc.), pero agregando la capacidad de acceso a datos mediante estándares OGC. En el caso de aplicaciones libres y gratuitas, la lista es extensa. Se mencionarán varios de los *software* SIG con el riesgo de obviar alguno de forma involuntaria: gvSIG, QuantumGIS, Udig, OpenJump, Kosmo.

26.6 El prototipo de geoportal

La amplia y oportuna disponibilidad de la IG favorece el conocimiento del entorno y mejora las acciones que se proyectan sobre el territorio. Un geoportal aporta un nuevo canal de difusión y ofrece utilidades para su estudio. Según se maneja en la IDE de España, un geoportal es «un sitio Internet que incluye al menos una aplicación cliente de geoservicios»; y según INSPIRE, un geoportal proporciona los medios para buscar conjuntos y servicios de datos espaciales, así como las restricciones de acceso, visualización y descarga. Tait (2005) y Van Oort (2008) definen como geoportal a «un sitio web que presenta un punto de entrada a geo-productos en la web». En todo caso, algunos componentes parecen ser fundamentales en la estructura de un geoportal.

26.6.1 Componentes fundamentales de un geoportal IDE

La necesidad mínima de las IDE consistente en localizar la IG de interés y visualizarla, conduce a la existencia de herramientas que lo permitan: una que facilite la búsqueda de los datos y otra para visualizarlos.

La herramienta para buscar los datos es el **catálogo de metadatos**. Un catálogo de metadatos es una utilidad que permite realizar al usuario la búsqueda de los datos geográficos que necesite y conocer su ubicación y otros detalles acerca del contenido, su calidad, las fechas asociadas, la extensión geográfica que cubren, su política de distribución, las restricciones de seguridad y legales que puedan existir, así como la frecuencia de su actualización.

El **visualizador cartográfico** deberá ofrecer un acceso ágil a la IG a los usuarios no avelados en la temática. Es aconsejable que la extensión territorial, al inicio, esté circunscripta a la zona de interés (regional, nacional, local) pero que mediante las herramientas de acercamiento y alejamiento pueda reconocerse como una parte de un espacio mayor. El conjunto inicial de datos espaciales que muestre el visualizador permitirá reconocer a primera vista bien la temática o el objetivo de la aplicación.

26.6.2 Herramientas para la creación de un geoportal

A nivel de *software* de acceso gratuito, y en este caso también de licenciamiento libre, existen dos aplicaciones concebidas como *framework* para personalización e implementación de geoportales. Un *framework* es un entorno de desarrollo donde un usuario dispone de herramientas preconfiguradas que le facilitan de gran manera la generación de un producto personalizado. En el caso de geoportales se citarán dos aplicaciones: *Mapbender* [242] e *i3geo* [243].

Mapbender es un *software* original de Alemania con grandes capacidades de creación de un geoportal y una fuerte orientación a IDE por ser un cliente de servicios estándares OGC. El usuario puede generar su propio geoportal agregando funciones de navegación, medición, conversión, metadatos, nomenclátor, servicios OGC tipo WMS, WFS y WFS-T, servicios WFS-G, que permiten generar el nomenclátor y también editar vectores en forma remota a través del mismo geoportal. En otras palabras, un usuario puede digitalizar vectores en remoto por medio del navegador web y el geoportal, directamente contra un origen vectorial de datos y por supuesto, personalizar la imagen, logos, encabezados, créditos, y la plantilla de mapas ya que se puede imprimir mapas a formato PDF. Este *software* está en constante evolución y su desarrollo va estrechamente ligado a la evolución de los estándares OGC y de las tendencias de las aplicaciones libres. En [242] hay una buena colección de recursos para su aprendizaje. *Mapbender* se usa ampliamente en proyectos en diversos países y de las más variadas dimensiones y complejidades. Algunos de los casos de éxito documentados pueden accederse en [244].

i3geo es un *software* brasileño reciente que permite generar un geoportal de forma muy rápida y disponer de un producto con funcionalidades avanzadas. Para acceder a toda la documentación, instaladores y código, debe suscribirse al repositorio de *Software* Público de Brasil [243] y unirse a la comunidad *i3geo*. Este *software* trabaja de forma estrecha con el servidor de mapas *Mapserver*, pero posee capacidades diversas como lectura de archivos shape, importar-exportar KML, usar servicio de mapas base desde WMS, *OpenStreetMap* o *GoogleMaps*; tiene capacidades de geoproceto «en línea» (calcula áreas de influencia, intersecciones, etc.), puede conectarse a servicios de fotos como Picasa, también cargar GeoRSS,

y está integrado con el potente *software* de estadística R. Este programa está en constante desarrollo y lo usan muchos ministerios nacionales del estado brasileño. En [245] puede verse una guía de las capacidades de i3Geo, y si se prefiere acceder al *software* e interactuar directamente con él, puede hacerse accediendo a [246].

Con las herramientas señaladas, para cualquier organización o persona es factible generar rápidamente un geoportal con funciones medias y avanzadas, sin costes de licenciamiento, con desempeños excelentes y en casos de uso de *framework* como los mencionados, sin tener que hacer líneas de código ni saber lenguajes de programación.

26.7 Conclusiones

Los esfuerzos para impulsar una IDE en cierto contexto (nacional, local, corporativo, etc.) pueden naufragar si no se puede mostrar un prototipo funcionando. La rapidez con que sean expuestos al público, y la pertinencia o la importancia de los servicios ofrecidos pueden ser decisivas al momento de obtener respaldo para una iniciativa más estable. En este capítulo se ha realizado una propuesta sobre los datos básicos e imprescindibles que debe mostrar una IDE. También, y lo que parece de interés más general, se hacen recomendaciones sobre cuáles de los servicios web típicamente disponibles en una IDE sería prioritarios según el caso.

Para apoyar la implementación se han mencionado fuentes públicas e internacionales de datos básicos. La aparición de proyectos del tipo Web 2.0, y la participación de voluntarios subsiguiente, más la popularización a nivel gubernamental de los conceptos de IDE hace que esa lista de datos deba necesariamente revisarse cuando quiera utilizarse, debiendo tener en cuenta además las realidades locales.

La oferta de *software* se ha enriquecido sustancialmente con el desarrollo del *software* libre, existiendo en la actualidad una sólida comunidad de usuarios que ofrece, de hecho, un soporte que rivaliza con los del *software* privativo. Al presente, todos los requisitos de los servicios OGC pueden satisfacerse con *software* tanto privativos como de dominio público, ya sea para el cliente como para el servidor. El proceso de instalación de *software* libre, que constituía un obstáculo significativo para administradores no expertos, se ha ido simplificando y se han incorporado conceptos como los de máquinas virtuales y CD en vivo que hacen que, al menos en etapa de pruebas, la instalación de un nodo de una IDE pueda realizarse en menos de un día. Es a través de este progreso por donde se visualiza una significativa mejora de los servicios al usuario final, promoviendo además menores costes operativos (Lawrence, 2008).

Este capítulo se ha redactado para facilitar el primer paso de aquellos interesados en difundir IG con las mejores tecnologías del momento, independientemente del rol y lugar que se ocupe. Hoy existen diversas herramientas para construir una IDE de forma eficiente y así contribuir a más precedentes de tomas de decisión a diferentes niveles administrativos y políticos. Beneficiarse de estas utilidades es un comienzo que permite reducir la brecha digital, específicamente en el acercamiento y uso de la IG.

CAPÍTULO 27

CSW Y WMS: LOCALIZAR Y VISUALIZAR MAPAS E IMÁGENES

Miguel Ángel Manso¹, Carlos Granell²

¹LatinGEO, Grupo de Investigación Mercator, Universidad Politécnica de Madrid, España

²Instituto de Nuevas Tecnologías de la Imagen, Universitat Jaume I de Castellón, España

¹m.manso@upm.es, ²carlos.granell@uji.es

Resumen. La localización y evaluación de la información geográfica existente han sido los principales problemas con los que se han enfrentado los responsables del diseño e implementación de proyectos de SIG. Las IDE, consideradas como la evolución de los SIG a un entorno web— aunque existen otras visiones antagónicas—, identifican los servicios de localización y visualización como críticos y los consideran básicos y universales (directiva INSPIRE). En este capítulo se describe de un modo funcional— sin entrar en demasiados detalles técnicos—, el funcionamiento de los servicios de catálogo (CSW) y del servicio de visualización de mapas (WMS). En la descripción del servicio de catálogo se resaltan las operaciones más importantes que dan soporte a la localización (*GetRecords*, *GetRecordById*), y se describen el resto de operaciones destacando su utilidad y finalidad. En la descripción del servicio de mapas, se pone de manifiesto la versatilidad que ofrece la operación *GetMap* del estándar WMS y las implicaciones que ello supone desde el punto de vista de la eficiencia y las prestaciones del servicio. Se describen el resto de operaciones del servicio, para cerrar la sección con la aparición de servicios teselados de mapas no estandarizados (*Google Maps*, *Bing*, *Yahoo Maps*), que han motivado la aparición del nuevo estándar WMTS en el OGC. El capítulo finaliza describiendo cómo deberían interrelacionarse los clientes de ambos servicios: localización y visualización para dar soporte a los usuarios, permitiéndoles construir mapas por medio de la superposición de capas ofrecidas por los servicios WMS y la evaluación visual de los hallazgos alcanzados por medio del servicio de catálogo.

Palabras Clave: WMS, CSW, Clientes, Localizar, Visualizar.

27.1 Introducción

Desde el punto de vista técnico, las IDE tratan de solucionar algunos de los problemas que han afectado tradicionalmente a los SIG: dificultad para localizar las fuentes de IG, la necesidad de adecuar o transformar dicha información tanto en formatos como en sistemas de referencia espaciales (datum y tipo de coordenadas) o trabajar con datos congelados (ver, entre otros, Larsgaard, 1998; [247] y Sieber, 1999). Por tanto, siguiendo los principios de INSPIRE [248], los primeros objetivos de una IDE son (a) facilitar la localización o descubrimiento de los datos, (b) facilitar la evaluación de los mismos, (c) evitar o simplificar las transformaciones de formatos y sistemas de coordenadas y (d) acceder a las últimas versiones de los datos. Como se indicó en los capítulos 10 y 11, los metadatos permiten localizar, evaluar, acceder y usar los recursos ([249]; Moellering y Brodeur, 2006; Díaz *et al.*, 2008) ya sean conjuntos de datos (cartografía, planos, tablas, imágenes georreferenciadas o georreferenciables) o servicios (de visualización, descarga, procesamiento, etc.), que usan dichos datos. En éste capítulo se describe a nivel funcional, sin profundizar demasiado en los aspectos técnicos de las especificaciones y estándares: (a) el servicio de catálogo que permite localizar recursos geográficos, en base a los metadatos que los catalogan, y (b) el servicio de visualización de mapas e imágenes como un mecanismo que permite evaluar visualmente si los recursos se adecuan a las necesidades del usuario o simplemente interpretar una realidad geográfica—imágenes aéreas o de satélite— o una abstracción de la realidad—cartografía—.

27.2 El servicio de catálogo (CSW)

El servicio de catálogo (*Catalogue Web Service*—CSW) definido por el OGC (Nebert *et al.*, 2007) tiene como principal objetivo permitir que los usuarios puedan localizar datos o servicios geográficos utilizando una de las dos operaciones que definen su interfaz—*GetRecords* y *GetRecordsById*—.

La primera de las operaciones (*GetRecords*) permite hacer una consulta sobre el catálogo de metadatos, solicitando que el servicio retorne todos los registros de metadatos que cumplan las condiciones impuestas. Por ejemplo, que en el título aparezca un texto; que la fecha de los datos esté comprendida en un periodo; que la extensión geográfica no exceda un rectángulo dado; que el valor de un elemento del metadato adopte un determinado valor, etc.

Dado que el número de registros que cumplen un criterio de búsqueda puede ser elevado (como ocurre con las búsquedas en la web), el servicio contempla la posibilidad de recibir como respuesta una vista simplificada de los metadatos (*brief*), de tal modo que el usuario pueda seleccionar de esta lista aquellos metadatos que le interesa analizar en profundidad para descargarlos y usarlos. Es en este caso, cuando se solicite la petición individualizada de un registro se aportará el valor único (clave) que lo identifica (*Id*) (*GetRecordsById*). El usuario, de nuevo, puede seleccionar el formato (XML o HTML) y el esquema—el estándar de codificación de metadatos— que ha de utilizar el servicio para entregar los metadatos.

Desde un punto de vista metafórico, la operación *GetRecords (brief)* es equivalente a una consulta en Google y la operación *GetRecordsById* es equivalente a acceder al recurso

localizado previamente. La fig. 27.1 muestra, como ejemplo de consulta en un catálogo (IDE de Navarra), la vista resumida de los metadatos que cumplen el criterio de búsqueda y finalmente el metadato seleccionado en formato HTML.



Ficha Resumen de Metadatos

Información general del metadato

Información de identificación del conjunto de datos

Título: Red Natura 2000. Lugares de Importancia Comunitaria
Título alternativo: LIC
Publicación: 2008-07-31
Idioma: spa
Resumen: Delimitación de los Lugares de Importancia Comunitaria según la propuesta de LICs en Navarra para la Red Natura 2000 europea. Han sido clasificados según su código y la región biogeográfica a la que pertenecen.
Propósito: Su finalidad es asegurar la supervivencia a largo plazo de las especies y los hábitats más amenazados de Europa, contribuyendo a detener la pérdida de biodiversidad ocasionada por el impacto adverso de las actividades humanas.
Información suplementaria: Esta propuesta del listado y delimitación de los Lugares de Importancia Comunitaria en Navarra por regiones biogeográficas, está aprobada provisionalmente en el Acuerdo de Gobierno del 15 de mayo de 2000. Boletín Oficial de Navarra (BON) nº 68, de 5 de junio de 2000. (<http://www.cfnavarra.es/BON/006/00605024.htm>). A fecha 20/01/2005 queda pendiente únicamente la biorregión mediterránea. Aunque la escala de valoración para la delimitación se trata de 1:25.000, está ajustada a 1:5.000 por las fuentes utilizadas para llevar a cabo su delimitación. Es interesante mencionar que los LIC de la Laguna de Pitillas y el del Embalse de las Cañas están incluidos en la Lista de Zonas Húmedas de Importancia Internacional, según el Convenio de Ramsar, relativo a hábitats de aves acuáticas. Este convenio tuvo lugar el 2 de febrero de 1971, y entró en vigor en 1975. España ratificó el convenio en 1982, publicado en el Boletín Oficial del Estado (BOE) de 20 de agosto. - La Laguna de Pitillas se incluyó en dicho listado en el Acuerdo de Gobierno de 4 de diciembre de 1995. - El Embalse de las Cañas se incluyó en el listado en la Orden Foral 804/96 de 31 de julio, publicado en el Boletín Oficial de Navarra (BON) nº 106, de 2 de septiembre de 1996. (<http://www.cfnavarra.es/BON/969/96902004.htm>)

Tipo de datos: Vector
Escala 1: 5000

Datos online

Titular(es) de la información

Explorador gráfico

URL del explorador gráfico: <http://idena.navarra.es/img/metadatos/lics.jpg>

FIGURA 27.1. Ejemplos de interfaces de: consulta, resultados en modo abreviado y completo. (Fuente: IDE de Navarra)

El servicio de catálogo ofrece, a través de su interfaz, otra operación (*GetDomain*) con el fin de ayudar a desarrollar interfaces de usuario que sugieran los posibles valores para determinados elementos de los metadatos, por ej.: categorías principales, nombres de lugares, palabras clave, etc., de modo que aumente el índice de acierto-éxito en las búsquedas. Esta operación devuelve los valores registrados para un determinado elemento de los metadatos como se ilustra en la fig. 27.2. En este ejemplo, al seleccionar el elemento «Palabras clave», se realiza la consulta del catálogo y se despliega una nueva ventana con los valores registrados para dicho elemento.



FIGURA 27.2. Caso de uso de *GetDomain* para listar los valores posibles para las «Palabras clave». (Fuente: GeoNetwork en el portal de la FAO-UN)

Dado que el número de posibles elementos que constituyen un registro de metadatos es variable y potencialmente alto (ISO19115:2003 define aproximadamente 400 elementos) [250], el servicio limita el número de elementos consultables con la operación *GetRecords*. Para informar sobre dichos elementos ofrece la operación *DescribeRecord*, que enumera y describe los perfiles de metadatos usados (CSW ISO AP, ebRIM-CIM AP, ebRIM-EO AP, etc.) así como la lista de elementos consultables (Voges y Senkler, 2004).

Continuando con la descripción de las posibilidades que ofrece el servicio, aparece la operación que permite gestionar los contenidos (registros de metadatos) almacenados en el catálogo. Se trata de la operación *Transaction* que permite insertar, borrar o actualizar un determinado registro identificado por su clave (Id). Es lógico pensar que esta operación no pueda ser utilizada por todos los usuarios, sino que ciertos roles de usuario pueden gestionar y mantener los metadatos, mientras que los usuarios comunes sólo puedan consultarlos.

Para finalizar con las capacidades del servicio de catálogo, también relacionada con su gestión y capacidad de crecer y facilitar la recolección automática de metadatos, el OGC ha definido una última operación *Harvest*. Con esta operación se pretende que un usuario, con el rol de gestor, pueda programar una consulta periódica a otro catálogo o a un conjunto de servicios web (visualización de mapas, descarga de datos, procesamiento, etc.), para recolectar los metadatos que contienen (si son catálogos) o las habilidades de los servicios

(*Capabilities*), de un modo automático y transparente. De este modo, un catálogo puede custodiar e informar sobre los metadatos propios (bajo la responsabilidad de su organización) y mantener una copia de los metadatos que guardan otras organizaciones, generando una estructura de malla o arborescente (ya sea por la escala de los datos o dependiendo de la temática).

Un posible escenario es el que se ilustra en la fig. 27.3. Aquí, el catálogo de la IDE de España realiza *Harvesting* de los metadatos de servicios que gestiona y en los catálogos de las Comunidades Autónomas (Andalucía y Navarra en el ejemplo). A su vez, estos catálogos recolectan automáticamente los metadatos de sus servicios y en el caso del catálogo de Navarra, se recolectan ciertos metadatos de Andalucía.

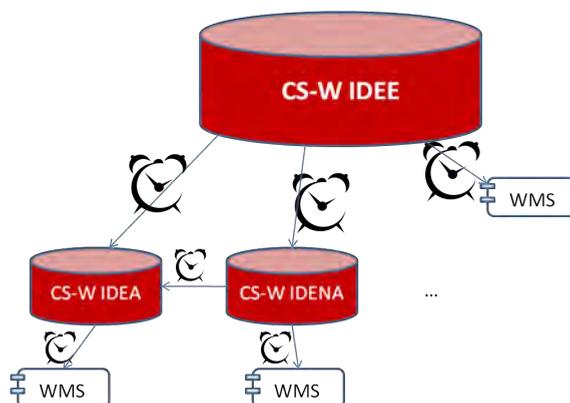


FIGURA 27.3. Hipotético escenario de recolección automática de metadatos. (Fuente: Elaboración propia)

27.3 El servicio de visualización de mapas e imágenes

La visualización de mapas e imágenes –IG en general-, es la operación más básica y compleja que realizan los sistemas de CAD y SIG de escritorio. Para visualizar la IG y las imágenes, se han de conocer y soportar los formatos (GDAL, OGR) [251] en los que se puede encontrar almacenada dicha información. Se debe ser capaz de gestionar los distintos sistemas de referencia espacial (EPSG) [252] a los que pueden estar referidos los datos. Se ha de definir igualmente el modo en que se representa la información (simbología y estilos). Además de los aspectos propios de un entorno local, el servicio de visualización de mapas e imágenes en web (WMS) ha de disponer de un conjunto de operaciones en su interfaz que permitan explotarlo de una forma eficiente, abierta y estandarizada.

El OGC ha definido varias versiones de la especificación de este servicio desde el año 2000, en el que aparece la primera versión. Se trata del servicio web más antiguo de los definidos por el consorcio y el número de programas que implementan este servicio (en ambos mundos: comercial y libre), es abundante. Este hecho también supone un importante freno

para proponer cambios de fondo en la especificación que lo orienten hacia las tecnologías propias de los servicios web (SOAP,WSDL,REST), o que utilicen mecanismos más eficientes desde el punto de vista de Internet (*caches-proxy*) ya que las implementaciones actuales están construidas con tecnologías *Common Gateway Interface* (CGI) o aplicaciones web.

El servicio de visualización de mapas implementa de modo obligatorio las operaciones *GetCapabilities* y *GetMap* (de la Beaujardiere, 2005). La primera operación es común a todos los servicios definidos por el OGC, proporcionando los metadatos del servicio e informando de las operaciones permitidas (aparte de las obligatorias y estandarizadas). La respuesta de la operación *GetCapabilities* en el servicio WMS además informa, de modo resumido, de las capas de información (*Layers*) que ofrece el servidor, de los límites geográficos de las mismas y sobre los sistemas de coordenadas, tanto el nativo como los soportados.

La operación *GetMap* permite que el usuario seleccione las siguientes características al visualizar los datos: (a) extensión geográfica (BBOX); (b) el tamaño de la imagen que se genere (*Width* y *Height*); (c) el formato gráfico de la imagen que se genere (*Format*); (d) el sistema de referencia para las coordenadas (SRS, CRS); (e) las capas que se desea dibujar (*Layers*); (f) los estilos con los que se desea representar las distintas capas (*Styles*, *SLD*, *SLD_Body*); (g) la opacidad de la imagen generada (*Transparent*) o el color de fondo (*Bgcolor*), además de (h) la versión del servicio para definir los parámetros (*Version*) o (i) la forma de comunicar las excepciones (*Exceptions*) y, en algunos casos, (j) el rango temporal al que pertenecen los datos (*Time*) o (k) la dimensión de elevación (*Elevation*). Algunas implementaciones, conformes con el estándar de servicio WMS, soportan que los usuarios proporcionen la simbología y estilos de visualización. Esta capacidad puede limitarse a algunas de las capas y para indicarlo, existe un atributo asociado a cada una de las capas, en el documento *Capabilities*. La fig. 27.4 muestra los parámetros de una consulta *GetMap* y su resultado.

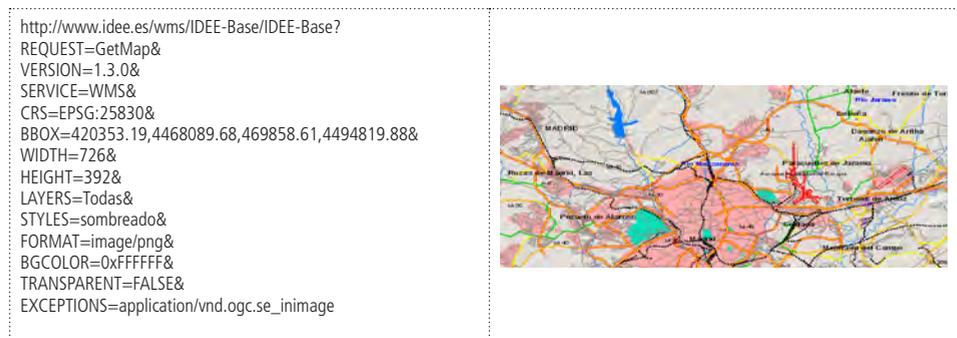


FIGURA 27.4. Ejemplo de consulta *GetMap* y resultado. (Fuente: Elaboración propia)

El resultado de la operación *GetMap* es un archivo gráfico en uno de los siguientes formatos (gif, jpeg, png, wbmp). No contiene información ni de la localización (coordenadas) ni del sistema de referencia espacial. Por tanto, su uso (superposición, colocación, etc.) queda delegado a la aplicación cliente que lo explota. Desde este punto de vista, el servicio

WMS **no** permite descargar datos, aunque sí permite visualizarlos. Mediante un procedimiento sistemático de peticiones *GetMap*, cuyos límites geográficos fueran las esquinas de una rejilla, se podría construir la visualización completa de todos los datos tras realizar un mosaico con las imágenes obtenidas. Si bien, desde un punto de vista práctico sólo se dispondría de un fondo cartográfico sobre el que superponer otra información, en ningún caso se podría realizar análisis espaciales con este producto.

El servicio WMS ofrece, de modo opcional, la operación *GetFeatureInfo*, que permite recuperar información alfanumérica asociada a elementos de una capa concreta –siempre y cuando aparezca marcada como consultable en el documento de *Capabilities*–. El modo de uso de esta operación se inspira en la funcionalidad *Identificar* de las herramientas SIG, las que, al seleccionar una posición de la imagen, suministra la información existente para los objetos subyacentes pertenecientes a la capa seleccionada. La fig. 27.5 muestra los parámetros de una consulta *GetFeatureInfo* y el resultado de la misma.

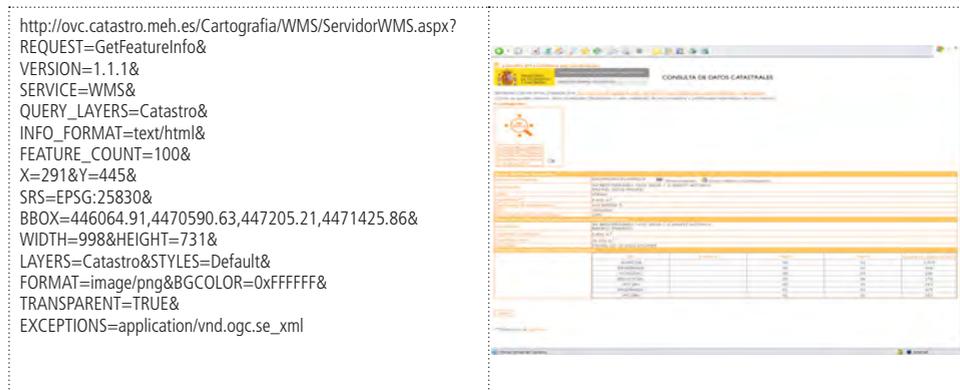


FIGURA 27.5. Ejemplo de consulta *GetFeatureInfo* a un servicio WMS y su resultado. (Fuente: Elaboración propia)

La flexibilidad que ofrece este servicio (*GetMap*) lo hace muy versátil pero tiene un coste de cómputo importante, lo que le hace ineficiente. Todas las peticiones tienen que procesarse independientemente y la salida es, en general, diferente para cada petición.

Durante los últimos años han aparecido nuevos servicios de visualización de mapas no estandarizados por el OGC como los ofrecidos por *Google Maps* o por otras compañías como Microsoft (*Bing*) o *Yahoo Maps*, que responden de un modo rápido a las operaciones usuales de visualización –cambio de escala y desplazamientos sobre la cartografía–. Tanta rapidez es posible porque estos servicios no generan la visualización de la información geográfica en tiempo real, sino que generan su representación de forma previa y la almacenan en grandes servidores que responden a peticiones del tipo «dame la imagen de la fila X y columna Y a una escala concreta» (por ej.: <http://domain.tld/service?L=0&X=1&Y=2>).

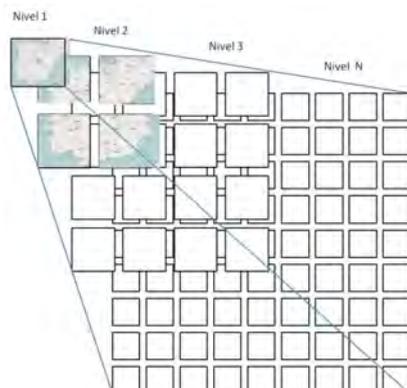


FIGURA 27.6. Ejemplo de tesela para distintos niveles de escala. (Fuente: elaboración propia)

En la fig. 27.6 se muestra la estructura piramidal de las teselas (rejilla) de este tipo de servicios. También están limitados el estilo de visualización, el tipo de sistema de coordenadas y las escalas. En definitiva, se sacrifica la versatilidad del servicio de visualización WMS en beneficio de las prestaciones o la eficiencia.

Con esta estrategia, que se basa en los patrones de uso habituales, se consigue que las peticiones al servicio de mapas específico sigan un patrón exacto. La petición es la misma para un celda de una rejilla a una escala, independientemente desde donde se solicite. Esto permite que los servidores intermedios (*proxy*) de los proveedores de acceso a Internet (ISP) puedan guardar una copia de los resultados y servirla a los clientes más rápidamente.

De igual modo, se aprovecha la memoria temporal (*cache*) de los navegadores ya que funcionan de un modo similar. La fig. 27.7 muestra la secuencia usual de funcionamiento de las aplicaciones en Internet y los mecanismos de copias temporales.



FIGURA 27.7. Mecanismo de copias temporales de Internet. (Fuente: Elaboración propia)

Ante este tipo de requisitos y necesidades guiadas por la rapidez y la eficiencia, ha aparecido en el OGC una nueva especificación del servicio de visualización denominado *Web Map Tile Service* (WMTS 2010). Este servicio ofrece la operación *GetTile* que desempeña la función de la operación *GetMap* de un modo simplificado (devolver una imagen de tamaño fijo, de una rejilla concreta y de una fila y columna en un formato de archivo). Así, por ejemplo:

```
http://www.maps.bob/maps.cgi?service=WMTS&request=GetTile&version=1.0.0&layer=etopo2&style=default&format=image/png&TileMatrixSet=WholeWorld_CRS_84&TileMatrix=10m&TileRow=1&TileCol=3,
```

devolvería una imagen en formato png correspondiente a la fila 1, columna 3, de la rejilla 10m, en un sistema de coordenadas WGS84, para la capa etopo2 con el estilo de visualización asignado por defecto a la capa. El servicio, consulta internamente una tabla en la que guarda el directorio de almacenamiento de los archivos para esa rejilla, capa, formato y sistema de coordenadas, e identifica el archivo a retornar al cliente. En ningún caso el servicio tiene que dibujar los datos en tiempo real.

27.4 Integración de los clientes de catálogo y visualización

Los organismos de estandarización y normalización tienen por objeto definir documentos que describan, desde un punto de vista técnico, cómo deben ser (por ejemplo, los formatos), o comportarse (los servicios), con el propósito final de que los componentes—en este caso programas—, puedan reemplazarse de un modo transparente dentro de un sistema más complejo, produciendo a medio y largo plazo, beneficios para las organizaciones (Reed, 2004). Aunque los servicios están atomizados—independientes unos de otros—, su uso requiere que se utilicen conjuntamente. En este sentido, los servicios de catálogo y de visualización —localizar y visualizar mapas e imágenes—, están estrechamente relacionados por los casos de uso más habituales. La fig. 27.8 muestra cómo pueden relacionarse entre sí los clientes, cómo se relacionan con los servicios de forma independiente y cómo el servicio de catálogo puede interactuar con el de mapas para realizar la recolección de metadatos.

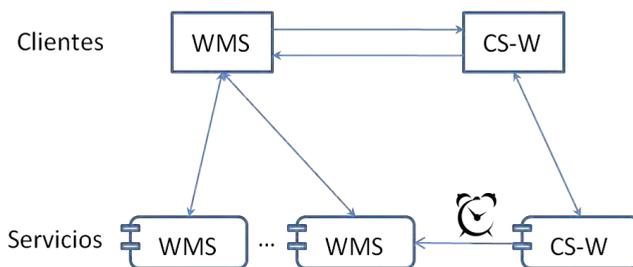


FIGURA 27.8. Interacciones entre clientes (WMS y CSW); entre clientes y servicios, y entre servicios. (Fuente: Elaboración propia)

Así, los clientes de catálogo de metadatos que permiten localizar los servicios de mapas están conectados o relacionados con los clientes de visualización, permitiendo evaluar los resultados de la búsqueda de un modo visual. Del mismo modo, un usuario cualquiera puede confeccionar un «mapa» agregando capas, localizadas mediante el cliente de catálogo, en el cliente de visualización. El producto final es el resultado de la superposición de IG generada por los servicios de visualización añadidos.

Uno de los clientes web de visualización de mapas más versátil es *OpenLayers* [253]. Este cliente, desarrollado en su totalidad en lenguaje *JavaScript*, permite interactuar con los mapas. Además de disponer de numerosos controles, permite visualizar conjuntamente IG procedente de distintas fuentes: WMS, WMS-Tiled, WMS-C, *Google Maps*, *Microsoft Bing*, *Yahoo Maps*, etc.

Actualmente existen varias aplicaciones que utilizan estas librerías para ofrecer a los usuarios herramientas potentes: *GeoExplorer* (OpenGeo [254]) mostrado en la fig. 27.9, *GeoExt*, *MD Web* [255] etc. Este último, además de ser un cliente de catálogo, es un cliente de visualización de mapas y ambos están interrelacionados como se muestra en la fig. 27.10.

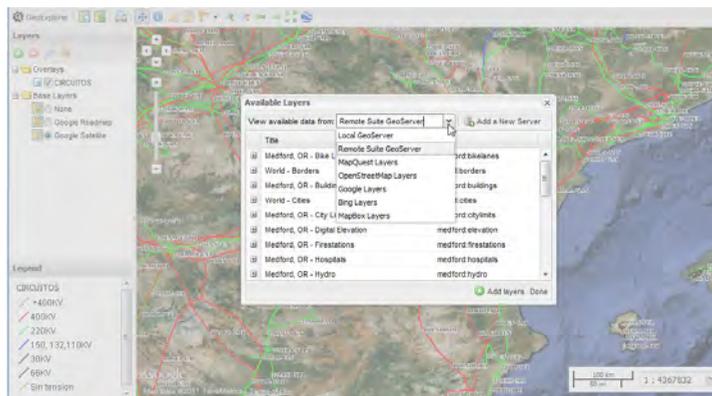


FIGURA 27.9. Cliente GeoExplorer utilizando OpenLayers para visualizar conjuntamente distintas fuentes de información (WMS, WMTS, Google, etc.). (Fuente: Elaboración propia)

27.5 Conclusiones

En este capítulo se ha revisado las funciones de los servicios de mapas (WMS) y de catálogo (CSW) que permiten localizar y visualizar los datos y las imágenes. Se ha descrito los fines para los que se pueden emplear cada una de las operaciones que ofrecen dichos servicios, con la intención de dar a conocer el alcance y la finalidad de las mismas. Se ha puesto de manifiesto la necesidad de integrar la localización (mediante un cliente de catálogo) con la visualización (cliente de mapas) ya que, ambas etapas forman parte de una secuencia habitual de uso (busco, evalúo y utilizo).

Desde el punto de vista práctico, o puesta en producción (con grandes volúmenes de usuarios), se ha descrito el funcionamiento de los servicios de mapas cacheados y teselados, resaltando las implicaciones que conllevan la elección de uno u otro (versatilidad frente a grandes prestaciones). Desde el punto de vista de los autores, considerando las IDE un proceso en evolución, aún hay varios aspectos por desarrollar y mejorar. Por ejemplo: el uso de las ontologías para facilitar la localización; posibilitar que los usuarios se conviertan en productores y que los datos que compartan sean localizables y utilizables; mejorar la integración de catálogos y servicios; y mejorar las prestaciones de los servicios, entre otros.

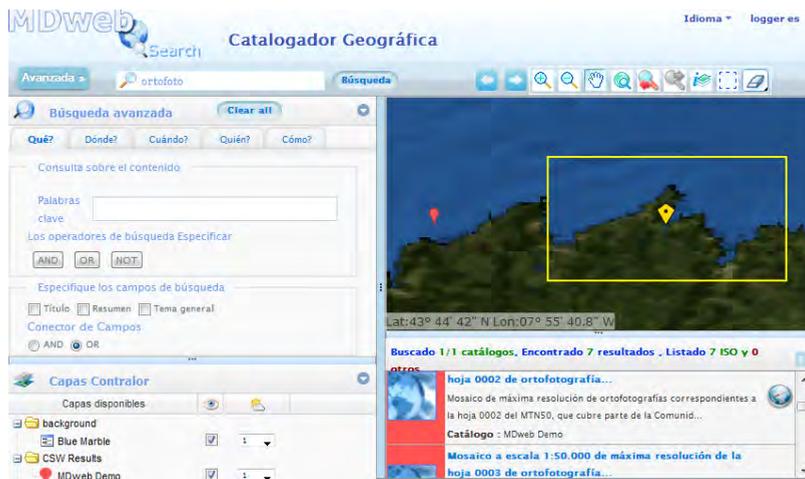


FIGURA 27.10. Integración del cliente de catálogo (localización) con el cliente del servicio de mapas (visualización). (Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO 28

WFS Y WCS: SERVICIOS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA WEB

Willington Siabato¹, Lucio Colaiacomo², Mauricio Rincón-Romero³

¹LatinGEO, Grupo de Investigación Mercator, Universidad Politécnica de Madrid, España

²European Union Satellite Centre, Base Aérea de Torrejón Ardoz, España

³Grupo de Investigación GISMODEL, Universidad del Valle, Cali, Colombia

¹w.siabato@upm.es, ²l.colaiacomo@eusc.europa.eu, ³maurorin@univalle.edu.co

Resumen. Los principales modelos para la representación espacial de la IG son el discreto y el continuo, y con ellos es posible representar cualquier tipo de fenómeno geográfico. El modelo discreto se caracteriza por su representación basada en primitivas geométricas (punto, línea, polígono) mientras que en el continuo se encuentran métodos de almacenamiento como las imágenes de satélite, las mallas de datos (TIN), las matrices de datos (Grid), entre otros. Basado en esto, el OGC ha definido dos estándares para compartir datos geográficos en la Web: el servicio web de *features* geográficas (WFS) que permite la gestión de información discreta o vectorial, y el servicio web de coberturas (WCS), que provee los métodos necesarios para compartir datos continuos o tipo coberturas. En este capítulo se presentan los conceptos básicos de los servicios de datos WFS y WCS, describiendo sus operaciones básicas y funcionamiento. Se presentan ejemplos de cómo utilizar las crecientes colecciones de datos geográficos disponibles en la Web y que publican, soportan y mantienen instituciones reconocidas, haciéndolas fiables.

Palabras Clave: WFS, WCS, Datos discretos, Datos continuos, Vector, Raster, TIN, OGC, Servicios de datos, coberturas.

28.1 Introducción

En los capítulos anteriores se ha descrito la importancia y necesidad de compartir los datos geográficos y cómo las IDE son un medio apropiado para cubrir dicha necesidad. Se ha descrito la naturaleza de los datos geográficos, los métodos y modelos de representación, la *conditio sine qua non* para definir normas, estándares y especificaciones que permitan interoperar a distintos niveles: técnico, sintáctico, semántico, dinámico, pragmático y conceptual, entre otros (Manso-Callejo et al., 2009). Se han presentado las instituciones encargadas de la estandarización de los servicios y procesos, y en especial, el rol fundamental que desempeña el OGC.

Se han presentado también algunos de los servicios disponibles en las IDE, los estándares y las tecnologías sobre las que subyacen, así como su estructura y funcionamiento. Se ha explicado la forma de describir los datos publicados, presentando el estándar ISO 19115 [256], la especificación CSW (Nebert *et al.*, 2007), y otras características sobre metadatos. Además, se ha mostrado cómo a través de la especificación WMS (de la Beaujardiere, 2006) es posible publicar IG consultable en un entorno web, presentando al usuario información estática a través de los mapas web.

Se describió cómo estos mapas no son IG real sino una representación gráfica (imagen) que permite consultar sus atributos y datos asociados. En este capítulo se da un paso adelante, describiendo el modo de obtener los datos geográficos reales (brutos) para operar con ellos de acuerdo a un conjunto específico de necesidades. Se presentan las especificaciones y estándares que deben implementarse para proveer a las IDE con la capacidad de entregar al usuario (cliente) los datos originales.

Como se ha explicado en los capítulos 4 y 6, existen dos modelos básicos para la representación de la IG: vector y raster. En el primer caso el espacio se modela desde el punto de vista discreto, y en el segundo de modo continuo. La existencia de ambos modelos de datos ha condicionado la forma de compartir la IG en las IDE. Por este motivo, el OGC ha definido dos servicios de datos específicos: *Web Feature Service* (WFS) ([257]; Vretanos, 2010) y *Web Coverage Service* (WCS) (Bauman, 2010a). El WFS (servicio web de entidades geográficas o servicio web de geometrías), define los procedimientos necesarios para publicar y compartir datos vectoriales (modelo discreto), mientras el WCS (servicio web de coberturas) permite en esencia la publicación de datos e imágenes raster (modelo continuo). El objetivo de este capítulo es presentar las características básicas de estas especificaciones, núcleo de la IG en la Web.

28.2 Las fuentes de información geográfica

Una de las ventajas que ofrecen las IDE es el acceso inmediato a un conjunto de datos actualizados y fiables. Estas características dependerán de la institución que los soporte, como también de lo robusto de la plataforma y la arquitectura en la que se gestione la información suministrada. Es lógico pensar que un servicio al que miles de usuarios tengan acceso (pe-

ticiones) en una hora, no requiere del mismo soporte tecnológico que aquel al que tienen acceso unos pocos usuarios al mes.

Actualmente, en la *World Wide Web*, es posible encontrar un conjunto de servicios que facilitan el acceso a un amplio abanico de datos geográficos de todo tipo de temáticas. Algunos ejemplos son los que publica el Instituto Geográfico Nacional de España [258], el Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia [259] y *Skylab* [260]. En estos servicios es posible obtener datos de tipo vector (WFS) y raster (WCS) sobre meteorología, riesgo sísmico, geología, calentamiento global, planificación del territorio, y muchos otros. Contar con IG fiable, soportada y actualizada por organizaciones competentes y responsables, es la mayor ventaja que ofrecen las IDE, pues facilita el trabajo de las instituciones y los usuarios expertos, además de proporcionar al ciudadano común el acceso a la información.

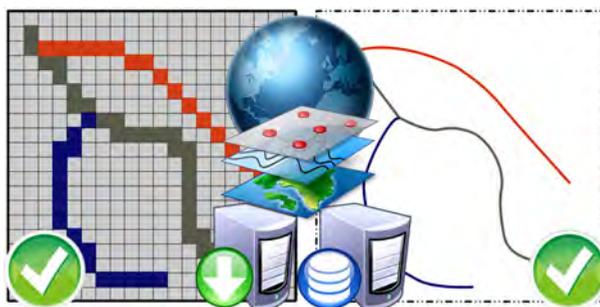


FIGURA 28.1. Se representa la disponibilidad de los servicios OGC para compartir la IG a nivel global. El WCS permite compartir datos continuos de tipo coberturas (raster), y el WFS provee las interfaces para el transporte y procesamiento de datos discretos (vector) a través de Internet. (Fuente: Elaboración propia)

28.3 El servicio web de entidades geográficas (WFS)

Como se mencionó en la introducción, el WFS tiene por objeto ofrecer las interfaces necesarias para publicar, acceder, consultar y descargar la IG en formato vectorial. Este servicio está definido en la especificación OGC 09-025r1 (Vretanos, 2010) y en la Norma ISO/DIS 19142:2010 [257]. La especificación tiene por título *OpenGIS Web Feature Service 2.0 Interface Standard* y define todo lo relacionado con el servicio, incluyendo su configuración y explotación.

La fig. 28.2 muestra la evolución del estándar, enumerándose las diferentes versiones que ha publicado el OGC en los últimos diez años. Como se puede apreciar, se trata de una especificación muy viva y dinámica. Las cuatro versiones publicadas son compatibles entre sí y los servidores de datos dan soporte a las diferentes versiones, garantizando la interoperabilidad horizontal del servicio y de los datos en los sistemas y servidores instalados a nivel global. Una versión tras otra, sus posibilidades se han incrementado y ha cambiado también la forma de interactuar con los datos.

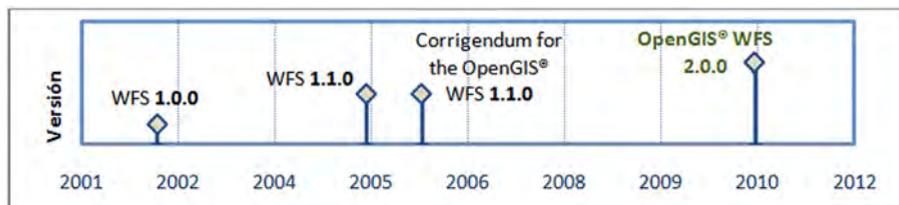


FIGURA 28.2. Evolución del estándar WFS. (Fuente: Elaboración propia basada en [261])

28.3.1 Descripción básica del WFS

Si se tuviera que definir el servicio web de entidades geográficas en una palabra, esta sería: ‘geometrías’; una más formal: ‘acceso a IG discreta’, y si fuera en una frase esta podría ser: proporcionar al usuario datos geográficos discretos (geometrías y atributos) para que pueda utilizarlos y manipularlos según sus necesidades.

El WFS representa un cambio en la forma en que se crea, modifica e intercambia la IG en Internet. En lugar de compartir la IG a nivel de archivo a través de protocolos como el *File Transfer Protocol* (FTP), este servicio ofrece acceso directo a sus características geométricas y atributos. El WFS permite a los clientes recuperar o modificar exclusivamente los datos que se requieran, en lugar de recuperar un archivo que contiene toda la información [257].

El OGC define el WFS como un servicio que suministra los medios necesarios para acceder a la IG, y poder operar sobre ella independiente del medio y el método de almacenamiento. Estos medios se especifican a través de un conjunto de operaciones que permiten la identificación, consulta, bloqueo y ejecución de transacciones, así como la definición de expresiones de consulta parametrizadas.

En conclusión, WFS es un servicio que permite identificar, descargar, consultar, filtrar, bloquear y modificar (crear, actualizar y eliminar), datos geográficos en formato vectorial codificados en GML. Dependiendo de la versión del estándar (fig. 28.2), la codificación se realizará en una u otra versión del lenguaje. La diferencia principal entre las versiones de GML es el conjunto de geometrías y las propiedades que permite definir. Por ejemplo, la versión 2.1.2 da soporte a geometrías básicas (punto, línea y polígono), mientras la versión 3.1.1 amplía sus capacidades a geometrías complejas (curvas y superficies)¹. La versión actual (julio de 2011) del estándar WFS (2.0), utiliza para la codificación de las entidades la versión más reciente de GML (3.2.1) (Potele, 2007). Además opera con versiones previas de GML y otro tipo de formatos definidos mediante objetos MIME, favoreciendo la interoperabilidad con servicios existentes.

Para acceder y manipular las entidades geográficas, el estándar WFS define un conjunto de interfaces² que operan a través de los protocolos de Internet. El más usado es el *HyperText*

(1) La versión soportada (2.x, 3.1.1 o 3.2.1) debe especificarse en los metadatos del servicio e incluir el NameSpace XML correspondiente definiendo el tipo utilizado (ej. application/gml+xml; version=3.2). Para mayor información sobre GML, métodos de codificación y su uso en los estándares de OGC, ver cap. 21.

Transfer Protocol (HTTP), por lo que la comunicación entre el cliente y el servidor se lleva a cabo con los métodos GET y POST. Para mayor información se recomienda revisar los estándares (Berners-Lee *et al.*, 1998; Berners-Lee *et al.*, 2005) así como la especificación HTML del W3C [262]. Gracias al conjunto de interfaces, el cliente es capaz de combinar, utilizar y gestionar la IG que se ofrece en cada servicio. Para que el conjunto funcione de forma armónica, es necesario que las interfaces estén definidas en XML y el uso de GML para servir (entregar) la IG. Es importante mencionar que las características de GML hacen que el servicio se ralentice, por lo que algunos servicios ofrecen codificaciones alternativas como KML (Wilson, 2008) o la compresión de ficheros (*Shape-Zip*).

28.3.2 Perfiles del servicio

El estándar WFS 2.0 (Vretanos, 2010) da soporte a cuatro perfiles diferentes, con lo cual es posible ofrecer cuatro configuraciones del servicio con mayor o menor funcionalidad. La combinación de las operaciones que conforman el estándar (tabla 28.1) son las que acotan el alcance del servicio configurado. Los perfiles que define la especificación son: WFS simple, WFS básico, WFS transaccional y WFS de bloqueo. Los servicios simple y básico permiten el acceso a los datos, mientras que el transaccional y de bloqueo implementan operaciones para la edición en el servidor.

TABLA 28.1. Descripción de las operaciones permitidas en el servicio web de entidades geográficas. (Fuente: basado en Vretanos, 2010)

FUNCIÓN	DEFINICIÓN	OPERACIONES
Identificación (<i>Discovery</i>)	El sistema es consultado para recuperar el documento (XML) que describe el servicio y los objetos geográficos que ofrece.	<i>GetCapabilities</i> , <i>DescribeFeatureType</i>
Consulta	Habilita las geometrías y sus atributos para ser consultadas y recuperadas desde el repositorio de datos. Las consultas son definidas por el cliente.	<i>GetPropertyValue</i> , <i>GetFeature</i> , <i>GetFeatureWithLock</i>
Bloqueo	Permite el acceso controlado a determinados objetos para realizar tareas de modificación o eliminación de las entidades geográficas.	<i>GetFeatureWithLock</i> , <i>LockFeature</i>
Transacción	Permite crear, modificar, reemplazar y borrar los datos almacenados en el servidor.	<i>Transaction</i>
Consultas almacenadas	Habilita al cliente para crear, eliminar, listar y describir expresiones de consulta parametrizadas que son almacenadas en el servidor y pueden ser llamadas repetidamente.	<i>CreateStoredQuery</i> , <i>DropStoredQuery</i> , <i>ListStoredQueries</i> , <i>DescribeStoredQueries</i>

(2) La interfaz es el conjunto de operaciones que caracteriza el comportamiento de una aplicación.

WFS simple

El servidor implementa las siguientes operaciones:

- *GetCapabilities*: devuelve un documento con los metadatos que describen el servicio. Este documento se compone de una completa descripción del servicio y de dos elementos principales: (a) *FeatureTypeList*, en el que se lista las capas o entidades geográficas que se ofrecen, aportando un conjunto de metadatos mínimos con los que es posible conocer previamente sus características, y (b) *FilterCapabilities*, en el que se describe las expresiones que se pueden usar para formular consultas espaciales y alfanuméricas.
- *DescribeFeatureType*: devuelve un esquema XML en el que se describen los tipos de datos ofrecidos por el WFS, indicando cómo codificar las instancias de los objetos en las operaciones de consulta o en las transacciones.
- *ListStoredQueries*: devuelve una lista de las consultas almacenadas en el servidor.
- *DescribeStoredQueries*: devuelve los metadatos de las consultas almacenadas que el servidor ofrece.
- *GetFeature*: devuelve una colección de objetos geográficos previamente almacenados en el servidor en función de la consulta. En este sentido, el WFS simple sólo permite la acción *StoredQuery* (como *GetFeatureById*).

WFS básico

Perfil de sólo lectura, que además de las operaciones del WFS simple, debe implementar:

- *GetFeature*: en este perfil se soporta la acción *Query*.
- *GetPropertyValue*: permite recuperar el valor de una propiedad de un objeto geográfico (o parte de éste, en el caso de una propiedad compleja) de los datos almacenados mediante una consulta.

WFS transaccional

Implementa funciones de edición como las operaciones del WFS básico y además la siguiente:

- *Transaction*: se usa para describir las operaciones de edición (creación, modificación, reemplazo y eliminación) que pueden aplicarse a las instancias de los objetos geográficos ofrecidos por el servidor. Como resultado, el servicio genera un documento XML en el que informa del éxito o fracaso de la operación.

WFS de bloqueo

Además de implementar las operaciones del WFS transaccional, se requiere:

- *GetFeatureWithLock*: similar a *GetFeature*, esta operación devuelve un conjunto de objetos geográficos como respuesta a una consulta y los bloquea, probablemente para actualizarlos en una operación de transacción posterior.
- *LockFeature*: permite a un cliente bloquear una instancia de objeto geográfico durante

el tiempo que la está modificando, para que otro cliente no pueda acceder a ella. Por tanto, si el acceso a la base de datos se realiza de forma concurrente, uno después de otro, se evita editar así una entidad geográfica de forma simultánea.

En la fig. 28.3, se representa la escalabilidad de los perfiles presentados y sus operaciones. Para tener un conocimiento más avanzado de lo expuesto en esta sección, es necesario remitirse al documento que describe la especificación (Vretanos, 2010). Además, se debe tener en cuenta que la implementación del mismo estándar en un servidor u otro (*MapServer* [263], *GeoServer* [264]) puede ser distinta, y es posible que ofrezcan nuevos métodos y elementos que faciliten o potencien la configuración, por lo que es preciso conocer en profundidad el funcionamiento de cada servidor.

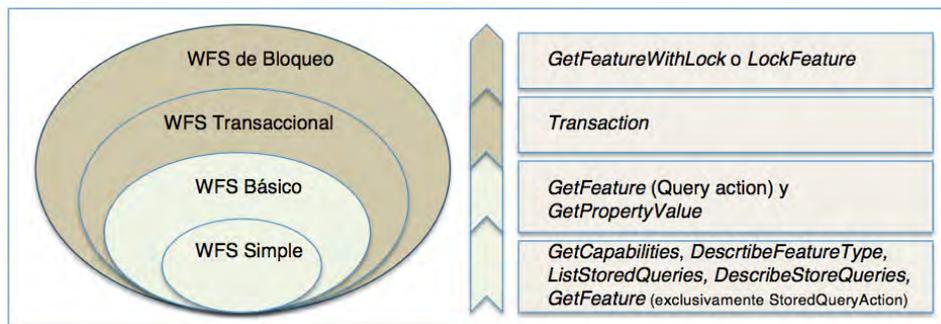


FIGURA 28.3. Los perfiles definidos en el estándar WFS 2.0.0 (Vretanos, 2010) son escalables, es decir, la funcionalidad del de mayor jerarquía contiene la del anterior. (Fuente: Elaboración propia)

28.3.3 Operación del servicio y ejemplo

Para usar un servicio WFS y tener acceso a los datos, lo único que se precisa conocer es su URL. En el momento de realizar la conexión se pueden solicitar unas credenciales (usuario y contraseña), dependiendo de los niveles de seguridad que los proveedores hayan definido. Según su perfil de usuario, algunos clientes podrán editar y modificar los datos porque cuentan con los privilegios de un perfil transaccional, mientras que otros sólo estarán capacitados para descargarlos, si su rol es de perfil básico. La forma en que el cliente conoce los datos que están disponibles en el servicio y las operaciones que puede utilizar, es mediante el documento de descripción de capacidades o *capabilities*. Además de describir el servicio, este documento enumera la colección de datos a los que se puede acceder. La forma más sencilla de obtenerlo es digitar en el navegador web (cliente) la URL del servicio y hacer una llamada a la operación *GetCapabilities*: el servidor responderá a la petición y generará un documento XML con la descripción del servicio. La sintaxis que tendrá esta URL será similar a:

```
http://servidor.com/wfs?service=wfs&request=getcapabilities
http://host[:port]/path[?{name[=value]&}]
```

La estructura que sigue cualquier tipo de petición realizada al servidor debe indicar el protocolo de comunicación (*http*), el servidor o proveedor del servicio (*host*), la ruta de acceso al servicio en dicho servidor (*path*), y una colección de parejas (parámetro y valor), con las que se le indica al servidor lo que se desea obtener.

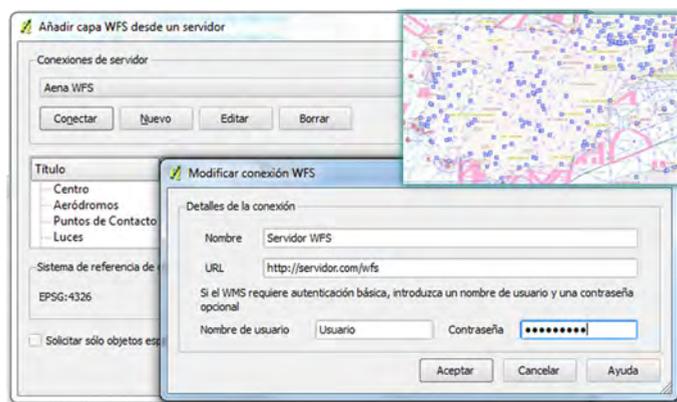


FIGURA 28.4. Ejemplo de conexión a un servidor WFS con el *software* Quantum GIS. La versión 1.6 da soporte para autenticación de usuarios WMS pero no WFS. Además ofrece WFS transaccional. (Fuente: elaboración propia)

Los clientes ligeros (web) o pesados (aplicaciones de escritorio), pueden hacer llamadas a las operaciones y mostrar de un modo amigable los metadatos, la lista de capas, los formatos y sistemas de referencia que ofrece el servicio, de modo que el usuario o la propia aplicación pueda seleccionar el que mejor le convenga en función de las circunstancias (negociación). Para finalizar esta introducción al servicio WFS, en la fig. 28.4 se ilustra un ejemplo de conexión con el cliente *Quantum GIS* [265]. Basta con indicar la URL del servicio y las credenciales (si existieran), y conectarse para que el propio cliente consulte el documento *capabilities* en el servidor y despliegue las capas de IG disponibles. Una vez establecida la conexión, es posible descargar los datos codificados en GML y exportarlos al formato que se requiera.

28.4 El servicio web de coberturas (WCS)

Varios de los conceptos descritos en la sección anterior están relacionados con este servicio, ya que se trata de otro estándar OGC para la publicación de datos y su núcleo también se basa en la especificación común para servicios web (Whiteside, 2007; Whiteside y Greenwood, 2010). Elementos como el documento *capabilities*, los procedimientos de consulta y filtrado, la conexión al servidor a través del protocolo http y los métodos GET y POST, funcionan siguiendo los mismos criterios. Por tanto, esta sección se centrará en los detalles específicos y la funcionalidad del WCS, un servicio basado en la especificación OGC 09-110r3 (Baumann, 2010a), creado para publicar, compartir, identificar, acceder y descargar información siguiendo el modelo de cobertura.

A diferencia del WFS, que gestiona entidades geoespaciales discretas, el WCS gestiona entidades continuas o coberturas. En el sentido estricto, el término cobertura (*coverage*) se refiere a toda IG que representa los fenómenos geográficos en un contexto espacio-temporal continuo. En la norma ISO 19123 [266], se establece el esquema conceptual para las características espaciales de las coberturas. Aquí se definen formalmente las coberturas como elementos que soportan la representación de fenómenos geográficos en el dominio espacial, temporal o espacio-temporal, y que contienen una serie de atributos comunes a todas las posiciones geográficas dentro de dicho dominio que describen el fenómeno representado. El dominio consiste en una colección de posiciones específicas y ordenadas en un espacio coordinado que puede definirse en un máximo de tres dimensiones espaciales (x,y,z) y una dimensión temporal (t).

De este modo, con WCS es posible publicar y acceder a conjuntos de datos en formatos raster, de malla, y a colecciones o series temporales. Ejemplos de coberturas incluyen las imágenes raster, redes irregulares trianguladas (TIN) y coberturas de puntos y polígonos, entre otros. Las áreas de aplicación en las que prevalece este modelo son la teleobservación a través de sensores remotos, la meteorología, modelos batimétricos o modelos de elevación del suelo (MDT) y de superficie (MDS); son áreas en las que es necesario conocer en detalle la superficie modelada.

28.4.1 Descripción básica del WCS

El WCS se define en cuatro especificaciones complementarias: el núcleo, en el que se determinan los requisitos principales de la especificación (Bauman, 2010a) y la definición de los métodos de codificación, el KVP (Baumann, 2010b), el XML/POST (Baumann, 2010c) y el XML/SOAP (Baumann, 2010d). Este conjunto de documentos conforman la especificación completa y por tanto deben tenerse en cuenta como unidad para la creación de un servicio conforme. La versión más reciente (2.0) presenta importantes mejoras respecto a la 1.1.2 anterior (Whiteside y Evans, 2008). Sin embargo, y como se indica en la propia especificación, no se trata de una versión pensada para reemplazar a su predecesora.

Aunque las versiones anteriores del WCS (Whiteside y Evans, 2007; Whiteside y Evans, 2008) tienen el potencial para modelar el espacio en diferentes formas (ver fig. 28.5), únicamente permitían el modelado con mallas regulares (*Grid Coverages*), mientras que la nueva versión amplía su capacidad a los subtipos *GridCoverage*, *MultiPointCoverage*, *MultiCurveCoverage*, *MultiSurfaceCoverage*, *MultiSolidCoverage*, con los que se pueden tratar imágenes, modelos TIN y los tipos arriba mencionados. Esta ampliación está basada en parte, gracias a una de las mejoras más importantes en la compatibilidad con la versión más reciente de GML ([267]; (Portele, 2007)) y el uso de la clase *gml-coverage*.

Para completar la metáfora de definiciones cortas utilizada con WFS, el WCS se podría definir como ‘datos de superficie continua’, o también, como un conjunto de servicios para gestionar datos que modelan y representan los fenómenos geográficos como un continuo. Para ello, se vale de métodos de almacenamiento como los TIN, los GRID o las imágenes de satélite, formatos en los que es fácil ver las zonas geográficas completas.

Otra forma sencilla de comprender el potencial del WCS es compararlo con WMS. Mientras el WMS entrega la representación gráfica de los datos o un mapa estático, el WCS entrega los datos en formato nativo. Así, si se trata de una imagen de satélite, es posible manipular las diferentes bandas disponibles y procesarlas como se requiera: por ejemplo, descargar las bandas 1, 2 y 3 de una imagen LANDSAT, y utilizarlas para clasificar las distintas superficies boscosas como coníferas y latifoliadas, evaluar el vigor de la vegetación o realizar clasificaciones generales de la cubierta vegetal. En conclusión y al igual que con el WFS, se podrán explotar los datos como se precise ya que se cuenta con los datos originales.

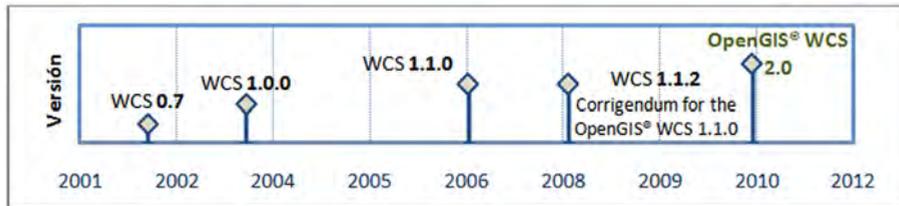


FIGURA 28.5. Evolución del estándar WCS. (Fuente: elaboración propia basada en [268])

Las operaciones permitidas por el servicio se enumeran en la tabla 28.2. Se puede observar que, al igual que en WMS, se cuenta con tres operaciones básicas: *GetCapabilities*, *DescribeCoverage*, *GetCoverage*. Los parámetros de estas operaciones se describen en detalle en la especificación.

TABLA 28.2. Descripción de las operaciones básicas en el Servicio web de Coberturas. Al igual que en el WMS, se cuenta con tres operaciones (Fuente: basado en Baumann, 2010a)

OPERACIÓN	DEFINICIÓN	ESTÁNDAR
Identificación (<i>Discovery</i>)	Permite a un cliente WCS recuperar los metadatos del servicio (documento XML) y la descripción de las coberturas ofrecidos por el servidor.	<i>GetCapabilities</i>
Descripción	Permite conocer el listado de las coberturas y su descripción, está compuesto por un identificador asociado a cada cobertura y su descripción.	<i>DescribeCoverage</i>
Descarga	Habilita las interfaces necesarias para que los datos puedan ser consultados y recuperados desde el repositorio de datos. Las consultas son definidas por el usuario.	<i>GetCoverage</i>

28.4.2 Operación del servicio y ejemplo

La operación del servicio y el acceso a los datos resulta similar a la presentada en WFS. La comunicación entre el servidor y el cliente se establece a través del protocolo *http*; las solicitudes y respuestas se operan con los métodos GET y POST, y la formulación de dichas

solicitudes a través de URL. A continuación se define la URL para solicitar un conjunto de datos del MDT25 de España, disponible en la IDEE.

```
http://www.idee.es/wcs/IDEE-WCS-UTM30N/wcsServlet
?service=wcs&request=getcoverage&version=1.0.0&crs=epsg:23030
&bbox=470000,4130300,470200,4130500&coverage=mdt25_peninsula_
zip&resx=25&resy=25&format=asciigrid&exceptions=xml
```

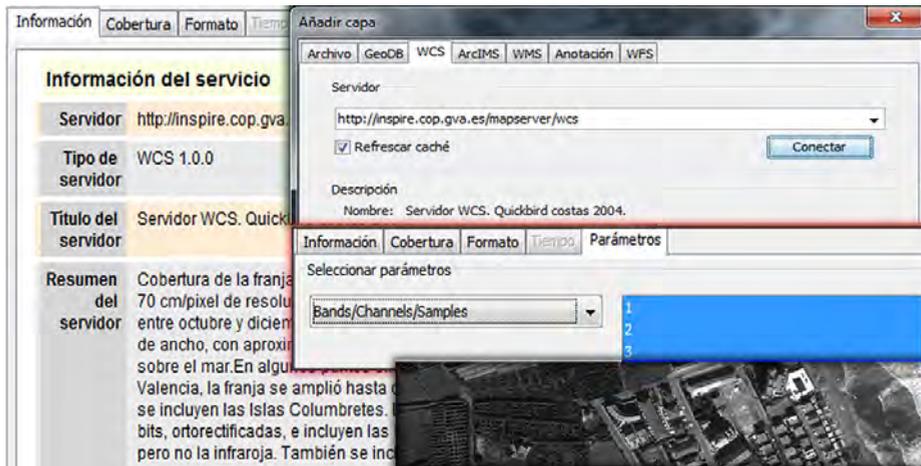


FIGURA 28.6. Ejemplo de conexión a servicio WCS con el cliente gvSIG. (Fuente: Elaboración propia)

Por último, se presenta un ejemplo de conexión con el cliente gvSIG, que ofrece soporte tanto a WCS como a WFS. Al igual que con QGIS (fig. 28.4), basta con indicar la URL del servidor, establecer la conexión y definir los parámetros de consulta. En la fig. 28.6, se muestra una sección de una imagen de la Comunidad Valenciana.

En conclusión, el WCS es un servicio OGC creado para compartir y publicar datos tipo cobertura, es decir, aquellos que modelan la realidad como un continuo. La forma de operar el servicio es similar al de WFS puesto que los dos se basan en la especificación común de servicios del OGC. Se debe pensar en un WCS cuando se requiera gestionar datos como imágenes de satélite, redes viales, modelos de elevación y de superficie en formatos GRID o TIN, o el resultado del procesamiento de un modelo que se ejecute en un servidor (WPS). Algunos servidores apropiados para ofrecer servicios WCS son *GeoServer*, *ArcGIS Server*, *MapServer* o *Degree*.

28.5 Algunas fuentes de información

La tabla 28.3 muestra una serie de servicios que pueden resultar de utilidad para tener acceso y descargar datos de diferentes partes del mundo. Además de las URL indicadas, es importante tener en cuenta otras fuentes más conocidas como *Google Maps*, *Bing Maps*, *Yahoo Maps*, *Ovi Maps*, *Nearmap* y *OpenStreetMap*. Ellos son servicios que ofrecen fondos

cartográficos estables, actualizados y operados en plataformas robustas. La mayoría de estos servicios cuentan con acceso gratuito, y ofrecen herramientas para facilitar la conexión y acceso a sus servidores. En el caso de *OpenStreetMap*, al tratarse de cartografía libre, es posible descargar los repositorios de información original para almacenarla en servidores propios, y crear a partir de ella servicios WCS y WFS que ofrezcan algún valor añadido.

TABLA 28.3. Algunos servicios de datos WFS, WCS y WMS (Fuente: Elaboración propia)

NOMBRE	URL	WFS	WCS	WMS
Directorio de Servicios IDEE	http://www.idee.es/CatalogoServicios/CatServ/directorio_servicios.html	X	X	X
OGC Services	http://www.ogc-services.net/	X	X	X
Instituto Geográfico Portugués	http://mapas.igeo.pt/	X		X
Geoservicios de la ICDE	http://www.icde.org.co/web/guest/mapas_geoservicios			X
ArcGIS Online	http://www.arcgis.com/home/	X		X
FMEpedia	http://www.fmepedia.com/index.php/WFS_%28web_Feature_Service%29_Servers	X		
Buscador Geometa	http://geometa.info	-	-	-

28.6 Conclusión

Los servicios de datos son un tipo de servicio geoespacial que suministran datos a usuarios, componentes de sistemas y otros servicios, especialmente a los servicios de aplicación. Tanto el WFS como el WCS se clasifican en la taxonomía de servicios definida por el OGC en la norma ISO 19119 [269] como servicios de datos.

En esencia, el WFS permite consultar, filtrar, descargar, bloquear y modificar datos geográficos en formato vectorial codificados en GML. El WCS, permite la consulta y descarga de datos en los diferentes tipos de formatos que involucran el concepto de cobertura, definido como la representación de un fenómeno o conjunto de fenómenos geográficos en un dominio espaciotemporal específico, y descrito de forma continua por una serie de atributos; ejemplos de datos que pueden facilitarse a través de WCS son las redes de transporte, modelos digitales de elevación, mallas TIN o imágenes de satélite como LANDSAT o *QuickBird*.

Ambos servicios, WFS y WCS, están basados en la especificación común para servicios web del OGC y, por tanto, comparten múltiples características. La forma de operar con

estos servicios es a través del protocolo *http*, estableciendo la comunicación cliente-servidor con los métodos GET y POST, e intercambiando datos y documentos a través de ficheros codificados en XML o KVP.

El desempeño de los servicios estará determinado por sus propias características: la robustez del servidor, la fiabilidad de la conexión, el ancho de banda de descarga disponible, el servidor geográfico seleccionado para configurar el servicio, los parámetros básicos, el volumen de datos, el número de usuarios que se conecten de forma simultánea, la concurrencia y escalabilidad del servicio configurado, los repositorios de datos así como el modelo que los gobierna, los índices creados y, en general, todas las características que están relacionadas con la conexión cliente-servidor y el dato.

Estos estándares son un componente fundamental de las IDE ya que, a través de ellos, las instituciones y usuarios pueden compartir e intercambiar datos geográficos discretos y continuos de forma fiable, y con la garantía de que siempre se estará utilizando información actualizada y mantenida por un proveedor conocido.

CAPÍTULO 29

OTROS GEOSERVICIOS: PROCESOS Y SENSORES EN LA WEB

Víctor Olaya Ferrero¹, Miguel Montesinos²

¹Universidad de Extremadura. Campus Universitario de Plasencia. Cáceres, España

²Prodevelop – Asociación gvSIG, Valencia, España

¹volaya@unex.es, ²mmontesinos@prodevelop.es

Resumen. En capítulos anteriores se han descrito los servidores básicos de las IDE: los catálogos que ofrecen metadatos de los datos y servicios, y los geoservicios de visualización y acceso a la información vectorial y raster. Las especificaciones de OGC crecen con nuevos geoservicios que proporcionan los requisitos necesarios para interoperar con cualquier tipo de IG de manera ubicua a través de la Web. Además de los ya descritos en capítulos anteriores, existen otros servicios capaces de manejar IG, como por ejemplo, el servicio de transformación de coordenadas (CT), que permite visualizar mapas provenientes de diversas fuentes mediante la transformación de las coordenadas a un sistema de referencia espacial común. También puede considerarse el Servicio de Localización (OpenLS), que especifica la interfaz que deben implementar las aplicaciones para proporcionar información espacial relacionada con la localización tal como la información sobre el tráfico, la búsqueda de sitios de interés, el planeamiento de rutas, la navegación personal, etc. Otro caso de interés es el servicio de aplicación de estilos a las capas de los mapas (SLD), que permite visualizar la IG proveniente de los servidores de mapas con el estilo elegido por el usuario; y otros más que pueden verse en la web de OGC. En este capítulo se verán dos servicios concretos. El primero es el servicio web de procesamiento de información (WPS), en el que el proceso no se desarrolla en la máquina del cliente sino en el servidor, que posteriormente enviará los resultados al cliente. A pesar de las limitaciones actuales del estándar, debido a lo generalista del mismo y a la pobre implementación de la computación distribuida, es todavía un área de desarrollo sin alcance práctico en el uso diario de los SIG, pese a las posibilidades que ofrece. Sin embargo, se espera que, como ha ocurrido con el uso de los datos remotos gracias a la existencia del estándar WMS, los procesos remotos de análisis espacial se conviertan en elementos básicos de un SIG en el futuro. El segundo servicio es la habilitación de redes de sensores (SWE), una iniciativa de OGC que ofrece un conjunto de especificaciones para ayudar a utilizar información proveniente de sensores (estaciones meteorológicas, medidores de contaminación, de tráfico, detectores de incendios, de presencia, mareógrafos, localizadores de posición, lectores de RFID, etc.), a través de la Web, utilizando protocolos y formatos de datos estándares. La previsión futura es de un elevado crecimiento en el número y variedad de sensores. Tradicionalmente, la explotación de la información medida por sensores se realiza mediante aplicaciones específicas, habitualmente proporcionadas por los fabricantes, que se encargan de la transmisión de datos y su lectura en formatos propios de cada fabricante. La reutilización e intercambio de información de medidas de sensores obliga a adaptaciones de formato, así como a la utilización de diversos mecanismos de transmisión de la información. SWE define nodos inteligentes, como partes integrantes de una IDE, que comparten información con la Web

de manera estándar. SWE no especifica cómo se capta la información de un sensor físico, pero sí ayuda a localizar sensores, a descubrir información acerca de un sensor (capacidades, localización, calidades, etc.), a obtener medidas de sensores, programar o controlar cierto tipo de sensores, y a definir alertas y recibir notificaciones. La utilización de estándares en la localización y acceso a datos de sensores, permite integrar de manera universal cualquier servicio de sensores con las aplicaciones o clientes utilizadores de esta información, los cuales pueden integrarla con cualquier otro tipo de información local o remota obtenida de cualquier otro servicio proporcionado por las IDE.

Palabras Clave: WPS, Web Processing Service, SIG Web, SWE, Sensor Web Enablement, Sensores, Medidas, Observaciones.

29.1 Servicios de proceso remotos

Junto con los servicios que proveen datos de uno u otro tipo, un servidor puede ofrecer también procesos de análisis. En este caso, el proceso no se desarrolla en la máquina cliente, sino en el servidor, que posteriormente enviará los resultados de la operación. El cliente debe suministrar los datos de partida para que el servidor pueda procesarlos y obtener dichos resultados.

Un ejemplo sencillo de este tipo de servicios se encuentra en el cálculo de rutas óptimas, el cual está presente en multitud de callejeros y mapas web (por ejemplo [270]), así como en el popular *Google Maps* [271]. En estos sitios web, el usuario simplemente ha de seleccionar, bien sea mediante búsqueda en un catálogo de nombres geográficos o bien mediante el empleo directo del ratón sobre un mapa base, dos localizaciones. Empleando esas localizaciones y una cartografía de redes viarias de las que dispone el propio sitio web, se calcula la ruta óptima entre ellas. Esta ruta óptima se presenta a través de una línea trazada sobre el mapa (es decir, una capa vectorial de líneas en términos SIG, ya que ése es el resultado del proceso que tiene lugar en el servidor), y frecuentemente también un resultado textual que recoge las distintas indicaciones que permiten desplazarse desde el punto de origen al de destino.

Analizando este proceso, se ve que ni el algoritmo de cálculo de rutas óptimas ni la cartografía de la red viaria se encuentran en la máquina cliente. El único dato que éste proporciona son las coordenadas de los puntos de destino y origen. Un proceso remoto puede, no obstante, ser más genérico que el anterior, permitiendo mayor flexibilidad a la hora de definir el servicio. Pueden encontrarse situaciones como las siguientes:

- **El cliente selecciona los datos de entrada entre los datos disponibles en el servidor.** En el caso del cálculo de rutas, es necesaria únicamente una capa con la red viaria y no tiene mucho sentido aplicarla sobre otra distinta. Otros procesos, y en otros contextos, presentan sin embargo situaciones bien distintas. Por ejemplo, un proceso de clasificación y un servidor que contiene gran cantidad de imágenes de satélite distintas. En función del tipo de elemento que se quiera clasificar o del objetivo que se busque con

esta operación, se deberán elegir unas u otras, y en uno u otro número. Servir el proceso con un conjunto de imágenes fijas como base del análisis no tiene sentido en este caso, ya que resta gran parte de su interés al proceso en sí mismo.

- **El cliente envía los datos de entrada.** En el ejemplo del cálculo de rutas, el cliente selecciona dos coordenadas, que constituyen la mitad de los datos de entrada necesarios para el algoritmo (la red viaria representa la otra mitad). Un servicio de proceso remoto puede permitir al cliente aportar la totalidad de los datos necesarios para el cálculo, de tal modo que el servidor, como tal, sólo aporte el algoritmo que ha de analizarlos. Para ello, el cliente debe codificar de un modo adecuado dichos datos y enviarlos junto con la petición de proceso. En el caso del cálculo de rutas, el cliente debería de enviar también una capa con las vías de comunicación, mientras que en el ejemplo del proceso de clasificación se deberían enviar igualmente todas las imágenes a emplear.
- **El cliente aporta los datos, indicando cómo obtenerlos a partir de otro servicio.** Los datos aportados por el cliente no tienen que provenir necesariamente de su propia máquina y enviarse junto con la petición, sino que pueden estar localizados en una máquina distinta que los mande a través de algún tipo de servicio estandarizado (por ejemplo, WFS o WCS). La petición, en este caso, debe incluir la información suficiente para que el servidor del proceso remoto que se quiera ejecutar pueda llamar al servidor donde se alojan los datos necesarios para obtenerlos y procesarlos.

Con las posibilidades anteriores, se dispone de numerosas formas de emplear procesos remotos, accediendo a ellos desde cualquier cliente, ya sea ligero o pesado. Los ejemplos de cálculo de rutas que se han citado no permiten este tipo de interacción, ya que son servicios puntuales pensados para su uso desde el sitio web para el que han sido diseñados. De la misma forma que sucede con los servicios de datos geográficos, si se desea que un servicio de proceso remoto sea accesible desde cualquier cliente, debe servirse mediante algún estándar abierto que lo permita y que facilite el desarrollo de los clientes correspondientes. El estándar OGC para servicios de proceso remotos es el estándar WPS (*Web Processing Service*).

29.2 El estándar WPS

El estándar WPS provee una forma estandarizada para definir un proceso remoto, así como la forma de acceder a éste y ejecutarlo. WPS define tres operaciones básicas, obligatorias para todo servidor que implemente este estándar:

- *GetCapabilities*. Como en otros estándares que ya se han visto, esta operación hace que el servidor ofrezca los metadatos referentes al servicio. En este caso, los metadatos incluyen la definición de todos los procesos que es capaz de ejecutar el servidor.
- *DescribeProcess*. El servidor devuelve la definición detallada del proceso solicitado, que debe ser uno de los procesos que es capaz de proporcionar el servidor, especificando número y tipo de entradas y salidas, y formatos válidos para éstas.

- *Execute*. Esta operación pide la ejecución de un proceso con unas entradas dadas, y la obtención de los resultados de dicho proceso.

A través de estas tres operaciones pueden cubrirse todo lo necesario para ofrecer un conjunto de servicios remotos de proceso de forma estandarizada, poniéndolos a disposición de los clientes que implementen este mismo estándar. La versión 1.0 del estándar WPS se publicó en febrero de 2008 [272].

29.2.1 Aplicaciones y beneficios del estándar WPS

La utilidad práctica de los servicios de procesos remotos es amplia y se pueden obtener muchos beneficios. El más inmediato se encuentra en el SIG Web, que puede extender verdaderamente sus capacidades a través de estos procesos, pasando de la mera representación de datos espaciales al trabajo real con ellos. De este modo, las posibilidades de un SIG Web se acercan a las clásicas de un SIG de escritorio, ya que sin procesos de análisis el SIG carece de una gran parte de las funcionalidades que le caracterizan como herramienta.

Fuera del entorno del SIG Web y de un cliente ligero, también se encuentra ventajas en el uso de procesos remotos en lugar de procesos locales, incluso cuando la aplicación en concreto disponga también de estos últimos. Dos son los principales aspectos de interés en este sentido.

- **El desarrollo de procesos complejos con grandes requisitos de cómputo.** En la mayoría de casos, y con las características actuales de las redes, carece de sentido ejecutar un proceso remoto cuando se dispone de ese mismo proceso de forma local. La necesidad de enviar datos y recibir los resultados hace que el rendimiento que se obtiene sea, en la gran mayoría de casos, inferior al de un proceso local en el que no han de enviarse datos a través de la Red. No obstante, en el caso de procesos que exigen cálculos complejos y que consumen gran cantidad de tiempo, puede resultar ventajoso ejecutar el proceso de forma remota, ya que el cuello de botella no se encuentra en este caso en la transmisión de datos por la Red, sino en la ejecución del proceso en sí. Si el proceso remoto se ejecuta sobre una máquina de mayor potencia que la que aloja el cliente, el tiempo total que supone el envío de datos, el proceso en la máquina servidora y el envío de los resultados puede ser menor que si se procesaran esos datos de forma local.
- **La ejecución distribuida de procesos.** Buena parte de los procesos que pueden servirse pueden dividirse en tareas más sencillas y repartirse entre varias máquinas. El uso de procesos remotos permite que la máquina cliente o bien una máquina servidora se comunique con otras y pueda asignar a cada una de ellas una subtarea. La unión de los resultados del conjunto de subtareas conforma el resultado de la tarea global, que se procesa con mayor rapidez ya que se dispone de la capacidad de cálculo de varias máquinas en lugar de una sola. Teniendo en cuenta lo detallado en el punto anterior, se añade un mayor interés al uso de procesos remotos a la hora de procesar grandes

volumenes de datos o, especialmente, al trabajar con procesos complejos. En el cap. 39 se tratará el caso de procesamiento en la nube.

Además de lo anterior, es obvio que un SIG de escritorio que incorpore un cliente de servicios de proceso remotos puede extender la colección de procesos que contiene, por lo que estos procesos remotos también son de interés aún sin encontrarse en alguna de las situaciones anteriores.

Junto con la publicación de procesos simples, la interoperabilidad que provee el uso de un estándar como WPS permite la creación y publicación de cadenas de procesos, de forma que se unen procesos simples en un flujo de trabajo. Este tipo de flujos, más acordes con lo que se realiza habitualmente en el trabajo con un SIG, permiten automatizar operaciones compuestas y dan un mayor valor práctico a los servicios de procesos. Se puede encontrar más información sobre este tipo de planteamientos y sobre la composición de procesos WPS en Schaeffer (2008).

29.2.2 Problemas y dificultades del estándar WPS

Los servicios WPS actualmente no son servicios extendidos, y los servicios de proceso que han logrado cierta popularidad no los implementan de forma rigurosa a través de este estándar, sino que optan por formas propias. Pese a la relativa juventud del estándar, cabe esperar una adopción más extendida a medida que se vayan desarrollando los clientes y servidores adecuados, aunque este proceso no está exento de dificultades. Entre ellas, una de las principales es el carácter generalista del propio estándar, que permite la definición de prácticamente cualquier tipo de servicio de proceso, incluso si éste no implica el uso de datos espaciales. Desarrollar servidores de procesos y, especialmente, clientes para esos procesos, se convierte en una tarea muy compleja debido al gran número de casos y circunstancias que han de considerarse.

Aunque el número de servicios de procesos ofrecidos en la actualidad es reducido, aquellos que pueden encontrarse adolecen en muchas ocasiones de un mal uso del estándar WPS, en particular por carecer de una semántica adecuada. Esta situación, que imposibilita la reutilización del servicio por parte de un cliente genérico, está en cierta medida causada también por la generalidad del estándar.

En líneas generales, puede decirse que en la actualidad el uso práctico de servicios WPS es limitado en un entorno SIG productivo, y que a pesar de existir un notable volumen de desarrollo, buena parte es de carácter experimental. La computación distribuida, de la que se ha hablado antes, es, pese a las posibilidades que ofrece, todavía un área de desarrollo sin alcance práctico en el uso diario de los SIG. No obstante, es de prever que los procesos remotos de análisis espacial se conviertan en elementos básicos de un SIG en el futuro, del mismo modo que ha sucedido con el uso de datos remotos, especialmente gracias a la existencia de estándares correspondientes como el popular WMS.

29.3 Introducción a SWE

Hoy en día se está rodeado de sensores de todo tipo (estaciones meteorológicas, medidores de contaminación medioambiental, lumínica o acústica, de tráfico, detectores de incendios, de presencia, de paso, mareógrafos, localizadores de posición, lectores de RFID, cámaras y dispositivos de teledetección en satélites, etc.). Se está produciendo una explosión en el número y tipo de estos sensores, facilitado por una revolución inalámbrica que permite que se produzca información digital sobre cualquier objeto disponible en cualquier lugar, sin apenas coste (Cukier, 2007).

La existencia del elevado número de sensores, y del despliegue de nuevos sistemas y redes de sensores, genera la necesidad de acceder a las medidas obtenidas por estos equipos. Tradicionalmente, muchos de los proveedores de sistemas de sensores desarrollaban sus propios sistemas de explotación de la información, que incluía protocolos de transmisión, formatos propietarios (ficheros binarios, ASCII, bases de datos, etc.) y aplicaciones específicas.

Sensor Web Enablement (SWE) o habilitación del *Sensor Web*, es una iniciativa de OGC que ofrece un conjunto de especificaciones para ayudar a utilizar información proveniente de sensores, a través de la Web. El concepto del *Sensor Web* se resume en la fig. 29.1.

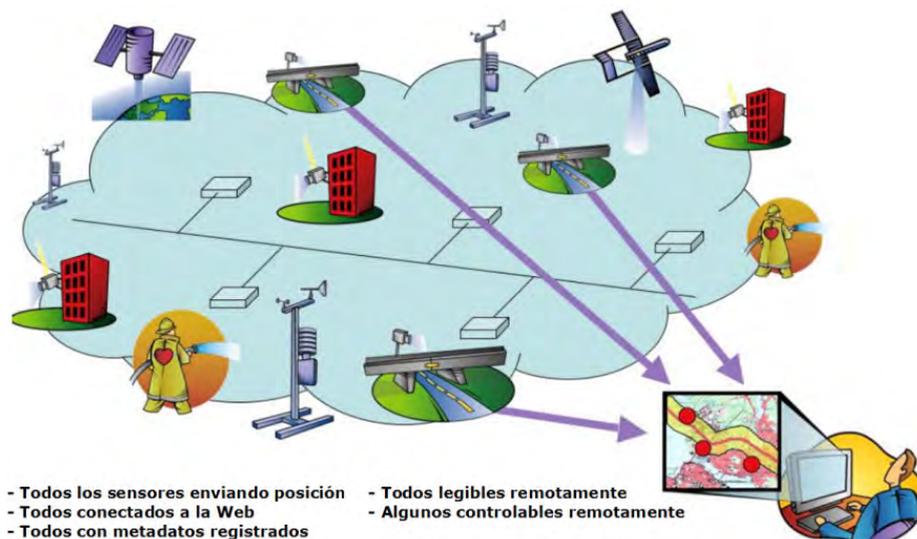


FIGURA 29.1. Concepto de la Web de sensores. (Fuente: Botts *et al.*, 2007)

SWE define (a) una serie de servicios accesibles mediante protocolos a la información relativa a sensores y (b) un conjunto de esquemas y formatos para el intercambio de la información estandarizada de sensores a través de esos protocolos.

29.4 Utilidad de SWE

SWE ofrece una funcionalidad que permite disponer de las siguientes capacidades en un *Sensor Web* (Botts *et al.*, 2007):

- Localizar sensores y datos de sensores de interés.
- Obtener información acerca de un sensor (capacidades, calidades, procedimientos internos, localización,...)
- Obtener observaciones o medidas de sensores.
- Programar sensores, cuando sea posible, para obtener observaciones de interés.
- Suscribirse a alertas y recibir notificaciones de sensores bajo ciertos criterios.

La utilidad final de SWE es proporcionar interoperabilidad para conectar sensores heterogéneos con herramientas de toma de decisiones, pero también entre sensores y modelos de simulación, así como entre modelos de simulación y herramientas de tomas de decisiones.

29.5 Especificaciones OGC

Para cumplir sus objetivos, SWE define fundamentalmente tres modelos de información y esquemas, y cuatro protocolos de servicios web.

29.5.1 Modelos de información y esquemas

Los modelos de información y esquemas existentes en OGC son los siguientes:

- O&M (*Observations & Measurements*) [273]. Utilizado para representar e intercambiar resultados de observaciones o medidas tomadas por sensores.
- Sensor ML (*Sensor Model Language*) [274]. Descripción de sensores (localización, fenómenos o propiedades que mide, procesos internos de medida, rangos temporales,...).
- TML (*Transducer Model Language*) [275]. Permite el acceso a streaming de observaciones en tiempo real, como por ejemplo webcams.

29.5.2 Protocolos de servicios web

Los protocolos de servicios web definidos por OGC son los siguientes:

- SOS (*Sensor Observation Service*) [276]. Estandariza el acceso a sensores disponibles, a observaciones y gestión de nuevos sensores. SOS es el servicio más difundido en instalaciones SWE y el más soportado por las herramientas disponibles. Existen varios perfiles del estándar; además del perfil básico obligatorio que ofrece acceso a sensores y observaciones, destaca el perfil transaccional, que permite el registro de nuevos sensores de manera automática, y la inserción de observaciones en el servidor desde los nuevos sensores.
- SAS (*Sensor Alert Service*) [277]. Soporta la publicación y suscripción a alertas de observaciones.

- SPS (*Sensor Planning Service*) [278]. Permite solicitar disponibilidad de observaciones y capturas de datos de sensores a petición del usuario (programación de sensores complejos).
- WNS (*Web Notification Service*) [279]. Soporta la gestión de mensajes asíncronos cliente-servicio o alertas necesaria en SAS y SPS.

El uso más habitual de SWE es el de buscar sensores disponibles y obtener observaciones realizadas por uno o varios de los sensores. En la fig. 29.2 se muestra un diagrama de secuencia con un flujo de uso habitual, en el que el cliente interroga a un servidor de catálogo para buscar un servicio SOS. Una vez localizado, se le piden las capacidades (*GetCapabilities*), en cuya respuesta se incluye una lista de todos los sensores disponibles. De entre todos ellos, el cliente solicita la descripción de uno de ellos, y posteriormente realizar una petición (*GetObservation*) para recibir datos de observaciones de ese sensor.

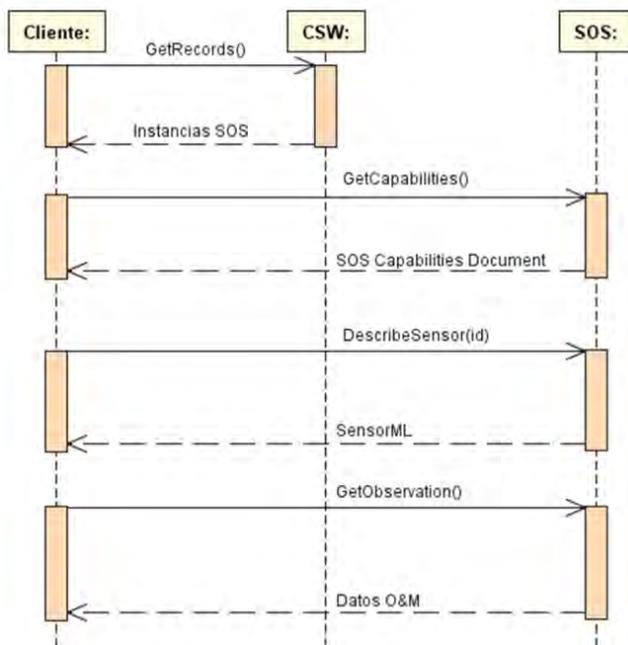


FIGURA 29.2. Diagrama de secuencia de un diálogo típico de uso de SOS. (Fuente: elaboración propia)

29.6 Conclusiones

La reutilización y compartición de información de medidas de sensores entre diversas áreas de una organización o entre organizaciones obligaba tradicionalmente a adaptaciones realizadas ex profeso para cada formato, impidiendo la interoperabilidad y limitando la explotación de información de sensores.

SWE permite estandarizar el acceso a cualquier tipo de sensor y sus medidas por medio de servicios de sensores, configurándose con un elemento clave en el descubrimiento e interacción con sensores accesibles por Web, para conformar y utilizar redes de sensores en la Web.

SWE es un conjunto de tecnologías que se encuentra en plena evolución, con propuestas de nuevos estándares y procedimientos de trabajo, que con toda probabilidad modificarán el panorama actual. Para obtener más información, se recomienda consultar la página web del grupo de trabajo *Sensor Web Enablement* [280], así como el apartado de Mercados y Tecnologías SWE de la página del OGC [281].

CAPÍTULO 30

AMPLIACIÓN AL SERVICIO WEB DE GEOPROCESAMIENTO

Jayson Fernández-Rivas¹, Laura Díaz², Oscar Abarca³

¹ LatinGEO, Grupo de Investigación Mercator. UPM. España.

² Instituto de Nuevas Tecnologías de la Imagen, U. Jaume I, Castellón, España.

³ Facultad de Agronomía. Universidad Central. Venezuela.

¹ jayson_fr@hotmail.com, ² laura.diaz@uji.es, ³ abarcaosig@gmail.com

Resumen. Este capítulo pretende presentar al lector algunas de las interfaces estándar e implementaciones actuales de procesamiento de datos geospaciales a través de la Web, que se utilizan comúnmente en arquitecturas distribuidas como las IDE. Inicialmente, los principales objetivos de las IDE se centraron en la interoperabilidad de acceso a los almacenes de datos distribuidos en forma de servicios web, la catalogación y sistema de búsqueda de recursos y datos a través de catálogos y la visualización de datos en forma de mapas a través de servicios estándar como el estándar WMS del OGC. Sin embargo, era notoria la carencia de un estándar común para el procesamiento distribuido de datos espaciales. Previamente a la aparición de los estándares OGC, algunas aproximaciones similares de geoprocésamiento basado en la Web se implementaron por distintas entidades, destacando los productos desarrollados por ESRI, pero a diferencia de los estándares y especificaciones OGC, estas implementaciones de geoprocésamiento distribuido no podían adoptarse de forma general, puesto que se habían diseñado con un protocolo cerrado y propietario. Si bien, algunos borradores y estándares promovidos por la OGC incluían funcionalidades de geoprocésamiento a través de la web, como el WCTS y OpenLS, éstos tenían capacidades muy definidas y específicas, y fue sólo desde la aprobación del estándar WPS por la OGC en junio de 2007, cuando se abordó el problema de procesamiento de datos remotos. La especificación WPS se diseñó para el encapsulamiento de todas las operaciones genéricas de los geoprocésos en un entorno web. Esta especificación, mediante una interfaz estandarizada, permite que los clientes puedan publicar y acceder a cualquier componente de un programa de procesamiento geográfico como si fuera un servicio web OGC (OWS), definiendo, de forma similar a otras especificaciones, tres operaciones obligatorias que pueden invocarse por dicho cliente: *GetCapabilities*, *DescribeProcess*, y *Execute*. Debido a su generalidad, el WPS puede aplicarse a un inmenso número de casos. Dado que la interfaz no especifica ningún proceso en particular, cada implementación proporciona mecanismos para identificar los datos espaciales requeridos, ejecutar el proceso y gestionar la salida de forma que el cliente pueda acceder al resultado. Según define el estándar, estos procesos pueden ser cualquier algoritmo o cálculo que opere con datos georreferenciados, pudiendo ser muy simples o muy complejos, y están dirigidos a procesar tanto datos vectoriales como raster, permitiendo realizar operaciones de análisis y tratamiento de información espacial que no estaban previstas en otros estándares, trasladando las funcionalidades propias de un SIG de escritorio a un entorno web y dotando a las IDE de posibilidades de procesamiento.

Palabras Clave: IDE, OGC, WPS, Sistemas de Información Geográfica.

30.1 Introducción

La puesta en marcha de las IDE ha permitido la integración de la IG proveniente de distintas fuentes disponibles en Internet y de información almacenada de forma local (Papazoglou y van der Heuvel, 2007). Los metadatos permiten que los usuarios localicen, evalúen, accedan y usen los datos compartidos en las IDE (Manso-Callejo *et al.*, 2010). Numerosas instituciones han publicado diversas capas de información de carácter geográfico a la que pueden acceder diferentes usuarios desde la web; pero pese a la considerable cantidad de IG publicada, en la mayoría de los casos, la información requerida para la resolución de problemáticas territoriales y toma de decisiones, no puede encontrarse directamente en la web a través de los métodos convencionales. En estos casos, los usuarios son los encargados de encontrar la información más relevante entre las distintas fuentes o servidores, procesar los datos y luego visualizar los resultados. En la mayoría de las IDE, los usuarios se apoyan en el CSW (Nebert *et al.*, 2007) para encontrar la información relevante, en el WMS (de la Beaujardiere, 2006) para visualizar la información requerida, y en el WCS (Whiteside y Evans, 2008) o WFS (Vretanos, 2005) para obtener la información geográfica raster y vector respectivamente (Kiehle *et al.*, 2006).

Sin embargo, las funcionalidades ofrecidas en los geoportales de las IDE se limitan principalmente a la visualización, ofreciendo opciones de consultas sencillas. A medida en que los usuarios se han acercado a la IG, han ido demandando mayor funcionalidad, evidenciando la necesidad de enriquecer los geoportales con funcionalidades de análisis y procesamiento de esta información.

En este contexto, los esfuerzos del OGC para ofrecer procesamiento distribuido desembocaron en una nueva especificación: el WPS (Schut, 2007). Esta especificación se desarrolló para superar estas restricciones y ofrecer las funcionalidades de procesamiento de demandas, a través de interfaces estandarizadas, que facilitasen la publicación de geo-procesos que se ejecuten en un entorno cliente/servidor. De esta forma se han conseguido satisfacer tareas de geoprocetamiento como la intersección de capas, las transformaciones vector-raster, el modelado de procesos para el análisis de datos y la producción de información temática, entre otros.

Este capítulo describe las interfaces estándar y las implementaciones actuales de procesamiento de datos geoespaciales a través de la web, que se utilizan comúnmente en las IDE. El resto del capítulo está estructurado como sigue: en la sección 30.2 se presenta una breve descripción de algunas de las aproximaciones más representativas para el procesamiento distribuido de datos geográficos, previas a la aparición de los estándares OGC, con el objetivo de lograr una mejor comprensión del contexto en el que se concibieron los estándares con funcionalidad de geoprocetamiento distribuido. En la sección 30.3 se realiza una breve descripción de la manera en que están estructurados el conjunto general de interfaces web del OGC, prestando particular atención a los servicios de procesamiento remoto. La sección 30.4 ofrece una breve mirada a la especificación WPS y

sus características relevantes. En la sección 30.5 se presentan algunos servicios de procesamiento distribuido dentro de las IDE más reconocidas. Finalmente en la sección 30.6 se presentan las conclusiones.

30.2 Evolución de los servicios de procesamiento geoespacial distribuido

El primer acercamiento, aunque no esté basado en servicios web, se desarrolló para conectar componentes de procesamiento distribuido en el contexto geográfico. Es el caso de *The Earth Science Modeling Framework* (ESMF) [282], que proporciona un punto de referencia útil para la comprensión de las estrategias de conexión de dichos componentes a través de una infraestructura de *software* de código abierto interoperable. Este proyecto se distinguió por haber impulsado el uso de recursos distribuidos, dentro de una extensa comunidad de investigadores de Ciencias de la Tierra, capaz de abordar eficientemente una amplia variedad de problemas.

Otra importante aproximación, fue el *Kepler scientific workflow system* (KWS) [283], que permitió la coordinación de recursos distribuidos y la creación de interfaces y herramientas adaptables y configurables. En el KWS, se accede a los datos y herramientas de procesamiento a través de una infraestructura compartida, los procesos se activan y monitorean dentro de múltiples nodos y se coordinan de tal forma que facilita a los usuarios crear flujos de trabajo según sus necesidades y objetivos. Esta manera de construir componentes ofreció flexibilidad para conectar cualquier aplicación de procesamiento de datos, proporcionando un entorno modular y personalizable.

Tanto Michael y Ames (2007) como Michaelis y Ames (2009) describen la evolución y el desarrollo de sistemas que han permitido llegar al geoprocésamiento a través de la web. Mencionan particularmente a la empresa ESRI y su producto ArcInfo® 8.3 [284], que incluía una funcionalidad denominada *the Geoprocessing Server* y permitía realizar tareas de geoprocésamiento remoto utilizando servidores a gran escala. Estas funcionalidades se han incluido en el producto ArcGIS Server® 9.2 y posteriores, ofreciendo una herramienta basada en ModelBuilder® [285], reutilizando tareas de geoprocésamiento más sencillas para servir a clientes como ArcExplorer® o ArcGIS Desktop® [286]. No obstante, a diferencia de los estándares y especificaciones OGC, estas implementaciones de geoprocésamiento distribuido no podían adoptarse de forma general, pues se habían diseñados con un protocolo cerrado y propietario, específico para productos ESRI y no compatible con otros productos.

Todas estas aproximaciones de procesamiento distribuido previas a la aparición del estándar WPS, contribuyeron a acelerar de manera significativa la evolución y el conocimiento en esta área, y han sido útiles para lograr una mejor comprensión del contexto en el que se gestó este estándar.

30.3 Servicios de procesamiento geoespacial distribuido OGC

Para compartir, acceder y facilitar la interoperabilidad a distintos niveles (datos y servicios), la comunidad de datos geográficos ha venido desarrollado un conjunto de tecnologías, estándares y protocolos de intercambio, entre los que destacan las especificaciones propuestas por el OGC, por el ISO TC/211 y su familia de estándares ISO 19100. Una amplia descripción de estos servicios puede consultarse en Ariza López y Rodríguez Pascual (2008).

El OGC ha adoptado este conjunto de servicios web llamados *OGC Web Services* (OWS) que pueden ser categorizados en cinco clases: (a) Servicios de aplicaciones, (b) Servicios de registro, (c) Servicios de datos, (d) Servicios de presentación y (e) Servicios de procesamiento (Granell et al., 2009), según se indica en la tabla 30.1.

TABLA 30.1. Ejemplo de servicios web de OGC (Fuente: Granell et al. 2009)

CATEGORÍA DE SERVICIO	NOMBRE DEL SERVICIO
Servicios de Aplicación	<i>Discovery Application Services</i>
	<i>Map Viewer Application Services</i>
	<i>Sensor Web Application services</i>
	<i>Geoportal (one-stop portal)</i>
Servicios de Registro	<i>Catalog service (CSW)</i>
Servicios de Datos	<i>Web Feature Services (WFS)</i>
	<i>Web Coverage Service</i>
Servicios de Presentación	<i>Web Map Service (WMS)</i>
	<i>Coverage Portrayal Service (CPS)</i>
Servicios de Procesamiento	<i>Web Coordinate Transformation Service (WCTS Services)</i>
	<i>Gazetteer Services</i>
	<i>Route Determination Services</i>
	<i>Web Processing Services (WPS)</i>

Dentro de la categoría de Servicios de procesamiento, el OGC había propuesto servicios principalmente dedicados a la ejecución de funciones de procesamiento específicas y bien definidas (Granell *et al.*, 2009), esencialmente la transformación de datos para producir nuevos datos o información adicional. Algunos de estos procesos específicos se han incorporado como Perfiles de aplicación (*Application Profile AP*) de especificaciones OGC. A continuación se presenta una breve descripción de los servicios de procesamiento incluidos:

- Servicio web de transformación de coordenadas (WCTS): Los datos geográficos a menudo se almacenan en distintos sistemas de referencia de coordenadas (CRS). Para poder utilizarlos conjuntamente con otros, los datos deben transformarse a un CRS común. Con ese fin, OGC propuso el WCTS. Esta especificación se encuentra dis-

ponible como un documento de discusión (versión 0.4.0) (Whiteside *et al.*, 2007). Aparentemente no ha habido avances para convertir el borrador del WCTS en una especificación oficial. No obstante, el OGC evalúa la implantación de la operación *transform* del WCTS como un AP de la especificación WPS (Martínez, 2008) [287].

- El servicio de nomenclátor (*Gazetteer*) es un AP de la especificación WFS. Proporciona un servicio web que permite a los clientes obtener localizaciones a partir de un vocabulario georreferenciado de nombres de entidades geográficas conocidas (ríos, montañas, ciudades, etc.) (Fitzke *et al.*, 2006). Sus principales funcionalidades son: (a) devolver la geometría compleja (polígonos y líneas) de las entidades ligadas con el nombre del topónimo buscado, (b) combinar topónimos con otros criterios de búsqueda (búsquedas espaciales, por tipo de entidad, etc.) y c), localizar información literal mediante textos o búsquedas espaciales
- El servicio de determinación de rutas permite procesar información geográfica y responder a una solicitud para determinar la mejor ruta entre dos puntos que satisfaga los requisitos del usuario. Este servicio se enmarca dentro del *GeoMobility Server*, una plataforma del OGC cuyo objetivo es desarrollar especificaciones de interfaces para facilitar la implementación de productos y servicios de localización interoperables en un entorno de Internet. Adicionalmente al cálculo de rutas óptimas el *GeoMobility Server*, incluye utilidades de servicios de localización como el Servicio de directorio, Servicios de presentación y Servicios de posicionamiento (*Gateway*) (Mabrouk *et al.*, 2008).

Estas especificaciones de servicios para la transformación de coordenadas, nomenclátor y localización, han facilitado la integración de la IG y recursos de procesamiento dentro de una infraestructura de servicios web. Sin embargo, tal como se ha mencionado, las capacidades de procesamiento eran muy definidas y específicas. En este sentido, un avance substancial en el terreno de los servicios de procesamiento fue el lanzamiento del WPS, diseñado para el encapsulamiento de todas las operaciones genéricas de los geoprocamos en un entorno web. La especificación WPS permite que cualquier componente de un programa de procesamiento geográfico pueda ser publicado y accedido como si fuera un servicio web OGC (OWS).

30.4 Estándar de servicio web de procesamiento (WPS)

La primera versión del WPS se publicó en 2004 y se ha aprobado como un estándar oficial por la OGC en junio de 2007 con la versión 1.0.0 (Schut, 2007).

El WPS se desarrolló para ofrecer funcionalidades de procesamiento SIG a través de Internet, mediante una interfaz estandarizada, facilitando la publicación de procesos geoespaciales, el acceso y la ejecución de éstos por parte de los clientes. Según define el estándar, los procesos pueden ser cualquier algoritmo, cálculo o modelo que opera con datos georreferenciados. Por ejemplo: cálculos estadísticos, algoritmos de análisis, cálculos geodésicos de cambio de sistema de referencia, modelos estadísticos territoriales de prospectiva, análisis de *buffers*, etc. Estos

procesos pueden ser muy simples o complejos, dirigidos a procesar tanto los datos vectoriales como los raster, que pueden provenir de la red o del propio servidor (Schut, 2007).

El WPS pone a disposición de los clientes la información necesaria para la descripción y uso de los procesos, estableciendo las normas fundamentales para describir cualquier proceso, así como la forma para realizar las peticiones al proceso y la forma en que se espera la respuesta ante dicha petición. En este sentido, el estándar WPS describe una interfaz de petición-respuesta en la que se definen:

- Los mecanismos que permiten identificar los datos espaciales requeridos para solicitar la ejecución de cada proceso.
- La manera de iniciar el procesamiento de los datos, permitiendo a los clientes acceder a los datos de entrada y ejecutar el proceso aún sin contar con conocimientos especializados de la interfaz, además de permitir controlar el estado del proceso en cada momento.
- La forma en que se gestiona la repuesta que resulta de la ejecución de procesos, para que pueda utilizarse por el cliente. Estos datos pueden entregarse a través de la red o permanecer disponibles en el servidor.

Al igual que otros servicios web OGC, el WPS es una interfaz genérica que no especifica ningún proceso en particular, de modo que cada implementación, define los procesos que soporta, así como las entradas y salidas asociadas a dicho proceso.

El WPS puede funcionar de manera integrada con otros servicios OGC, tomando por ejemplo una entidad recuperada de un WFS —como parámetro de entrada—, ofreciendo una interfaz más sencilla al cliente. Facilita la localización y el encadenamiento de múltiples y diferentes procesos, e incluso puede llegar a utilizarse para proporcionar la funcionalidad que actualmente prestan otras especificaciones OGC como WMS, WFS, etc. (Michaelis y Ames, 2009). Este estándar permite que los usuarios accedan y compartan rutinas de geoprocesamiento remoto mediante el uso de servicios distribuidos, fomentando de este modo la reutilización de métodos y disminuyendo el coste de mantenimiento de aplicaciones de forma local, haciendo más eficiente el trabajo de los expertos en el contexto de las IDE (del Bueyo Ruiz Lasanta, 2010).

30.4.1 Interfaz del servicio WPS

El WPS define el mecanismo por medio del cual un cliente puede solicitar una tarea de procesamiento a un servidor remoto. Esto se lleva a cabo, principalmente, usando XML para la comunicación a través de Internet (Michaelis y Ames, 2009).

Todas las operaciones del servicio WPS disponen de dos tipos de peticiones:

- Las realizadas a través de los métodos GET (en código KVP), de modo que la petición es una URL que contiene los parámetros necesarios para poder interpretar una solicitud al servicio.
- Las realizadas a través de los métodos POST del protocolo HTTP, consistente en el envío de un documento XML que incluye todos los parámetros necesarios.

De acuerdo con la especificación OGC WPS existen tres operaciones obligatorias que pueden ser solicitadas por un cliente: *GetCapabilities*, *DescribeProcess*, y *Execute* (Schut, 2007). Estas operaciones guardan mucha similitud con las permitidas por el resto de servicios web del OGC. A continuación se presenta una breve descripción de dichas operaciones:

- *GetCapabilities*: Esta operación permite a un cliente solicitar y recibir los metadatos del servicio (*capabilities*). La respuesta de esta petición es un documento XML que contiene los metadatos del servicio y una breve reseña de los procesos que ofrece (nombres y descripciones generales de cada uno de los procesos contenidos por el servidor WPS).
- *DescribeProcess*: Esta operación permite a un cliente solicitar y recibir información detallada sobre un proceso concreto de los que pueden ser ejecutados en el servidor. La respuesta incluye información de los *inputs* (requisitos mínimos de entrada y formatos permitidos) y demás parámetros necesarios para ejecutar cada proceso-cálculo específico.
- *Execute*: Esta operación permite a un cliente ejecutar el proceso-cálculo especificado en un servidor WPS, usando los valores de entrada que le proporcione el cliente y devolviendo los *outputs* o resultados producidos.

30.4.2 Implementaciones

El WPS se basa en la clásica arquitectura de cliente/servidor, un mecanismo mediante el cual un ordenador cliente envía un trabajo para ser procesado completamente en un ordenador servidor (ver cap. 23).

En cuanto al componente del lado del cliente, éste permite la utilización de los procesos publicados por servidores WPS y debe ser capaz de mostrar los servicios disponibles por un servidor: la información específica y su ejecución. En la implementación de un servicio WPS, pueden utilizarse clientes ligeros o clientes robustos como ArcGIS, gvSIG [288] o Udig [289]. Es útil construirlo sobre un SIG para aprovechar las características de visualización.

En cuanto al componente del lado servidor, algunos de los paquetes de *software* más representativos que se utilizan para desplegar servicios WPS son: *Deegree Framework* [290], *WPSin* [291], *pyWPS* (*Python Web Processing Server*) [292], *52 North WPS* [293]. Estos proyectos, generalmente Open Source, implementan la mayoría de estándares de OGC. Un análisis comparativo de las actuales implementaciones estándar WPS puede consultarse en del Bueyo Ruiz Lasanta (2010).

30.4.3 Consideraciones para la implementación del WPS

La ventaja del procesamiento remoto para compartir rutinas y reutilizar métodos presenta la desventaja de su rendimiento, que se encuentra directamente asociado al transporte de los datos. Esto se debe a que los datos espaciales suelen ser datos complejos y de gran tamaño. En general, la responsabilidad de determinar si es apropiado realizar un geoprocésamiento en forma local o si por el contrario, debería realizarse en remoto, recae en el usuario, quien deberá determinar la conveniencia en términos de eficiencia, recursos necesarios y dificultad

de implementación. En este sentido Michaelis y Ames (2009) enfatizan que, más allá del tamaño de los conjuntos de datos involucrados, algunas operaciones de geoprocésamiento pueden realizarse más eficientemente en local cuando la tarea no es compleja y la mayor parte del trabajo consiste en procesar grandes volúmenes de datos almacenados localmente.

Asimismo, el geoprocésamiento debería realizarse en servidores remotos cuando sea necesario realizar procesos que requieran mayor potencia de procesamiento y consumo de tiempo, siempre y cuando el tiempo para procesar datos a nivel local sea mayor que la duración combinada de transmitirlos, procesarlos remotamente y descargarlos nuevamente. También en el caso particular de tareas de geoprocésamiento en dispositivos móviles, es preferible que el procesamiento se realice en remoto con el propósito de ahorrar batería y reservar la capacidad de cálculo local limitada para otras tareas.

30.5 Algunos servicios disponibles en IDE reconocidas

Este apartado muestra algunos servicios de procesamiento relevantes dentro de las IDE más representativas y tiene por objeto descubrir la forma en que se explotan (se consumen los datos generados por los procesamientos).

Incluidos en la IDE de España (IDEE) y accesibles desde su portal [294], actualmente se pueden consultar seis servicios que cumplen con la especificación WPS 1.1.0 del OGC. Estos servicios se dividen en tres ámbitos territoriales diferentes: nacional, regional, y local. A continuación se muestra una breve explicación de un servicio en cada ámbito territorial:

A nivel nacional, provisto por el Instituto Geográfico Nacional de España (IGNE) y el Ministerio de Fomento, se encuentra el proyecto CartoCiudad, un servicio de información geográfica diseñado para responder al objetivo de explotación y acceso de datos geográficos. Dentro de su misión de servicio público, una de sus prioridades consiste en permitir la visualización y utilización de sus datos, por lo que ponen a disposición del ciudadano una serie de servicios web a través de su portal [295].

Los Servicios web de geoprocésamiento ofrecidos en CartoCiudad son: Servicio WPS de cálculo de rutas, Servicio WPS de cálculo de áreas de influencia, Servicio WPS de cálculo de puntos de interés en un área de influencia, Servicio WPS de geocodificación inversa. Para cada uno de ellos la interfaz WPS estandariza la manera de realizar procesos, describe los datos de entrada-salida, cómo manejar la salida de resultados y la forma en que un cliente puede realizar una petición de ejecución de un proceso. Puede consultarse una descripción en profundidad en [296].

A modo de ejemplo se presenta el Servicio WPS de geocodificación inversa. Este servicio, al igual que los otros servicios ofrecidos en este portal, permite su explotación a partir del cliente general de CartoCiudad. Para utilizarlo basta con hacer clic derecho sobre la cartografía y seleccionar la opción « ¿Dónde estoy? » Como respuesta se obtiene la dirección postal más cercana y las coordenadas geográficas del punto señalado en pantalla en formato sexagesimal (fig. 30.1). También es posible la explotación del mismo servicio de geocodifi-

cación inversa independientemente del cliente CartoCiudad. En el cliente ofrecido, se debe editar la plantilla de documento XML, modificando las coordenadas geográficas X e Y. Al pulsar el botón «Enviar», el usuario solicita la ejecución del proceso de geocodificación inversa y se obtiene como respuesta un XML con la dirección postal de los puntos buscados.



FIGURA 30.1. Ejemplo del servicio de geocodificación inversa en el cliente (Fuente: CartoCiudad)

A nivel regional se puede mencionar como ejemplo el servicio WPS de Modelo digital del terreno ofrecido dentro de la IDECanarias. Este servicio permite conocer la altura (coordenada z) de cualquier localización del territorio canario especificando las coordenadas X, Y, y el sistema de coordenadas (fig. 30.2). Para los cálculos se utiliza un MDT de 5x5 metros extraídos del Mapa topográfico a escala 1:5.000 de los años 2007-2008.

Ciente JavaScript de servicios WPS

URL: <http://idecan5.grafcan.es/c/>
 Ver procesos disponibles (GetCapabilities)

Servidor WPS

Recuperamos la altura de una determinada coordenada
 Processes: Modelo digital del Terreno DescribeProcess

Modelo digital del Terreno

Recuperamos la altura de una determinada coordenada
 Version: 0.1

y|3154178
 null
 x|370920
 null
 srs|32628
 null

Run asynchronously:
 Execute
 ProcessSucceeded (Tue Dec 21 22:30:22 2010)
 z: 730.0 **Resultado**

FIGURA 30.2. Ejemplo de uso del servicio Modelo digital del terreno de la IDECanarias

En el ámbito local, la diputación de Barcelona ha desarrollado el Sistema de Información Municipal (SITMUN) [297], herramienta de gestión que integra cartografía y bases de datos con tecnología servidor de mapas vía web. Desde el portal IDEBarcelona [298] se pone al alcance de los usuarios la información cartográfica elaborada por la Diputación, a través de la especificación WMS y WPS. El servicio «“Información calles-/direcciones postales (CAE1M)”» implementado según la especificación WPS, permite la extracción de información alfanumérica o gráfica relacionada con las calles y direcciones postales. Incluye un proceso para la generación de ficheros municipales de direcciones según las especificaciones de INSPIRE.

30.6 Conclusiones

En este capítulo se ha presentado la evolución de los servicios de geoprocésamiento, enfatizando especialmente en el estándar WPS, con el que el OGC intenta satisfacer la creciente necesidad de la comunidad de usuarios geográficos, de un estándar común para el procesamiento distribuido de datos espaciales.

Tradicionalmente el procesamiento de la IG se ha venido aplicando con soluciones desarrolladas para sistemas propietarios con limitada conexión remota a fuentes de datos. Aunque previamente existían algunos borradores y estándares en OGC (WCCTS y OpenLS) que incluían funcionalidades de geoprocésamiento a través de la web, las funcionalidades tenían capacidades muy definidas y específicas. Con la aparición del estándar WPS se abordó el problema del procesamiento de datos remotos, permitiendo que cualquier componente de un programa de procesamiento (geográfico o no) pueda publicarse y usarse como si fuera un servicio OWS.

El WPS se desarrolló para crear y distribuir funcionalidades de geoprocésamiento a través de Internet, definiendo una interfaz estandarizada para la ejecución de procesos en un entorno cliente-servidor, trasladando las funcionalidades propias de un SIG de escritorio a un entorno web y dotando a las IDE de posibilidades de procesamiento.

El acceso a servicios de geoprocésamiento distribuido promovido por el estándar WPS incrementa la reutilización de cantidades significativas de código, facilitando la comprensión entre los desarrolladores de aplicaciones web, disminuyendo a su vez el coste y permitiendo que los expertos del ámbito de las IDE puedan compartir rutinas y métodos haciendo más eficiente su trabajo.

Gracias al estándar WPS las IDE pueden ofrecer servicios y recursos de cómputo robustos además de servir como un medio para compartir datos espaciales. No cabe duda que el estándar WPS es un componente fundamental de las IDE a través del cual, las instituciones y usuarios pueden compartir medios para realizar geoprocésamiento de forma fiable.

En la actualidad, la estandarización del geoprocésamiento puede considerarse un área de investigación en la que se está trabajando activamente para incluir nuevos algoritmos de

procesamiento en unos casos y en otros ver el modo de realizar la ejecución en paralelo, con el fin de ofrecer mayor capacidad de cómputo para nuevas aplicaciones que requieran un tratamiento en tiempo real y en línea. En este sentido, es claro el interés de la comunidad geográfica por desarrollar herramientas orientadas a facilitar tanto el acceso a grandes volúmenes de datos, como a los medios de procesamiento distribuidos e interoperables. En el futuro, las IDE ofrecerán servicios de geoprocésamiento cada vez más complejos pudiendo llegar a requerir infraestructuras de cómputo más sofisticadas, situadas en el entorno de “la nube” (*Cloud Computing*) que podrán ir desplegándose a medida de que vayan necesitándose.

CAPÍTULO 31

LOS GEOPORTALES. PERSPECTIVA DESDE LA USABILIDAD

María Teresa Manrique Sancho¹, Miguel-Ángel Manso-Callejo²

^{1,2}LatinGEO, Grupo de Investigación Mercator. Universidad Politécnica de Madrid, España

^{1,2}{mariateresa.manrique, m.manso}@upm.es

Resumen. Los geoportales son los puntos de encuentro entre los usuarios, productores y proveedores de servicios IDE en la web, debiendo proporcionar las funcionalidades básicas que los usuarios demandan a las IDE: localizar, visualizar, descargar y procesar, teniendo presente las capacidades y necesidades de los usuarios a los que están dirigidos. En este capítulo se aborda el desarrollo de un geoportal utilizando el método de Diseño Centrado en el Usuario (DCU), y se describen las etapas que lo conforman: análisis, diseño, evaluación, implementación y explotación. La fase de análisis de requisitos persigue dar respuesta a cuestiones clave como conocer los objetivos del Geoportal; el colectivo humano al que va dirigido; los contextos y casos de uso y los contenidos y funcionalidades más adecuados para la ejecución de las tareas que ese colectivo necesita realizar. En la fase de diseño y prototipo del portal se afrontan cuestiones referidas al diseño gráfico y las relacionadas con el funcionamiento del sistema (configuración de servidores, aplicaciones, etc.); analizando cual sería la estructura más adecuada para las páginas web y proporcionando diferentes alternativas de diseño de los componentes con los que interactuará el usuario dentro del geoportal. Seguidamente comienza la fase de evaluación de los prototipos utilizando alguno de los métodos conocidos (inspección, indagación o test). Finalmente, se implementa el prototipo optimizado resultante de la fase anterior, y se pone en producción el geoportal. También se analiza la usabilidad del geoportal en relación a la página principal, a la navegación y a los contenidos. La página principal tiene una enorme importancia ya que es el escaparate que debe atraer al usuario y hacerle fácil la identificación de contenidos y funcionalidades. La navegación del usuario a través de los contenidos del geoportal, debe proporcionarle una experiencia conforme con sus expectativas. Se recomienda utilizar nombres comprensibles y descriptivos en los enlaces de navegación, incluir referencias que ayuden a saber en todo momento la ubicación dentro de la estructura del sitio, facilitar el acceso rápido a los contenidos por medio de un buscador adecuado, desplegar rápidamente la cartografía, etc. En cuanto a los contenidos, se hace un recorrido por las características que deben tener como por ejemplo: textos cortos, lenguaje común, ausencia de instalación de *plugins* adicionales, asignación adecuada de espacios, etc. Finalmente, a modo de corolario se propone un breve conjunto de recomendaciones para quienes tengan la responsabilidad de construir un geoportal, entre las que destacan la definición de objetivos, la evaluación de las necesidades de los usuarios, la inclusión de un buen motor de búsqueda y la adecuada visualización de la cartografía.

Palabras Clave: Geoportal, IDE, web 2.0, Diseño Centrado en el Usuario, DCU, Usabilidad y Usuario.

31.1 Introducción

Los mecanismos de generación y las formas de uso de la IG han sufrido grandes cambios a lo largo de las últimas décadas, y con ellos, las figuras del productor y del usuario. En lo que se refiere a la producción de la IG, hoy es una labor distribuida por la acción de diversos factores: la mejora de la eficiencia, la incorporación de nuevas tecnologías de adquisición, así como el crecimiento del mercado potencial de los datos geográficos. Actualmente, las agencias o Institutos Geográficos siguen teniendo un importante rol en la generación de la IG. Sin embargo, las administraciones locales, entidades privadas y los propios ciudadanos están ganando peso (Budhathoki et al., 2008; Goodchild *et al.*, 2007), a través de iniciativas de tipo colaborativo similares a la de *Wikipedia* y otros mecanismos de intercambio y desarrollo.

Desde el punto de vista de los usuarios, su número se ha multiplicado y sus fines, así como las formas de uso de la IG, se han diversificado. Según Komarkova *et al.*, (2007) los usuarios podrían clasificarse atendiendo al nivel de destreza según su perfil en:

- Perfil alto: los especialistas en la IG que manejan datos, realizan distintos análisis espaciales y proporcionan los resultados de su trabajo a otros usuarios a través de Internet.
- Perfil medio: los funcionarios, gestores, inspectores, etc., que se caracterizan por tener unas necesidades de uso de la IG tipificadas o determinables con relativa facilidad.
- Usuarios ocasionales: turistas, estudiantes etc., que utilizan la IG de forma irregular y ocasional. Usan funcionalidades básicas: visualizar una región de interés, seleccionar capas de datos, cambiar la escala, ejecutar consultas simples, imprimir o guardar el mapa resultante. Se puede afirmar que la mayoría de los usuarios pertenecen a este perfil.

El despliegue de Internet y el desarrollo, en paralelo, de las tecnologías geoespaciales llevaron, a mediados de los años ochenta, a la formulación de las IDE (Budhathoki *et al.*, 2008). Las IDE utilizan medios electrónicos estandarizados para conectar repositorios de IG distribuidos, y ofrecerlos a los usuarios a través de portales web denominados geoportales (Maguire y Longley, 2005). Las IDE han superado un gran número de retos técnicos y organizativos, lo que ha supuesto un gran esfuerzo humano y económico. Sin embargo, la utilidad de este tipo de sistemas no ha sido todavía apenas explotada, y el significado de las IDE permanece aún desconocido para una buena parte de los usuarios potenciales (Rodríguez *et al.*, 2006).

Los geoportales están orientados a conciliar la demanda de IG de los usuarios con el interés de los proveedores por diseminar sus productos (Aditya, 2007). La Directiva INSPIRE (2007/02/EC) [299] en el ámbito europeo y la LISIGE [300] definen geoportal IDE como un sitio web con acceso a servicios interoperables de IG (geoservicios). Estos servicios posibilitan las siguientes operaciones pensadas para cubrir las necesidades básicas de los usuarios potenciales ya sean expertos, de perfil medio u ocasionales:

- Localización: búsqueda de conjuntos de datos espaciales y servicios relacionados a partir de los metadatos que describen dichos recursos.
- Visualización: navegación (mostrar, acercarse, alejarse, moverse, superponer conjuntos de datos, etc.) sobre la IG.

- Descarga: obtención de una copia parcial o completa de un conjunto de datos espaciales.
- Procesamiento: realización de algún tipo de tratamiento y/o transformación sobre los datos.

El geoportal es a una IDE lo que el escaparate a una tienda: tiene por objeto despertar el interés de los usuarios, animarles a que exploren el contenido y que, tras interactuar con la IG, logren sus fines.

La correcta definición y facilidad de uso del geoportal resulta determinante para lograr sus objetivos. Por esta razón su diseño debe contemplar aspectos relacionados con la usabilidad, acorde con lo que se define en la norma ISO/IEC 9241 [301]: «...es la efectividad, eficiencia y satisfacción con la que un producto permite alcanzar objetivos concretos a usuarios específicos en un contexto de uso determinado... ». El reto consiste en que un usuario obtenga el mejor resultado posible en relación al objetivo por el que visitó el geoportal (efectividad), invirtiendo el menor número de recursos-tiempo, aprendizaje, etc. (eficiencia) y que en consecuencia, la experiencia le resulte agradable (satisfacción).

La consideración del punto de vista de los usuarios y la usabilidad de los geoportales queda reflejada en la Directiva INSPIRE (2007/02/EC) [299] y la LISIGE [300], que hacen hincapié en que los servicios integrados en un geoportal deben tener en cuenta los requisitos de los usuarios y ser fáciles de usar.

Ante este escenario, puede plantearse la siguiente cuestión: ¿cómo lograr un geoportal útil y atractivo para los usuarios a los que está destinado?

La hipótesis de la integración de la perspectiva del usuario en el proceso de creación de un geoportal va tomando peso como factor clave de éxito. Para conseguir este fin, se propone el uso de una de las metodologías más conocidas en el contexto de las aplicaciones informáticas: el Diseño Centrado en el Usuario (DCU). Nivala (2007) avala en su tesis la conveniencia del uso de esta metodología y los principios de la usabilidad en el diseño de aplicaciones cartográficas interactivas. Ambas han sido utilizadas con éxito en el desarrollo de varios sitios web basados en la IG como el portal web para el manejo de datos hidrológicos del USGS (Tsou y Curran, 2008); el Atlas de Canadá [302] descrito por Kramers, (2008); el Atlas de Pensilvania sobre Cáncer [303] descrito por Bhowmick *et al.* (2008); el sistema de información cartográfica en línea de datos históricos sobre la cultura del Himalaya [304] descrito por Schobesberger, (2010) o el sitio web CitSci para el fomento de la colaboración ciudadana en la captura de datos de especies naturales [305] descrito por Newman *et al.*, (2010).

A continuación se exponen las fases del proceso del DCU, haciendo especial hincapié en los aspectos a tener en cuenta para su aplicación en el desarrollo de un geoportal incluyendo: bases de datos, servicios y el propio sitio web.

31.2 Diseño Centrado en el Usuario

El DCU abarca la identificación de los grupos de usuarios, los contextos de uso y los requisitos, la definición de procesos y tareas, el diseño de interfaces, el análisis de la forma de

interacción y de la utilización de los productos, así como su evaluación. Según la norma ISO 9241-210 [306], el DCU es una actividad multidisciplinar que incorpora factores humanos, conocimientos y técnicas de ergonomía con el objetivo de aumentar la eficacia, eficiencia y mejora de las condiciones humanas de trabajo; y contrarrestar los posibles efectos adversos del uso en la salud, la seguridad y el rendimiento. El DCU se compone de varias fases iterativas: (a) análisis de requisitos, (b) diseño-prototipado, (c) evaluación, (d) implementación y (e) explotación. La fig. 31.1 ilustra la relación entre las diferentes fases, que a continuación se describen.

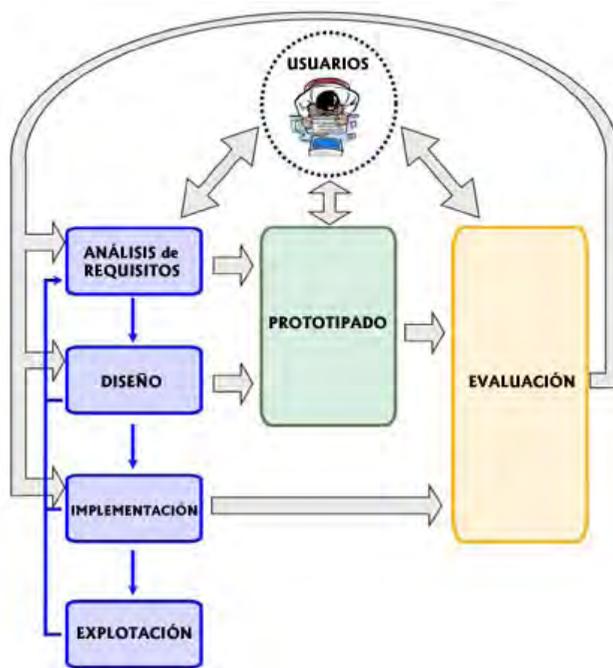


FIGURA 31.1. DCU: Modelo de proceso de ingeniería de la usabilidad y la accesibilidad. (Fuente: adaptado de Lorés *et al.*, 2002)

31.2.1 Análisis de requisitos

El análisis de requisitos persigue dar respuesta a cuestiones como: ¿Qué se quiere conseguir con el geoportál? (objetivos), ¿Qué tipo de usuario (o colectivo/s objetivo) se pretende?, ¿Qué situaciones propician que el colectivo objetivo utilice el geoportál? (contexto, casos de uso y tareas) o ¿Qué tipo de IG busca cada colectivo objetivo y qué necesita hacer con ella? (contenidos y funcionalidades).

Los geoportales se alinean con el principal objetivo de las IDE: compartir la IG de forma más eficiente, proporcionando los canales de comunicación necesarios entre los proveedores y los usuarios (Goodchild *et al.*, 2007). Por esta razón, igual que las IDE buscan el establecimiento de unos objetivos iniciales para su puesta en marcha (Grus *et al.*, 2011), los

geoportales deben basarse en unos objetivos de partida, a partir de los cuales se establecen los grupos de usuarios a los que va dirigido y sus requisitos.

En cuanto a la definición de los usuarios (colectivo objetivo) del geoportal, y dada la dificultad de cubrir simultáneamente las necesidades de los distintos perfiles de usuarios (perfil alto, medio y usuarios ocasionales), varios expertos apuntan la conveniencia de crear geoportales, que nutriéndose de una misma fuente distribuida de datos, se adapten a las necesidades específicas (funcionalidades, nomenclatura, contenidos,...) de cada colectivo objetivo (Goodchild *et al.*, 2007; Kramers, 2008; Craglia *et al.*, 2008; De Longueville, 2010; Nivala *et al.*, 2007).

Para conseguir que la comunidad de usuarios objetivo de un geoportal sea consciente del ámbito de focalización con el que fue concebido y se dirija a él entre otros sitios web, es fundamental prestar especial atención a sus necesidades, casos de uso, tareas requeridas, habilidades y conocimientos (Kramers, 2008; Newman *et al.*, 2010). La obtención de toda la información necesaria se puede realizar a través de cuestionarios o entrevistas a usuarios representativos del colectivo al que va dirigido el sitio web.

En relación a las funcionalidades, el inventario de servicios de las IDE españolas realizado por Osorio *et al.* (2008), refleja que la mayoría de los geoportales analizados ofrecen herramientas que permiten a los usuarios buscar, identificar, visualizar y descargar datos geográficos, así como localizar geoservicios. De entre todas las funcionalidades, Goodchild *et al.* (2007) y Aditya (2007), consideran clave el correcto funcionamiento del buscador.

También hay que tener presente la aproximación del rol de los usuarios al de productores de IG y su agrupación en comunidades. Así varios autores (Budhathoki *et al.*, 2008; Rodríguez *et al.*, 2006; De Longueville, 2010; Díaz *et al.*, 2011) destacan que los geoportales no deben considerarse únicamente puertas de entrada a los contenidos de una IDE, sino que además, deben ser sistemas abiertos que den soporte a herramientas colaborativas (Web 2.0) orientadas a facilitar la comunicación, intercambio, desarrollo y uso compartido de la IG, que generan los usuarios. Este fenómeno se conoce como en inglés como VGI y ya ha sido tratado en el cap. 16. Algunos ejemplos de sitios web cartográficos que incluyen funcionalidades de este tipo son: *Ikimap* [307], *Tagzania* [308], *Wisconsin NatureMapping* [309], *OpenStreetMap* [310] o *EarthTrek* [311].

Los parámetros y requisitos obtenidos como resultado de esta fase serán el fundamento del resto del desarrollo del geoportal y el referente a la hora de evaluarlo.

Algunos ejemplos de análisis de requisitos para el desarrollo de geoportales son el realizado por Newman *et al.* (2010), que aportan una recopilación de información tanto previa al desarrollo de un geoportal como una vez puesto en producción (para optimizarlo), y un informe elaborado para el proyecto GEOSS [312] en el que se incluyen pautas para la creación de su geoportal [313].

31.2.2 Diseño y prototipado

Esta fase, previa a cualquier implementación, abarca dos etapas: (a) el diseño gráfico de la interfaz que permite la interacción del usuario y (b) el diseño del sistema que incluye las soluciones técnicas (configuración de servidores, aplicaciones...). En ella se toma como referencia los resultados de la fase anterior y se afrontan cuestiones tipo: ¿Con qué componentes interactuará el usuario dentro del geoportal?, ¿Qué estructura es la más adecuada para las páginas web? o ¿Cuál será el diseño final del geoportal?

Las principales premisas de esta fase pueden concretarse en que el usuario, al acceder al geoportal, obtenga rápidamente una impresión general, sepa en qué consiste y que la interacción con los contenidos le resulte intuitiva y fácil de recordar. El objetivo de esta fase es que la interfaz permita una comunicación visual efectiva con el usuario. Por esta razón, para depurar su diseño se suelen realizar prototipos (producto ficticio con el cual los usuarios pueden interactuar), que serán validados y refinados de forma iterativa, en base a la información obtenida de los usuarios en la siguiente fase de evaluación. Algunos ejemplos en los que se proponen y evalúan prototipos son los descritos por Heil y Reichenbacher (2009), y Aditya, (2007). Para obtener más información sobre el diseño de interfaces de sitios web, teniendo en cuenta la usabilidad, se recomiendan los libros de Shneiderman (1997) y Brinck (2002).

31.2.3 Evaluación

En esta fase se analiza la adecuación de los prototipos (o geoportal si ya están en explotación) a las necesidades de los usuarios. El proceso consiste en depurar su diseño en base a su evaluación desde la perspectiva del usuario final para obtener una versión optimizada. Los métodos de evaluación de la usabilidad se agrupan en tres tipos (Lorés *et al.*, 2002):

- **Inspección** (sin usuarios). Un conjunto de expertos examinan la interfaz y determinan el grado de usabilidad. De este modo Nivala *et al.*, (2008) evaluaron los problemas de usabilidad de varios sitios web cartográficos.
- **Indagación** (con usuarios). Se conversa, se observa a los usuarios, y se recaba información al utilizar el geoportal en un caso real. Harrower *et al.*, (2000) lo utilizaron para evaluar una herramienta de geovisualización para el aprendizaje sobre el clima y Bhowmick *et al.* (2008) para mejorar el diseño del atlas de Pensilvania sobre Cáncer.
- **Test** (con usuarios). Se realizan pruebas con usuarios que ejecutan tareas utilizando el prototipo o geoportal. Skarlatidou y Haklay (2005), utilizaron estas técnicas para evaluar siete sitios web cartográficos. Heil y Reichenbacher, (2009) y Coltekin *et al.* (2009) la usaron para estudiar interfaces cartográficas en base al seguimiento de los ojos.

Holzinger [314] publica una interesante comparativa de los métodos de evaluación de usabilidad e incluye referencias con información de las distintas técnicas.

Como resultado de esta fase, se obtiene un listado de incidencias de usabilidad que sirven de base para la mejora del prototipo o del geoportal puesto en el mercado. Un ejemplo de evaluación se incluye en el trabajo de Nivala *et al.* (2008).

31.2.4 Implementación y explotación

Los componentes del geoportal (bases de datos, geoservicios y página web) se desarrollan tomando como referencia el prototipo optimizado. Una vez hecho esto, conviene volver a realizar una evaluación del sitio web, a modo de control de calidad. Finalmente, se pasa al lanzamiento del geoportal y durante su explotación, se recomienda realizar un seguimiento de su uso con el fin de continuar depurándolo. Para ello, suele resultar de gran utilidad el análisis de archivos de auditoría (*logfiles*) que almacenan diversa información sobre los usuarios que visitan el geoportal y cómo lo utilizan: páginas más visitadas, contenidos consultados con mayor frecuencia, etc.

31.3 La usabilidad de los geoportales

Tras exponer la metodología DCU para el desarrollo de un geoportal se analizan a continuación tres aspectos determinantes en la experiencia que un usuario tiene al utilizar un sitio web genérico: (a) diseño de la página principal, (b) estructura de navegación y (c) presentación de los contenidos, haciendo especial hincapié en sus peculiaridades dentro de los geoportales. Las recomendaciones incluidas en esta sección deben tenerse en cuenta en la fase de “Diseño y Prototipado” descrita anteriormente en el DCU.

31.3.1 La página principal

El objetivo de la página principal es captar la atención del usuario de forma que éste, con solo mirarla, intuya rápidamente en qué consiste, si le resulta de interés y por dónde continuar explorando. La página principal debe dar respuesta en pocos segundos a cuestiones tipo: ¿Qué puedo encontrar en este sitio?, ¿Por qué debería estar aquí y no en otro lugar? y ¿Por dónde comienzo a explorar?

Con frecuencia la página principal del geoportal aparece sobrecargada con diferentes tipos de información, dando una sensación de ruido que dificulta identificar su temática geográfica (Nivala *et al.*, 2008). Algunos elementos clave a tener en cuenta en el diseño de la página principal son:

- Claridad y simpleza (Nivala *et al.*, 2008). Un ejemplo ilustrativo es el geoportal de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir [315].
- Comunicación breve y directa, que resuma en una línea la identidad (qué) y la misión del sitio (para qué). Es importante transmitir a los usuarios el propósito del geoportal y a qué comunidad está dirigido (Newman *et al.*, 2010).
- Inclusión de un cuadro de búsqueda en un lugar destacado (Nivala *et al.*, 2008).

31.3.2 La navegación

Los usuarios abandonan el sitio web si el contenido les resulta difícil de encontrar aunque sea bueno, o si la información es fácil de encontrar pero no es satisfactoria (Nielsen y Loranger, 2006). Si el geoportal incluye la información que el usuario necesita, el principal

foco de atención será asistirle adecuadamente en la exploración, de modo que pueda saber en todo momento dónde está, y consiga localizar lo que busca. Para ello resulta clave que el usuario conozca no sólo en qué página se encuentra él, dónde está respecto a la totalidad del portal, sino que conozca las principales secciones del sitio, su acceso y la forma de hacer las búsquedas.

A continuación se incluyen algunas recomendaciones para mejorar la navegación en los geoportales:

- La estructura de navegación debe ajustarse a las expectativas del usuario y reflejar su visión del sitio, sus contenidos y sus funcionalidades de interés (Nielsen y Loranger, 2006).
- Los nombres de los enlaces para la navegación deben ser comprensibles para los usuarios (Nielsen y Loranger, 2006). Por ejemplo, en lugar de referencias numéricas asociadas a las escalas de visualización se pueden utilizar términos sencillos como: país, localidad, calle o casa que resultan mucho más intuitivos (Nivala *et al.*, 2008) (ver fig. 31.2).
- Para ayudar a consultar los contenidos, se puede ofrecer la posibilidad de seleccionar entre una serie de configuraciones de capas y escalas por defecto, en función de los diferentes perfiles de conocimiento o casos de uso (ver fig. 31.3); o la opción de configurar y guardar una visualización personalizada.
- El acceso directo a páginas interiores de un sitio web supone el 60% de las entradas (Nielsen y Loranger, 2006). Por esta razón es importante incluir en todas las páginas información que indique al usuario dónde se encuentra y cómo pueden moverse hacia otras partes del sitio: (a) Nombre del sitio y/o logotipo en la esquina superior izquierda; (b) Un enlace directo a la página principal (Nivala *et al.*, 2008); y (c) Un buscador.
- El geoportal da acceso a un gran volumen de IG por lo que el buscador resulta una herramienta clave tanto en lo que se refiere al control de los usuarios para definir sus búsquedas, como en la utilidad de la información resultante que obtienen. Aditya (2007) concluye en su tesis que ambos aspectos resultan deficientes desde la perspectiva de los usuarios y señala que la fórmula de consulta a través de las preguntas: ¿qué?, ¿dónde? y ¿cuándo?, parece ser un estilo de búsquedas aceptable, adoptado por programas como *MDweb* [316] e implementado en geoportales IDE como el *Geospatial One-Stop* [317] (GOS), patrocinado por el gobierno de los EE. UU. En cuanto a la optimización de la información resultante de la búsqueda, ésta puede mostrarse de una forma más adecuada mediante un despliegue jerarquizado de los registros en base a criterios como: características geográficas (cobertura, tema o escala) (Goodchild *et al.*, 2007), relevancia, fecha, etc. Esta funcionalidad está incluida en geoportales como GOS e IDENA [318], y aplicaciones como GeoNetwork [319].
- Navegación rápida e intuitiva. Los usuarios de Internet están acostumbrados a la descarga de páginas web en segundos y esperan lo mismo al consultar mapas (Jenny *et al.*,

2008). En cuanto a la navegación a través del *zoom*, en ocasiones los saltos de escala de un nivel a otro son tan grandes, que el usuario pierde la referencia de la localización de interés (Nivala et al., 2008).

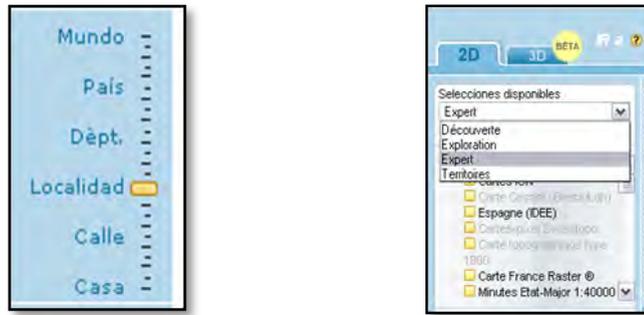


FIGURA 31.2 Y 31.3. Funcionalidad para el cambio de escala y Configuraciones de contenidos. (Fuente: Geoportal de Francia [321])

31.3.3 Los Contenidos

La web es un medio dirigido por el usuario en el que se adoptan estrategias de búsqueda de información para ahorrar tiempo. Un contenido claro y sólido atrae, retiene y ofrece a los visitantes, un acceso eficiente e intuitivo a la información (Nielsen y Loranger, 2006).

Algunas recomendaciones para mostrar contenidos en un geoportal son:

- El texto en la web debe ser corto y fácil de leer. En la redacción siempre es mejor empezar por la conclusión, de forma que leyendo sólo las primeras líneas de una página se obtenga la idea principal (Nielsen y Loranger, 2006).
- Adaptar el lenguaje a los usuarios evitando conceptos técnicos (Goodchild *et al.*, 2007). En los geoportales con frecuencia aparecen términos como: OGC o WMS, que quizás el colectivo objetivo del geoportal no comprenda.
- Los usuarios son poco receptivos a la instalación de programas o complementos adicionales para poder visualizar contenidos específicos, por lo que se recomienda evitarlos.
- Adecuar el espacio asignado a la importancia del contenido. En ocasiones, el tamaño de la ventana del visualizador cartográfico del geoportal es relativamente pequeño, lo que dificulta obtener una imagen global clara de la localización mostrada (Nivala *et al.*, 2008).
- Los geoportales muestran aún con frecuencia la información espacial en 2D. Esta visualización del mundo a través de capas de IG resulta poco atractiva para usuarios no expertos (Craglia *et al.*, 2008) y en algunas ocasiones incomprensible (Komarkova *et al.*, 2007).

- Permitir que el usuario integre su IG en el geoportal, visualizándola sobre contenidos almacenados en la infraestructura distribuida, bajo condiciones de uso privado o compartido con el resto de la comunidad del geoportal (Díaz *et al.*, 2011). Sitios web como *MapSherpa* [322] o el geoportal de la IDE de Andalucía [323] y programas como *GeoNode* [324] ya integran herramientas de este tipo.

En cuanto al diseño de contenidos cartográficos, su visualización a través de Internet implica una serie de factores a tener en cuenta (tamaños y resoluciones de pantalla, tipografía, técnicas para incrementar la legibilidad, etc.), muchos de ellos recogidos en el trabajo de Jenny *et al.* (2008). Por otro lado, en cuanto a las representaciones cartográficas a partir de contenidos almacenados de forma distribuida en una IDE, expertos como Hopfstock y Grünreich (2009) señalan que habitualmente son el fruto de aplicar simplemente una determinada simbolización, lo que resulta insuficiente para su adecuada presentación a los usuarios. Por ejemplo, la superposición de capas de información de distintas fuentes puede dar como resultado ubicaciones incorrectas de toponimia, problemas de legibilidad que requieran generalizar la información y desajustes en la representación geométrica o semántica deben resolverse mediante técnicas de confluencia. Esto subraya la necesidad de definir parámetros y reglas integrados en procesos de transformación cartográficos, que garanticen una visualización efectiva de la información en los geoportales (Hopfstock y Grünreich, 2009). A continuación se incluyen algunos aspectos de diseño cartográfico a tener en cuenta:

- Cada escala del mapa debe incluir unos contenidos y diseños específicos (Nivala *et al.*, 2008). En ocasiones, el nivel de detalle de la información no cambia al utilizar el zoom y la visualización resulta inadecuada.
- El diseño del mapa debe adaptarse a su visualización en pantalla, permitiendo un uso simple y transmitiendo una apariencia armoniosa y atractiva (Nivala *et al.*, 2008; Brown, 2003).
- En cuanto a la cartografía temática, la visualización en pantalla requiere que los símbolos sean especialmente diferenciables y el número de clases es posible que necesite reestructurarse y reducirse (Jenny *et al.*, 2008).

31.4 Conclusiones

Aunque hasta el momento los estudios sobre IDE se han focalizado en la solución de aspectos técnicos relacionados con la arquitectura distribuida, se puede apreciar un giro en los intereses de los investigadores hacia una perspectiva más social, centrada en el usuario, en la creación de comunidades virtuales y en potenciar la colaboración (De Longueville, 2010). Es el momento de dar a conocer las IDE a la sociedad expandiendo el uso de sus geoportales. A lo largo de este trabajo se aborda la importancia de que los geoportales resulten útiles y atractivos a los usuarios a los que van dirigidos y cómo, con el fin de lograrlo, es posible integrar sus necesidades y expectativas a través de la aplicación de la metodología DCU y teniendo en cuenta la usabilidad.

A continuación se exponen los aspectos que se consideran clave a la hora de afrontar el desarrollo de un geoportal:

- Definir claramente los objetivos y aspectos diferenciadores del geoportal respecto a otros sitios web cartográficos.
- Analizar las necesidades de los usuarios a los que va dirigido el geoportal e integrar los resultados en requisitos para su desarrollo.
- Facilitar a través de una buena herramienta de búsqueda el acceso a la IG que los usuarios necesitan.
- Cuidar la usabilidad en el diseño del geoportal sobre todo en lo que se refiere a la página principal, la forma de navegación y el modo en que se presentan los contenidos, haciendo un especial hincapié en la adecuada visualización en pantalla de la cartografía de fuentes de datos distribuidas.

BLOQUE 5

ACTUACIONES Y NUEVOS RETOS

Tanto las tecnologías de captura de datos geográficos (satélites, sensores aerotransportados y fijos en tierra) como las de gestión de esos datos se modifican a una gran velocidad y aparecen nuevas posibilidades. De los primeros almacenes de datos o clearinghouses se pasa al acceso distribuido y de ahí al almacenamiento y gestión en la Nube. De las iniciales infraestructuras nacionales se pasa a las regionales por un lado y a las locales por el opuesto. Se incorporan organizaciones que coordinan y animan los esfuerzos regionales y se necesitan iniciativas para educar a la sociedad en el uso de esta nueva herramienta. Este bloque trata de ofrecer el panorama que apoya al establecimiento de las IDE y abre una ventana al futuro con intención de señalar hacia dónde parecen ir los esfuerzos.

CAPÍTULO 32

APLICACIONES TÍPICAS DE LAS IDE

Yuri Resnichenko¹, Yoel Cuzán², Guillermo González³, Ana Lambert⁴, Julia González⁵

¹Departamento de Geografía – Facultad de Ciencias – Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

²Instituto de Geografía Tropical, Agencia de Medio Ambiente, Ministerio del CITMA, Cuba

³Agencia de Software GeoMIX, Grupo Empresarial GEOCUBA, La Habana, Cuba.

⁴Instituto de Geografía Tropical – Vice dirección de Geomática, La Habana, Cuba.

⁵Grupo de Peligro, vulnerabilidad y riesgos, Agencia de Medio Ambiente, La Habana, Cuba

¹yresni@fcien.edu.uy, ²yoelc@geotech.cu, ³guille@geocuba.cu, ⁴anaelena@geotech.cu, ⁵juliap@ceniai.inf.cu

Resumen. En el presente capítulo se describen algunos ejemplos de aplicación que esperan resolver situaciones particulares en el marco de las IDE. Para ello, se toman casos con propósitos y visiones diferentes en Uruguay, Cuba y España. Particularmente se describen los ejemplos de la información ambiental, el control de flotas, la construcción de una cartoteca virtual y el estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgos de desastres, así como la construcción de una IDE local. El primero se refiere a cómo en Uruguay la información ambiental geográfica se genera a través de diversas instituciones y se coordina para que sea interoperable de manera que cualquier institución o persona pueda acceder a la misma. Se presenta además el caso de la IDE del Medio Ambiente de Cuba y la forma que tiene de transferir información espacial evitando las soluciones aisladas. Por otra parte, el ejemplo de control de flotas muestra el desarrollo del monitoreo de móviles de manera remota, analizando el comportamiento de un vehículo en un determinado periodo de tiempo. El caso de la cartoteca o mapoteca virtual narra la forma de acceder y consultar de manera remota el patrimonio cartográfico. Otro de los ejemplos presentados apunta a mejoras en la gestión de la información para la toma de decisiones referido a la temática del peligro, vulnerabilidad y riesgos de desastres. Por último, se describe el caso de una IDE local (Gijón) que, bajo lo que se ha llamado Gobierno Abierto, se propone facilitar el acceso a información pública por parte de terceros, de los propios organismos internos así como otras administraciones públicas, ofreciendo información estática y dinámica. El conjunto de casos recopilados no agota las posibilidades, e ilustra con elocuencia la variedad de aplicaciones en las que la IDE puede tener un impacto decisivo.

Palabras Clave: Información ambiental, Control de flotas, Mapoteca virtual, riesgo, Gestión local

32.1 Introducción

En este capítulo se verán algunos casos de aplicación que abarcan varios aspectos. Algunos se concentran en establecer la interoperabilidad de un área temática específica, otros basan su objetivo en brindar algún tipo de servicio específico para la población en general o a un subconjunto. No obstante, con los ejemplos que se describirán a continuación no se pretende dar una lista acabada ni representativa de los modelos de IDE más típicos. Tan sólo se presentarán algunas muestras de aplicaciones que abarcan áreas tan disímiles como la ambiental, el transporte, la construcción de una mapoteca, estudios de riesgos así como aspectos urbanos. Estos casos tienen la particularidad de haberse desarrollado en diferentes países (Uruguay, Cuba y España), y por niveles administrativos de distinto rango, lo que ofrece una diversidad de enfoques y metodologías.

32.2 Casos de aplicación

32.2.1 La información ambiental de Uruguay como parte de una IDE

En Uruguay, el Sistema de Información Ambiental (SIA), coordinado por la DINAMA (Dirección Nacional de Medio Ambiente) requiere, para el desarrollo de sus tareas, la disponibilidad de numerosas capas con datos geográficos proveniente de otras instituciones. A su vez, genera y brinda información espacial utilizada por los propios técnicos de la institución así como de otros organismos. También pone a disposición este tipo de productos para todo tipo de profesionales que realizan estudios en esta área, y para la ciudadanía en general.

Para cumplir con este cometido, DINAMA se apoya en las directrices legales de acceso a la información, donde toda persona física o jurídica tiene derecho a solicitar, acceder y recibir información de cualquier órgano de la administración pública. La elaboración de herramientas informáticas de acceso público, remoto y sin restricciones que permitan que todo ciudadano pueda obtener la información que requieran, constituyen un mecanismo idóneo para desarrollar esta tarea.

El SIA se diseñó como una red de integración tecnológica, institucional y humana orientado por DINAMA, con el fin de recopilar, organizar y difundir la información sobre el ambiente y los recursos naturales del país. Vincula a los diferentes organismos que aportan temática y disponen de bases de datos (estadísticos, cartográficos, gráficos, documentales, etc.) relacionados. Podría caracterizarse como un ejemplo de IDE temática, en la que se definieron una serie de protocolos y estándares para asegurar la interoperabilidad de los datos. En tal sentido se incorporaron medios informáticos para la difusión de la IG, utilizando visualizadores y geoservicios web accesibles al conjunto de la población. Por otro lado, se añadió la automatización de los procesos de los permisos ambientales, así como la información que de ellos emanan (Fernández *et al.*, 2010).

En este sentido, se ha generado un módulo con *MapServer* como servidor de mapas (fig. 32.1) a efectos de hacer disponible la IG para técnicos, ciudadanos, empresas y cualquier

actor que lo necesite. Paralelamente se ha desarrollado otro módulo de metadatos geográficos (con GeoNetwork, ver fig. 32.2), para que toda la construcción de información quede debidamente documentada, de forma estructurada y organizada, y mediante búsquedas se pueda así obtener las características esenciales de la IG. Todo este desarrollo se ha implementado con herramientas basadas en *software* libre y formatos abiertos, siguiendo las recomendaciones realizadas por el OGC referido a los estándares a emplear. También se implementaron geoservicios web para que usuarios expertos accedan a la IG en forma remota.

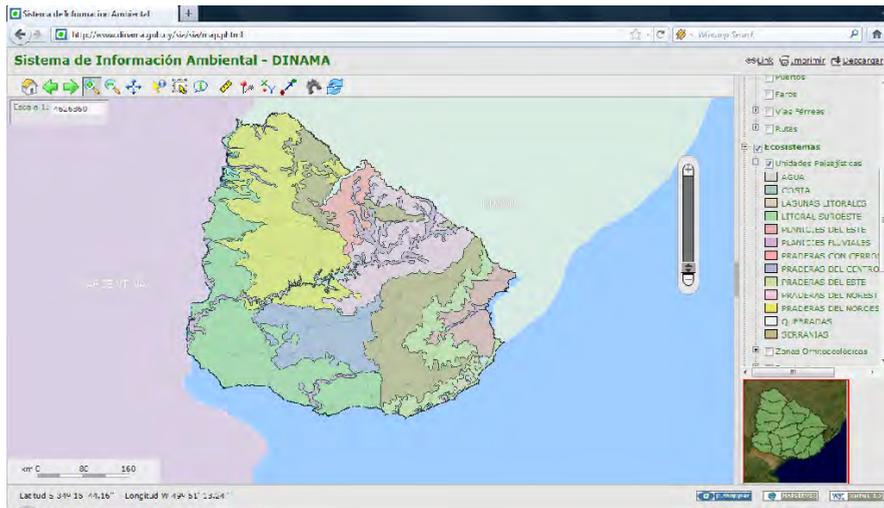


FIGURA 32.1. Visualizador de mapas de DINAMA. (Fuente: Elaboración propia)



FIGURA 32.2. Aplicación web para la consulta de metadatos. (Fuente: Elaboración propia)

Actualmente, el visualizador posee varias capas de información con las que se puede interactuar. Algunas de ellas son de actualización automática, vinculadas a bases de datos, mientras que otras se actualizan regularmente mediante copia de archivos. Dentro de las diversas capas de información disponible se pueden mencionar varias clasificaciones de ecosistemas de Uruguay realizadas por distintos autores: las áreas protegidas (provenientes del Sistema Nacional de Áreas Protegidas) o la Cobertura de la Tierra, siguiendo criterios del Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra de la FAO, en cuya construcción se involucró a diversas reparticiones del Estado, etc. Hay también capas elaboradas directamente por DINAMA referidas a industrias y calidad de agua, así como capas temáticas elaboradas por otras instituciones, como por ejemplo, datos de los ministerios de Transporte y Obras Públicas, de Ganadería Agricultura y Pesca, del Instituto Nacional de Estadística, de la Dirección Nacional de Hidrografía, etc. Por otro lado, también se han establecido geoservicios web con instituciones extranjeras como parte del proceso de acoplamiento de la información ambiental.

32.2.2 Lecciones aprendidas en la Infraestructura de Datos Espaciales del Medio Ambiente de Cuba (IDEMA). Apoyando los sistemas de información ambientales

En la actividad del medio ambiente, los SIA juegan un papel fundamental para el manejo de toda su documentación, incluyendo en particular la espacial. La gestión de la información espacial dentro de este sistema se realiza fundamentalmente mediante los servicios de los SIG y las IDE. Los SIA permiten supervisar en tiempo real la evolución de los avances y resultados, la secuencia de las actividades, los costes estimados y el plan de trabajo de los proyectos e instituciones medioambientales. Con ellos, los distintos tipos de usuarios pueden mantenerse conectados, almacenando toda la información que se maneja, garantizando la articulación de todos los servicios ambientales implementados, así como el desarrollo de nuevas aplicaciones personalizadas.

En Cuba, la IDEMA garantiza la transferencia de información espacial durante las tareas desarrolladas entre los grupos del SIA, tales como, la recopilación y actualización de la información disponible, la eliminación de los vacíos de información, el trabajo con mapas base, etc. Esos mapas base derivarán en temáticos y de valores agregados, y los crearán autores diferentes, combinando información dispersa por todo el territorio y en diferentes instituciones. Por estas razones, la IDEMA complementa las funcionalidades del SIA en la Web, poniendo a disposición de las instituciones y los proyectos un conjunto de aplicaciones, cursos, informaciones libres y servicios que facilitan la gestión de toda la información. Para lograr eso se recurre a herramientas como las páginas web, portales, secciones de trabajo, *chat*, *wiki*, *blog*, notificaciones, calendarios, tableros de mando para la toma de decisiones, repositorios digitales, visor y servidor de datos espaciales, gestor de metadatos espaciales, bibliotecas virtuales, bases cartográficas e imágenes a través de la Red Infogeo, que permiten la gestión eficiente de toda la información relevante del medio ambiente para utilizarse a todos los niveles.

Por parte del Instituto de Geografía Tropical (IGT) se desarrollan dentro de esta estrategia varios proyectos y servicios en los que las aplicaciones de la IDEMA inciden como una solución de nivel intermedio del SIA para articular los datos espaciales interdisciplinarios, evitando las soluciones aisladas y las islas de información. Entre estos proyectos están más desarrollados el Sistema de Información Ambiental del Ecosistema Sabana-Camagüey (SIAESC), el Sistema de Información del Instituto de Geografía Tropical (SIGEO) y el Sistema de Información de la Red Desarrollo de Metodologías, Indicadores Ambientales y Programas para la Evaluación Ambiental Integral y la Restauración de Ecosistemas Degradados (SIRESECODE).

El IGT aplicó para estos caso las lecciones aprendidas en los proyectos “RESECODE” (Cuzán *et al.*, 2011), « Iniciativas para la implementación de la IDE del Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental en Cuba » (González *et al.*, 2008) y el proyecto « IDE Cuba-Venezuela » (Cuzán *et al.*, 2009)]. Se comenzó con la determinación del estado de alistamiento de la IDE (Delgado, M. y Delgado, T., 2009), en el que se adecuaron convenientemente los factores y criterios de evaluación utilizados en el estudio al nivel de los países, con el objetivo de que se empleasen convenientemente en los niveles requeridos: corporativo, institucional y proyecto. A partir de los resultados obtenidos se generó un plan de medidas para revertir los factores negativos en los casos necesarios, y se realizó el diseño equilibrado de la estructura organizativa, tecnológica e información, lográndose su complementación durante la conformación de los niveles estructurales del SIA y la IDEMA, ver fig. 32.3.



FIGURA 32.3. Relación entre el desarrollo de la organización de la información y las tecnologías en los tres niveles del SIA y la IDEMA. (Fuente: Elaboración propia)

En el **primer nivel** se halló mucha información pero de poco valor, por estar duplicada y disgregada en documentos digitalizados sólo en parte, sin organización lógica, con formatos diversos, etc. Para revertir esta situación se construyó el **segundo nivel**, para lo que se creó el comité de seguimiento de implementación como órgano coordinador del proceso; se instauró un sistema de gestión de contenido (CMS) que permitió organizar las soluciones intermedias verticales y horizontales, facilitando la organización y gestión de la información, la creación de estructuras organizativas y la capacitación a sus integrantes como usuarios estándar, avanzados, administradores de contenido y aplicaciones. Los servicios de la IDEMA se articulan con el CMS para crear las aplicaciones de ayuda a la toma de decisiones. El sistema de tecnologías se implementó en dos máquinas físicas, con sistema operativo Linux y el sistema de virtualización VMware, con el que se confeccionaron diez máquinas virtuales (VM). En ellas se instalaron los servidores de los servicios web (ver fig. 32.4), tales como el CMS para la articulación de todas las aplicaciones; un visor y un servidor de datos espaciales para consultar en la Web este tipo de datos (ver fig. 32.5); un servidor de metadatos espaciales para consultarlos y actualizarlos en la Web; un servidor repositorio de información para la publicación de artículos y resultados; o un administrador de página web para hacer visible la información pública, entre otros. Al estar instalados en máquinas virtuales, pueden migrar, recuperarse y trasladarse con facilidad aún en caso de fallas del *hardware*.

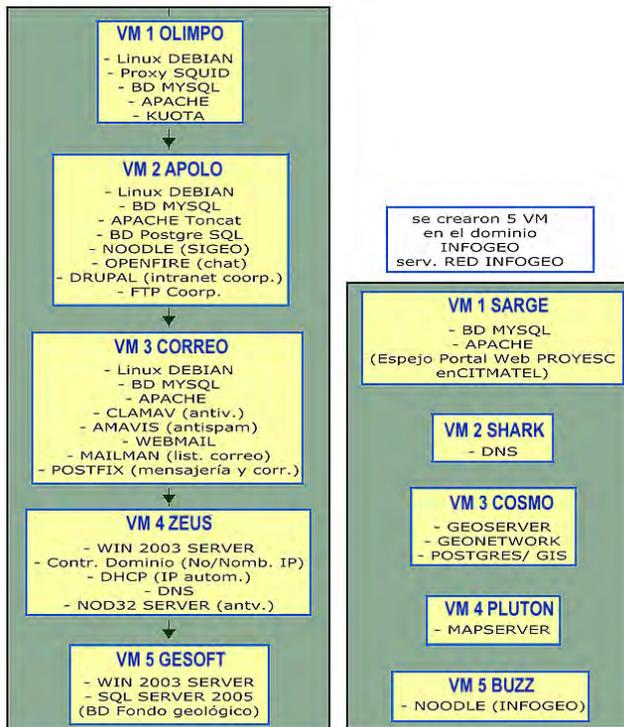


FIGURA 32.4. Arquitectura de servicios implementada para el SIA y la IDE empleando las VM. (Fuente: Elaboración propia)

La organización de la información y las consultas la realizan los propios especialistas de manera intuitiva utilizando los servicios web. Una vez recibido el entrenamiento, se indexan los documentos a través de metadatos, tarjetas, resúmenes y notas aclaratorias que se pueden vincular dentro del sistema, garantizándose la rápida localización y recuperación de los datos desde los distintos puntos de acceso del sistema. Para estos casos no se requirió, por el momento, de la construcción del *tercer nivel*.

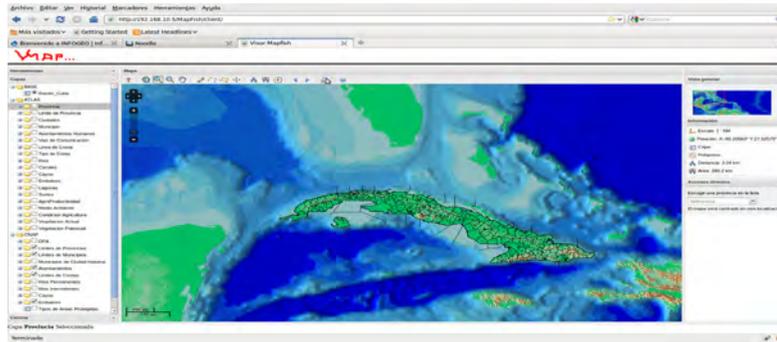


FIGURA 32.5. Visor de datos espaciales (Fuente: Elaboración propia)

32.2.3 Una aplicación de control de flotas

Como parte de los trabajos que se están llevando a cabo en Cuba, la organización del transporte de carga del Ministerio del Transporte de la República de Cuba quiso implementar una aplicación para la localización de vehículos sobre cartografía vectorial y raster, diseñada para controlar flotas dentro de una arquitectura cliente-servidor. El sistema permite el monitoreo de móviles de manera remota sobre una red de comunicaciones, posibilitando reconstruir el comportamiento de un vehículo en un determinado periodo de tiempo, reelaborando su trayectoria y analizando su velocidad, detenciones en destinos autorizados o no, etc., a través de la información almacenada en una base de datos histórica. Para ello se facilita al usuario un grupo de herramientas para el manejo de mapas, similar a las herramientas de *software* profesionales para el manejo de SIG. Así surgió MovilWeb como un sistema para el control y la gestión de flotas en Cuba.

MovilWeb es hoy la mayor consumidora de servicios de la IDE de la República de Cuba (IDERC). La utilizan 193 empresas de transporte con un total de 7.808 móviles, con un escalado previsto de 2.000 equipos más en el 2011, y a razón de 7.000 equipos anuales. El sistema recibe actualmente más de 700.000 visitas mensuales y 18 millones de accesos, a razón de 7 accesos por segundo.

En los aspectos tecnológicos, puede decirse que MovilWeb se implementa utilizando *software OpenSource*, con interfaces definidas por OpenGIS, con una arquitectura orientada

a servicios programados en Java, (NetBeans), Ext de JavaScript basada en AJAX y sus encapsulamientos en *Google Web Toolkit*.

Desde su concepción, MovilWeb estuvo muy vinculada a los servicios de la IDERC (ver fig. 32.6), lo cual le ha permitido irse beneficiando de cada uno de los nuevos servicios o desarrollos que van implementando para la infraestructura. Actualmente utiliza el servicio de mapas (ver fig. 32.7) o el servicio de imágenes como capa base, para obtener un mayor detalle de las detenciones de los móviles; y el servicio de geocodificación para identificar aquellas detenciones que se realizan fuera de los destinos autorizados, donde los vehículos deben realizar operaciones de carga o descarga de mercancías. Dispone de tres módulos que utilizan visores de mapas conectados a los servidores de mapas de la IDERC: el módulo MWSimulador, para analizar y simular las trayectorias; el módulo MWDestinos, que permite editar la cartografía de destinos autorizados de cada base de transporte y el módulo MWTiempoReal, para el seguimiento de los móviles en tiempo real.



FIGURA 32.6. Flujo de información en MovilWeb. (Fuente: Elaboración propia)

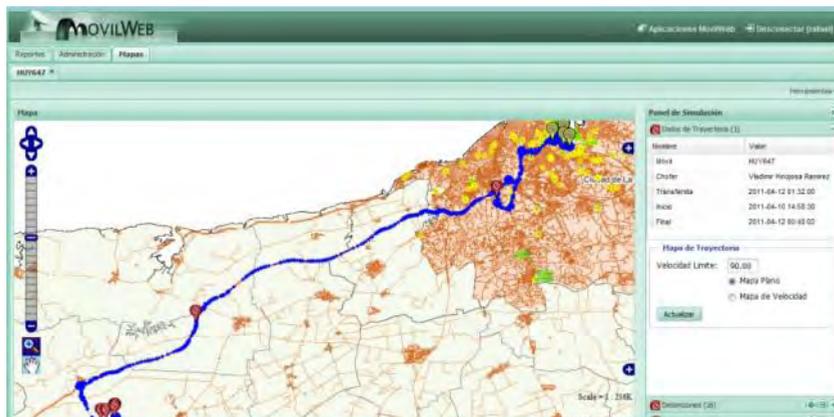


FIGURA 32.7. Aspecto del visor de mapas de MovilWeb, utilizando el servicio de mapas de la IDERC. (Fuente: Elaboración propia)

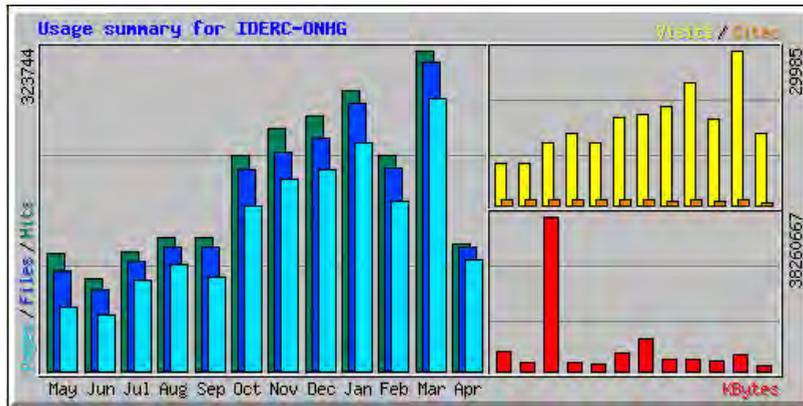


FIGURA 32.8. Resumen del uso de los servicios de la IDERC por meses. (Fuente: Elaboración propia)

La actividad de los usuarios dentro del sistema genera un alto nivel de concurrencia y un uso intensivo del servicio de mapas de la IDERC durante prácticamente todas las horas del día. La fig. 32.8 muestra una consulta a las estadísticas de los servicios de la IDERC, distribuidas por meses, en la que se puede observar un aumento sostenido de las solicitudes de páginas, ficheros y accesos, coincidiendo en cada caso con la incorporación de empresas de transporte al sistema.

MovilWeb consume 100 GB de mapas mensualmente, de los cuales 80 GB corresponden al servidor de mapas de la IDERC, 18 GB al servidor de mapas de MovilWeb y 2 GB al servidor de imágenes de la IDERC. El 99.8% de los accesos del servidor de mapas de la IDERC se hacen desde MovilWeb así como el 92.4% de los accesos al servidor de imágenes.

Típicamente las aplicaciones consumidoras de servicios de mapas de una IDE superan con creces el consumo proveniente del propio portal geoespacial, ya que están orientadas a usuarios con problemáticas concretas. Las estadísticas de consumo de MovilWeb así lo demuestran. Los accesos de MovilWeb a los servicios de mapas de la IDERC representaban el 65.3% del total de accesos, equivalente a 19.000 accesos adicionales por mes.

32.2.4 La aplicación de la mapoteca digital al servicio de una IDE

Ya se han digitalizado muchas colecciones de mapas antiguos, que se encuentran almacenados en distintos tipos de formato: bmp, gif, jpg, png, svg, etc. Aunque esto ha favorecido la conservación del patrimonio histórico, y puede hacerse visible a través de páginas web, constituyen un producto con un bajo nivel de uso (valor agregado) pues no posibilitan acciones típicas de las cartotecas como comparar, medir, mirar al trasluz dos mapas en coincidencia, etc. Para eso se requieren herramientas que permitan las mismas acciones que se realizan manualmente y se generen cartotecas virtuales. Si además estas cartotecas virtuales fuesen conformes con los estándares de interoperabilidad, se potenciaría la interoperabilidad de los mapas antiguos digitalizados pertenecientes a colecciones que hasta ahora permanecían ajenas unas a otras.

Las Cartotecas Virtuales son herramientas telemáticas que permiten el acceso y consulta al patrimonio cartográfico digitalizado, favoreciendo la preservación de los fondos sin temor a que se deterioren. Los usuarios utilizan las cartotecas antiguas con diversos fines: confrontan mapas de la misma cartoteca entre sí o con los de otras cartotecas, fotocopian, amplían o reducen, imprimen sobre transparentes para comparar con otros, comprueban precisiones de situación y de descripción, miden, analizan coordenadas, tamaños relativos, toman notas de la importancia de la representación de cada elemento, descubren fuentes de información, etc.; y en general, manipulan objetos delicados de valor patrimonial. Las Cartotecas Virtuales hoy son técnicamente posibles, permitiendo la conservación y seguridad del patrimonio cartográfico analógico. Su versión en formato digital puede publicarse a través de los visualizadores, a partir de los cuales se permite el acceso a los mapas sin que el usuario manipule directamente las obras originales, por lo que se hace imprescindible digitalizar la información existente para preservar la memoria histórica y garantizar la conservación del contenido espacial de los mapas. El acceso ubicuo favorece la educación de la población. La creación de proyectos nacionales e internacionales de varias instituciones, de la Asociación de Cartotecas de Cuba o incluso del Caribe, como región homogénea, contribuiría a fomentar este propósito de conservación y preservación del patrimonio cartográfico existente.

El proyecto «Cartoteca Histórica Nacional Virtual de España» (Fernández y Bernabé, 2010), (ver fig. 32.9), presenta un visor de mapas en la Web confeccionado acorde con los servicios habituales del OGC (Siabato *et al*, 2011). Como iniciativa de un prototipo de Cartoteca Virtual en Cuba, acorde con la puesta en marcha de la IDE de Medio Ambiente-Ramal (IDEMA Ramal), se ha iniciado en el IGT y la empresa CITMATEL la puesta en marcha de la Mapoteca Digital de Cuba. Este es un sistema gestor de IG temática georreferenciada, que propicia oportunidades de interdisciplinariedad y aprendizaje, combinando múltiples áreas del saber.

La metodología utilizada se sustenta a partir del estudio de herramientas específicas de los SIG, basadas en los estándares del OGC. La captura de la información en formato analógico se realiza a través de escáner, que suministra, en conjunto con imágenes satelitales, capas temáticas que luego se incorporan a un gestor de base de datos relacional, permitiendo su almacenamiento y posterior recuperación. Un visor de mapas en la Web permite la visualización de las capas temáticas desde Internet, en el sitio de mapas de La Red de la Ciencia en Cuba [325], o a través de su portal [326]. La página de inicio de la Mapoteca Digital, ofrece el acceso a enlaces como: noticias, catálogo de metadatos, FAQ, al visor de mapas, entre otros. Dicho visor (fig. 32.10), cuenta con herramientas para el acceso a la información espacial como: explorador de mapas, referencia, paleta de colores para el cambio de fondo, capas activas, leyenda, consulta SQL, ampliación-reducción de imagen, entre otras, que permite una interacción amigable con el usuario común.



FIGURA 32.9. Aspecto del portal de CartoVirtual. (Fuente: Elaboración propia)

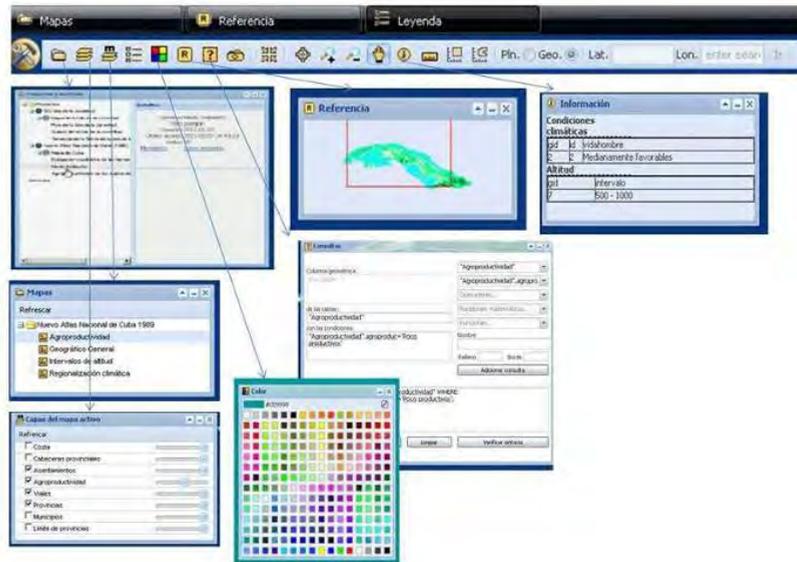


FIGURA 32.10. Visor de mapas. Herramientas para el acceso a la información espacial (Fuente: Elaboración propia)

Se utilizó y probó una arquitectura de *software* y servicio personalizado en la Mapoteca Digital, en la que se emplearon: MapServer, PHP, JavaScript y Postgres-PostGIS como gestor de base de datos relacional, garantizando así la interoperabilidad con otros sistemas.

Como SIG de código libre se utilizó Quantum GIS y gvSIG, paquetes que permiten manejar formatos raster y vectoriales, así como el acceso a geoservicios WMS, WFS, WCS, CSW, entre otras bondades.

32.2.5 Estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos de desastres en Cuba

En la actualidad, el foco de atención de muchos países está en el diseño e implementación de infraestructuras que faciliten el acceso a la IG para la toma de decisiones en diferentes dominios. Uno de los de mayor interés por sus implicaciones económicas y humanas, es la gestión de riesgos de desastres, que tienen especial significación en el área geográfica del Golfo de México, el Caribe y sus islas. Cuba, con una alta incidencia de diversos fenómenos atmosféricos (huracanes, fuertes lluvias, sequías prolongadas y otros), es un ejemplo de ello.

Algunas conocidas experiencias internacionales a nivel global y regional se orientan al uso de estándares del OGC y normas ISO del Comité Técnico 211. Ejemplo de ellas son: la plataforma de las Naciones Unidas para la Información basada en el Espacio para la Gestión de Desastres y la Respuesta de Emergencias (UN-SPIDER) [327]; Red GALEON IE (*Geo-interface to Atmosphere, Land, Earth, Ocean, NetCDF Interoperability Experiment*) [328], Orchestra (*Open Architecture and Spatial Data Infrastructure for Risk Management*) [329], el proyecto Germano-Indonesio referente al Sistema de Aviso Temprano de Tsunami (GITEWS) [330].

En Latinoamérica es relevante señalar el Sistema de Información Andino para la Prevención y Atención de Desastres (SIAPAD) [331], que ha constituido un ejemplo de integración regional por su considerable impulso a la iniciativa de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Comunidad Andina (IDECAN) [332]. Por otra parte, el Sistema Regional de Visualización y Monitoreo (SERVIR) [333] realizado en el Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALAC) [334] en Panamá, tiene una estación operacional en Centroamérica y el Caribe.

En el caso de Cuba, los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos (PVR), se han llevado a cabo por diferentes entidades, respaldados por estructuras organizativas con experiencia y eficacia en la prevención de desastres. Para el logro de una mayor integración, en el año 2005 se encomendó al Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medioambiente (CITMA) y a su Agencia de Medio Ambiente (AMA), la coordinación de estos estudios, así como del impacto ambiental de las situaciones de desastres, creándose el Grupo de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgos (GrupoPVR), al que se integraron diferentes instituciones y grupos de investigación.

Los resultados de las investigaciones están orientados para su utilización en centros de gestión para la reducción de riesgos, y deben servir de base a los planes de contingencia territoriales. Estos centros proveen a su vez información relevante actualizada para la realización de estudios sobre los territorios específicos y la comunidad que los habita.

Un problema común que dificulta el logro de los objetivos propuestos, se relaciona con el acceso y uso de la información (espacial y no espacial) para la estimación del riesgo. Dicha información se caracteriza por la fragmentación de los conjuntos de datos y la diversidad

de fuentes, dado que « involucran un rango de diferentes organizaciones en varios niveles administrativos, con sus propios sistemas y servicios » [335], encontrándose en formatos heterogéneos. Por otra parte, la información responde a objetivos distintos a los que se pretende utilizar, con la dificultad adicional de conocer su existencia, debido a la carencia e implementación de políticas institucionales en este sentido. Son habituales los problemas de conversión sintáctica y semántica.

Para darle solución a esta problemática, un objetivo importante del GrupoPVR es facilitar el acceso y uso de datos e información a las instituciones participantes, así como la divulgación de los resultados de los estudios y pautas de interpretación a los tomadores de decisión, a partir de su inserción en una IDE, como puede ser la del Medio Ambiente (IDEMA).

Las áreas principales de trabajo identificadas para la inserción de la problemática en la IDE de la Agencia de Medio Ambiente se relacionan por una parte con el diseño de políticas de información que provean, dentro del marco jurídico, soluciones a los problemas de financiamiento, coordinación interinstitucional, derechos y obligaciones sobre la propiedad y uso de la información, responsabilidad sobre la actualización y calidad de los datos, y que por otra parte, contribuyan al fortalecimiento institucional.

En relación a los datos, se tienen identificados los datos espaciales fundamentales y temáticos necesarios para los estudios y sus proveedores. Se ha elaborado un glosario de términos utilizados en los diferentes estudios PVR, para un mejor entendimiento semántico. Se trabaja en la creación de modelos conceptuales de geoinformación, metadatos, catálogos de objetos geográficos y ontologías, basados en las normas ISO de la familia 19100.



FIGURA 32.11. Búsqueda en el servicio de catálogo. (Fuente: Elaboración propia)

Un logro importante es la implementación del servicio de catálogo conforme con el estándar CSW de OGC, con acceso para las instituciones y grupos científicos. Sin embargo, su desarrollo se ve frenado por la falta de cultura y políticas de documentación de productos, ya sean geográficos o no. Estas carencias se suplen con la implementación de actividades formativas para capacitar a las instituciones participantes sobre los metadatos. Es necesario impartir formaciones en las normas restantes, y establecer políticas para que se apliquen en las investigaciones.

La IDE del AMA se orienta al uso de la plataforma GeoFOSS (*Geographic Free and Open Source Software*), siendo *GeoNetwork Opensource* lo que se utiliza como editor de metadatos, servicio de catálogo (fig. 32.1) y para el catálogo de objetos geográficos.

Debido a los problemas de conectividad, se ha concebido la implementación de la IDEMA como un modelo de búsqueda centralizada y administración distribuida, basado en la arquitectura de sistemas de procesamiento abiertos distribuidos y soportado en los estándares de interoperabilidad geoespacial (González *et al.*, 2008). Se proyecta la creación de un centro de datos en el Instituto de Geografía Tropical, y el aumento del ancho de banda.

32.2.6 Caso de estudio de una IDE local: el Ayuntamiento de Gijón

El Ayuntamiento de Gijón (Asturias, España) es un buen ejemplo del desarrollo del manejo de IG mediante la construcción de una IDE local. Este proceso estaba enmarcado en el proyecto denominado « Gobierno Abierto » por el que se propone el acceso a información pública haciendo énfasis en los valores de transparencia, participación ciudadana, servicio y eficiencia; y promoviéndose además la innovación y creación de un valor agregado local.



FIGURA 32.12. Visualizador de la IDE de Gijón. (Fuente: Elaboración propia)

En este marco se generó el callejero municipal del Ayuntamiento de Gijón. Esta es una aplicación desarrollada sobre Google Maps. Se disponen diversas informaciones para todo uso con capas de información referidas a temas como: administración, comunicaciones, cultura y ocio, deportes, educación, naturaleza, otros, participación ciudadana, sanidad,

seguridad ciudadana, transporte, turismo. Cada uno de estos ítems son, en realidad, agrupamientos de más de 70 capas donde la información se presenta de forma amena y con un diseño gráfico bien cuidado. Cuando se consulta sobre el visor de mapas algún tema en especial, aparece una fotografía del elemento examinado con sus datos (dirección, teléfono y correo electrónico); en caso de necesidad, se puede acceder a más información sobre la misma ventana de la aplicación (ver fig. 32.12).

Existe la posibilidad de acceder a información dinámica y muestra de ello es el denominado « Bus Gijón », una aplicación para iPhone e iPad que permite saber en tiempo real la posición y tiempo de llegada de los autobuses a cualquier parada (ver fig. 32.13).

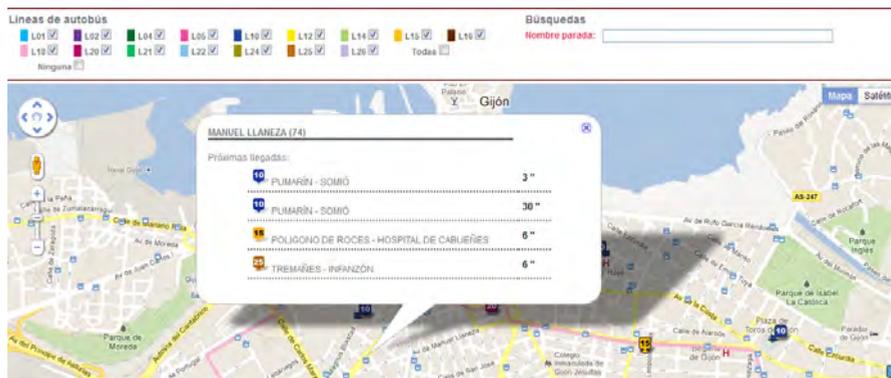


FIGURA 32.13. Servicio de autobuses en tiempo real. (Fuente: Elaboración propia)

En dicha aplicación hay disponibles planos y mapas referidos a callejero, otrofotos, topografía, polígonos industriales, históricos, plan general de ordenanza urbana, entre otros. Es información de interés tanto para un público general como para profesionales. Además de tener esta información asociada a sus metadatos (mediante la herramienta Geonetwork), estas capas se pueden descargar ya que están implementadas a los servicios WMS, WFS, WCS y CSW. Hay otros elementos interesantes como el denominado « A pie de calle », que permite hacer un recorrido virtual mediante fotografías y posibilita realizar acercamientos para ver detalles de las construcciones. Por otro lado, mediante este geoportal, el ayuntamiento brinda la posibilidad a los ciudadanos de solicitar una información determinada, especificando el formato más adecuado para sus intereses.

32.3 Conclusiones

El uso de la IG está motivando desarrollos muy importantes. Con los avances tecnológicos se han implementado varios instrumentos para un uso más seductor de la IG. Moreno [336], señala que estas nuevas posibilidades se basan en herramientas de análisis geográfico que permiten un agregado de valor, provocando con ello un aumento de utilidad. Por otro lado, también se ha dado una difusión de estos métodos más amplia, probablemente debido

a las aplicaciones y a la agilidad con la que pueden presentarse los resultados, aproximando cada vez más la conceptualización de los problemas y las formas de abordarlos y resolverlos.

Por su parte las IDE no sólo tratan de coordinar acciones entre diversos productores, sino que pretenden satisfacer también necesidades concretas de ciertos grupos de usuarios que necesitan actuar en el mundo real. Este propósito ha hecho que los objetivos de las IDE se hayan ido ampliando debido a una demanda cada vez mayor, lo que ha impulsado establecer nuevos vínculos entre los productores y los usuarios de estos servicios. Por ello, las instituciones deben tener presente nuevas estrategias de acceso a los productos. Muchas veces, incluso requiriendo incorporar nuevas tecnologías y formas más ágiles de conexión, siendo estos factores claves para el posible éxito de un acceso cómodo y con menos dificultades.

En Internet existen varios listados de posibles aplicaciones de este tipo de tecnologías: WebCastle [337] y GINIE [338]. En este capítulo se mostraron algunos ejemplos sin pretender que fueran representativos de todo el abanico de posibilidades. Estos casos apuntaron a mostrar la diversidad que se pueden generar tanto a nivel nacional como local, en diversas áreas. Seguramente en un futuro próximo este tema tomará un impulso mayor aún, por lo que habrá que estar preparado para poder atender a un público más numeroso y exigente.

CAPÍTULO 33

UNA APLICACIÓN ESPECÍFICA DE LAS IDE: LA INFORMACIÓN AERONÁUTICA

Javier Moya Honduvilla¹, Willington Siabato², José A. Santos Mondragón³

^{1,2}LatinGEO, Grupo de Investigación Mercator, Universidad Politécnica de Madrid, España

³Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea (COCESNA), Honduras.

^{1,2}{j.moya, w.siabato}@upm.es, ³amondragon@cocesna.org

Resumen. El conjunto de actividades ligadas al transporte aéreo se ha convertido, a nivel global, en una importante fuente de recursos económicos, generación de empleo e incremento de la calidad de vida de los ciudadanos. Sin embargo, la situación crónica de saturación del espacio aéreo y de los propios aeropuertos limita enormemente el potencial crecimiento económico mundial basado en este sector estratégico del transporte. Como efecto colateral de esta saturación, se producen graves daños medioambientales debidos fundamentalmente, a la emisión directa a la atmósfera de mucha mayor cantidad de gases de efecto invernadero de la estrictamente necesaria. La solución al problema no es abordable exclusivamente a través de la construcción de nuevas infraestructuras aeroportuarias o la ampliación de las ya existentes. Los organismos mundiales relacionados con la aviación civil han diagnosticado que la forma anacrónica en la que actualmente se está gestionando la información aeronáutica (IA) impide que los proveedores de servicios de navegación aérea puedan tratar de forma eficiente y segura un mayor volumen de tránsito aéreo en el mismo espacio y lapso de tiempo. En definitiva, se advierte que la actual falta de eficiencia de la gestión de IA constriñe de forma notable el verdadero potencial del sistema aéreo mundial. Para solucionar este problema, se encuentra en marcha un ambicioso programa de trabajo que pretende mejorar la situación actual, dando respuesta a la necesidad de una interoperabilidad mundial desde un punto de vista análogo al que promueven las IDE en otros campos temáticos. Denominado genéricamente transición de AIS (Servicios de Información Aeronáutica) a AIM (Gestión de la Información Aeronáutica), este proceso está liderado por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), encargada de su tutela y coordinación con los estados para evitar en lo posible evoluciones divergentes. Basada en la futura puesta en marcha de un modelo mundial de intercambio de datos aeronáuticos normalizados, el avance de esta iniciativa está obligando a los servicios AIS a replantearse la forma en la que, hasta el momento, publican y difunden el contenido de las denominadas Publicaciones de Información Aeronáutica (AIP). Todavía hoy (mediados de 2011), las AIS publican su cartografía en formato papel y estos mapas son de uso obligatorio en todos los vuelos de transporte de pasajeros que realicen las compañías aéreas. Aunque nada impide que los pilotos puedan llevar otra información adicional en instrumentos electrónicos propios (ordenadores portátiles, teléfonos, tabletas tipo iPad, y otros), el uso de los mapas en papel sigue siendo obligatorio. Esto arrastra algunas consecuencias relacionadas con su manejo (la cabina del piloto es muy pequeña), con la lectura de los mapas (hay cada vez más información en los mapas), con su actualización (hay que versionar constantemente los mapas para incorporar novedades con el gasto de impresión y distribución que supone) y con otros aspectos que pueden ser fácilmente

mejorables por medio de las tecnologías emergentes, como por ejemplo el acceso ubicuo a la información espacial más actual. Entre los cambios que impulsará la iniciativa del cambio de AIS a AIM, está el que los mapas usados por los pilotos y otros técnicos de IA, dejarán de concebirse como productos terminales y cerrados para evolucionar hacia el conocido formato de datos distribuidos e interoperables que auspician las IDE, logrando con ello integrar la información, contenida en la definición de diferentes flujos de trabajo dentro del campo aeronáutico, de forma directa, transparente y eficiente.

Palabras Clave: Navegación aérea, Información Geográfica Aeronáutica (IGA), Servicios de Información Aeronáutica (AIS), Gestión de la Información Aeronáutica (AIM), Gestión del Tránsito Aéreo (ATM).

33.1 Introducción

El presente capítulo tratará de analizar un escenario de aplicación específica de las IDE en un sector tradicionalmente aislado como es el de la Información Geográfica Aeronáutica (IGA). Para ello se presentarán las características de la información cuya gestión y difusión está siendo sometida a reinterpretación; los problemas y necesidades que deberá abordar la comunidad internacional; los planes de acción que se encuentran en desarrollo para tal fin, para terminar con la metodología encadenada y específica en la que se prevé que el concurso de IDE puede ayudar de forma significativa a alimentar de forma eficiente los diversos sistemas tecnológicos que dan cobertura a todos los segmentos aeronáuticos, cada vez más interrelacionados entre sí.

33.2 La información aeronáutica

Con el objetivo de garantizar la seguridad de cualquier aeronave en tránsito, desde mediados del siglo XX las autoridades de aviación civil (encabezadas a nivel mundial por la OACI) han sistematizado progresivamente el uso del denominado espacio aéreo, definido de forma genérica como la porción de la atmósfera terrestre, tanto sobre tierra como sobre agua, regulada por un país en particular (Calvo, 2003). El espacio aéreo no tiene límites tangibles, pero presenta determinados límites inmateriales, del mismo modo en que otras actividades humanas disponen sobre el territorio diversos tipos de fronteras administrativas. Estos límites definen una serie de sectores, clasificados por la OACI en espacios aéreos controlados, no controlados, espacios aéreos de uso especial, y otros (ICAO-OACI, 2005). La tipología concreta del espacio aéreo se define dependiendo de diferentes factores, tales como el movimiento de aeronaves, el propósito de las operaciones que se desarrollan, y el nivel de seguridad requerido.

33.2.1 El sistema de navegación aérea

No es posible evolucionar dentro del espacio aéreo sin asumir la tutela por parte de un sistema de control. En consecuencia, los usuarios del espacio aéreo deben atender en todo momento a un complejo sistema normalizado de navegación aérea compuesto de distintos

segmentos (fig. 33.1). Como contrapartida se les brindan diferentes servicios de información absolutamente necesarios para garantizar una navegación segura y eficiente dentro del espacio aéreo (Moya *et al.*, 2010).



FIGURA 33.1. Esquema del actual sistema normalizado de navegación aérea, combinación de tres segmentos: elementos, dominios y servicios. (Fuente: Basado en Calvo, 2003).

33.2.2 La información para la navegación aérea

Según establece la propia OACI, los datos aeronáuticos son la representación de hechos, conceptos o instrucciones aeronáuticas que, de manera formalizada, pueden comunicarse, interpretarse o procesarse. Se considera IA al resultado sintetizado de la agrupación, análisis y formateo de datos aeronáuticos indispensables para la navegación aérea (ICAO-OACI, 2004). Existe una amplia gama de datos aeronáuticos que deben ponerse a disposición de todos los segmentos del sistema de navegación aérea de forma normalizada, y todo ello a través de distintos formatos e instrumentos que poseen unos determinados requisitos de calidad y de actualización.

Algunas de las entidades más usuales en el ámbito de los datos de navegación son las regiones de información de vuelo, los espacios aéreos controlados (aerovías, reservas, áreas y zonas de control de tránsito, etc.), los aeródromos, las radio-ayudas a la navegación, etc. Junto con la definición general del relieve y la situación geográfica de las vías de comunicación (ICAO-OACI, 2001), se considera a este conjunto de entidades aeronáuticas esencial para la navegación, por lo que sus elementos deben presentarse al usuario de forma concisa y definitiva a través de la caracterización precisa de sus componentes espaciales (localización y estructura geométrica), y de sus atributos (identificación administrativa, radiofrecuencias y límites operacionales asociados, temporalidad, etc.) (ICAO-OACI, 2004).

33.2.3 Los Servicios de Información Aeronáutica (AIS)

Cada uno de los estados firmantes del Convenio sobre Aviación Civil Internacional de OACI, debe designar a una institución nacional prestataria de servicios de tráfico aéreo y de provisión de información aeronáutica, tanto en el espacio aéreo propio como en las áreas marítimas internacionales de su responsabilidad, siempre de modo coordinado con la OACI (ICAO-OACI, 2004). Como consecuencia, los AIS, nacionales encargados de recibir, almacenar, organizar, editar, formatear, publicar y distribuir a través de diversos medios los datos aeronáuticos son necesarios para garantizar la seguridad, regularidad y eficiencia de la navegación aérea mundial. Como una amplia mayoría de la información manejada tiene como variable esencial de su definición la localización espacial, es factible incorporarlos en forma estructurada a una IDE.

33.2.4 La cartografía aeronáutica

Para que las operaciones aéreas se lleven a cabo con eficiencia y seguridad, es esencial disponer en todo momento de una fuente completa, sintetizada y autorizada que recoja de forma fácil, condensada y coordinada los datos de navegación esenciales anteriormente comentados (ICAO-OACI, 2001). Tradicionalmente, el formato o producto final consagrado para tal fin son las denominadas cartas aeronáuticas, consideradas por la mayoría de los segmentos aeronáuticos, referencia básica para la planificación, el control de tránsito aéreo y la navegación (ICAO-OACI, 2001). En consecuencia, es de vital importancia que las cartas actualizadas y precisas puedan llegar con rapidez a manos de los usuarios. Por ejemplo, las tripulaciones de vuelos comerciales que usualmente operan bajo el concepto de *Gate to Gate* o ‘puerta a puerta’ (fig. 33.2), necesitan de forma sistemática información cartográfica (fig. 33.3) desde el momento en el que la aeronave inicia el movimiento hasta que se detiene al llegar a su destino.

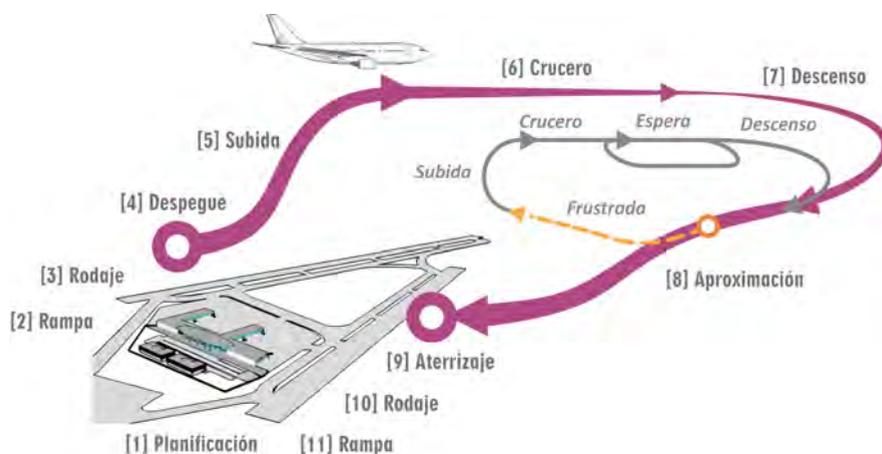


FIGURA 33.2. Concepto Gate to Gate. Fases de vuelo. (Fuente: Elaboración propia a partir del Documento 9854 de ICAO- OACI, 2005)

y semiautomáticos (almacenamiento, ordenación, edición, publicación, etc.), además de abundantes intervenciones manuales (Valdés *et al.*, 2010).

33.3.1 Problemas existentes

Comienza a ser común en todos los AIS que la información se almacene electrónicamente en forma de bases de datos. Pese a ello, el panorama actual evidencia (a) una clara falta de armonización y de normalización de la información, (b) la existencia de soluciones tecnológicas locales no interoperables que imposibilitan establecer bases de datos y servicios distribuidos, e incluso (c) evidentes problemas de incompatibilidad de distintas definiciones de datos entre diferentes dependencias dentro de una misma organización.

En cuanto a la transmisión de información, y aún estando extendida la elaboración sistemática de productos digitales similares a los equivalentes en versión papel, los AIS todavía se encuentran lejos de instaurar metodologías para la transmisión inmediata de información digital distribuida. Por ejemplo, la información de cambios de última hora de las AIP se notifica en primera instancia a los usuarios mediante los denominados *Notice To Airmen* (NOTAM), que son materializados en forma de mensajes télex transmitidos por medio de una red de telecomunicaciones fijas aeronáuticas. Como los NOTAM no soportan la transmisión extensa de información gráfica o digital, se fuerza a los usuarios del sistema a gastar un valioso tiempo buscando estas notas entre los listados continuos del fax, hasta que estén disponibles los correspondientes suplementos AIP impresos [341].

33.3.2 Requisitos básicos no alcanzados por las AIS

La información que recopilan, verifican y difunden los distintos AIS debería garantizar en todo momento su exactitud e integridad. Debería estar siempre actualizada y tener, además, la propiedad de poder consultarse en cualquier momento desde cualquiera de los componentes del sistema internacional de navegación aérea. Dicha información debería estar disponible en formatos normalizados a nivel mundial, que deberían permitir a su vez, el tratamiento, almacenamiento y extracción automática de los datos a través de diferentes servicios. Esta inmediatez es vital para una mejora efectiva de la predictibilidad de las operaciones como, por ejemplo, los datos exactos de retrasos y congestión de tráfico, los tiempos de rodaje precisos, etc.

Desde un punto de vista práctico para las tripulaciones de vuelo, éstas deberían tener acceso inmediato a la información relevante antes del vuelo y durante éste. Además, la información debería suministrarse en formatos fácilmente comprensibles y que permitiesen filtrar y personalizar la información en función de las necesidades específicas. Esta visión dista bastante de las cartas en papel y productos digitales actuales: cerrados y sin posibilidad de comunicarse de forma interoperable con fuentes de información certificables y constantemente actualizadas (ICAO-OACI, 2009).

33.3.3 El plan mundial de interoperabilidad

Para superar la situación descrita y cumplir de forma razonable los requisitos básicos descritos, el Congreso Mundial de AIS de 2006 celebrado en Madrid (EUROCONTROL,

2006), comenzó a definir un panorama general con la forma y contenido de una hoja de ruta. Esta actividad, denominada genéricamente «Transición de AIS a AIM», pretendía evolucionar de forma coordinada de unos AIS centrados en el producto (como las cartas aeronáuticas publicadas actualmente en formato papel y digital) a una AIM centrada en los datos, de mayor alcance, uniformidad y eficiencia, basada en la administración de la información a escala del sistema y en apoyo de todos los componentes operacionales del complejo sistema de navegación mundial (ICAO-OACI, 2009).

La hoja de ruta de esta transición se divide en tres fases: una primera de consolidación centrada en requisitos de calidad y distribución eficiente de datos digitales referentes a obstáculos y terreno; una segunda fase de paso al entorno digital dedicada a implicar institucionalmente a todos los países en el uso de bases de datos estructuradas y de SIG para el tratamiento de la información; y una tercera y última fase de gestión de la información, centrada en el desarrollo de nuevos productos y servicios. En 2011 el proceso se encuentra en la fase dos (paso al entorno digital), estableciendo noviembre de 2016 como fecha prevista para el fin de la transición. Para tutelar en lo posible el proceso y evitar divergencias entre estados y regiones, OACI crea en 2008 el grupo *AIS-AIM Study Group* [342], designado para estudiar la evolución de los AIS en la nueva visión que establece esta ambiciosa hoja de ruta.

33.4 El concurso de las IDE en la transición hacia una gestión global

Varias cuestiones relacionadas con las IDE han incidido o van a incidir en los cambios en los que la IA está implicada: la necesidad de metadatos de IA, la creación de catálogos que pongan en valor los metadatos anteriores y la creación de nuevos geoservicios basados en esa información.

33.4.1 Metadatos, claves para la catalogación de la información

Desde el punto de vista de las IDE, la generación de metadatos es el paso inicial en el proceso de adaptación a la nueva filosofía de formatos digitales interoperables, ya que su concurso permite que los usuarios, los procesos y las aplicaciones puedan conocer de antemano la descripción de la información a la que van a acceder. Gracias a ello, cualquiera de los segmentos aeronáuticos podrá optimizar así innumerables procesos de coordinación y búsqueda que puedan acontecer en la gestión de la IGA (Rodríguez *et al.*, 2009).

El conjunto temático de datos y de IA debe tener un elenco propio y estandarizado de descriptores. Este compendio es el «perfil de metadatos específico». Varias instituciones internacionales relacionadas con la IA han creado diferentes perfiles específicos con intención de asumir esta necesidad [340]. A este respecto, el AIS de España, conjuntamente con la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), ha materializado un perfil propio de metadatos (fig. 33.4) que, además de cubrir las necesidades específicas de descripción de su información, tiene un carácter de largo recorrido al estar ideado como base para la consecución de una IDE Aeronáutica Nacional en España (Rodríguez *et al.*, 2009). Cumpliendo la Norma ISO 19115, el perfil de metadatos de Aena-UPM incluye todos los elementos del núcleo de

la norma ISO, las reglas de implementación de la Directiva Europea INSPIRE, así como los elementos del NEM [343].

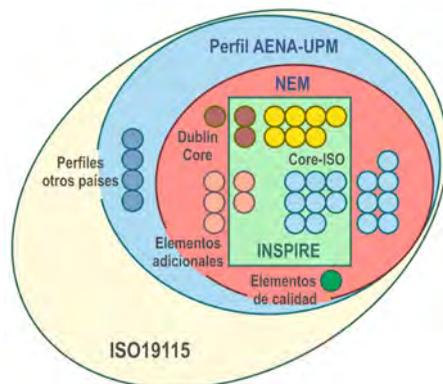


FIGURA 33.4. Esquema conceptual del Perfil Específico de Metadatos Aena-UPM. (Fuente: Basado en Rodríguez *et al.*, 2009)

Paralelamente, y con vistas a garantizar el intercambio normalizado de información entre los distintos estados, los grupos de interés como EUROCONTROL, FAA, OGC, etc., impulsan entre sus propios miembros la necesidad de crear un perfil de metadatos único para todos los países que supere las soluciones locales y garantice el intercambio normalizado de información entre estados. A este respecto, actualmente se está proyectando un perfil internacional basado en el creado para el modelo de intercambio AIXM 5.1 [344] y el propuesto por la UPM para Aena. Este perfil deberá oficializarse por OACI para, posteriormente, comenzar a integrarse en las actividades que realicen los distintos AIS mundiales.

33.4.2 Catálogos de información aeronáutica

La puesta en valor de los metadatos generados por los AIS (constituidos como uno de los tres pilares básicos de las IDE junto a los datos y los servicios), implicará la creación de catálogos que permitan gestionarlos, consultarlos, visualizarlos y descargarlos, siempre a través de una conexión en línea que conecte almacenes de datos distribuidos (fig. 33.5). Por medio de este tipo de herramientas, se pueden explotar todas las posibilidades que proporcionan los metadatos, tales como la localización de IG, el análisis de sus características y el acceso y uso del conjunto de datos (Fenoll y Moya, 2010).

Los catálogos aeronáuticos deberán permitir el acceso a distintos nodos o puntos de acceso a través de los cuales se puedan localizar recursos ajenos de otras AIS nacionales. Así, y gracias a especificaciones tipo CSW de la OGC [345], será posible realizar búsquedas en otros catálogos y visualizarlos como si fuesen datos propios. Esta posibilidad encaja a la perfección con la característica de globalidad de IA que desea fomentar la transición de AIS a AIM (ICAO-OACI, 2009) permitiendo que desde un mismo nodo de búsqueda

—proporcionado por ejemplo por una IDE nacional— se pueda acceder a los datos de distintas AIS mundiales con la única condición de que se compartan estandarizaciones OGC y protocolos de conexión. Llevado este escenario a un caso práctico, se podría acceder a las cartas aeronáuticas de distintos países correspondientes a un determinado plan de vuelo internacional desde un único punto de información AIS de cualquier país, sin que este servicio tuviese la responsabilidad de publicar la información aeronáutica ajena a su propia jurisdicción territorial.



FIGURA 33.5. Catálogo de Información GeoAeronáutica Aena-UPM. Permite buscar y consultar las características de las diferentes series de cartas editadas en España (Fuente: Fenoll y Moya, 2010)

33.4.3 Creación y explotación de servicios

Una vez establecidas las bases de la catalogación de IA en forma estandarizada, queda el camino expedito para la creación de diversos grupos de funciones para la explotación y representación de datos aeronáuticos básicos, comúnmente establecidos como servicios en una IDE. Las necesidades en el mundo aeronáutico con respecto a la mejora de ATM (fig. 33.6) mediante la concepción, creación y prestación de servicios especializados e interoperables son ingentes: sirva de ejemplo que hacia el año 2020 Europa espera triplicar la capacidad de su espacio aéreo, aumentar por un factor de 10 el nivel de seguridad, reducir en un 10% el impacto medioambiental por vuelo y disminuir a la mitad los costes de gestión con respecto a la situación actual (Moya *et al.*, 2010).



FIGURA 33.6. Provisión de servicios de ATM esperados en el futuro concepto operacional de Gestión de la Información aeronáutica (AIM) (Fuente: Elaboración propia a partir de ICAO-OACI, 2009)

Es previsible que en el ámbito aeronáutico se generalice la implantación y uso de servicios de mapas (WMS) y de coberturas geográficas (WCS), como métodos apropiados para compartir, distribuir, presentar y consultar IA (fig. 33.7). Este tipo de servicios pueden explotar no sólo datos eminentemente geográficos, sino cualquier otro tipo de datos georreferenciados, incluyendo aquellos que actualmente se difunden mediante boletines específicos en formato exclusivamente textual como (a) los NOTAM o reportes de información de última hora; (b) METAR o reportes meteorológicos de aeródromos; (c) SNOWTAM o reportes sobre contaminación de pistas por nieve; (d) ASHTAM o reportes sobre la existencia de nubes de ceniza volcánica, etc. Si a todo ello se suma la posibilidad de instaurar servicios WPS de análisis complejo capaces de procesar y devolver información en base a requisitos personalizados, se presenta un amplio abanico de posibilidades para el mundo aeronáutico cuya evolución real aún no se ha cuantificado (Siabato *et al.*, 2009).

En cualquier caso, los distintos servicios no deberían concebirse como elementos individuales de acceso a la información (repitiendo así el modelo actual que pretende superarse); su gran potencial radica en la capacidad para integrarse de forma transparente entre ellos, aumentando así sus posibilidades dentro de los numerosos flujos de trabajo que pueden crearse para cada segmento concreto del sistema de navegación actual.



FIGURA 33.7. Integración de distintas capas de información mediante el visor del Servidor de Datos Aeronáuticos del convenio Aena-UPM (Fuente: Fenoll y Moya, 2010)

Ejemplo de ello es el servidor de datos aeronáuticos de Aena-UPM [346], basado en estándares y especificaciones de OGC, EUROCONTROL, ICAO y W3C. El mismo se articula por medio de tres componentes principales, cuya suma constituye un sistema único que recoge de modo coordinado necesidades de distintos perfiles de usuarios: (a) un servicio de acceso restringido y seguro que permita al personal del AIS de Aena, utilizando exclusivamente un navegador web cualquiera, explotar su base de datos institucional y realizar sobre ella un gran número de procesos internos; (b) un conjunto de herramientas y vistas, basadas en tecnologías de servidores de mapas, con la que las tripulaciones de vuelo puedan acceder a capas específicas de datos, combinarlas con libertad y visualizarlas de forma interactiva y personalizada, añadiendo además funciones complementarias como sindicación GeoRSS de NOTAM, información meteorológica METAR, etc.; y por último (c) un grupo de geoservicios (actualmente en desarrollo) enfocados al soporte de las necesidades especializadas de información y geodatos aeronáuticos de usuarios con funciones específicas en el ámbito de la gestión y control del tránsito aéreo ATM [346]

33.5 Conclusiones y perspectivas futuras.

Con objeto de dar cabida al crecimiento previsto de la demanda de tráfico aéreo mundial, se están acometiendo modificaciones significativas en las técnicas y conceptos de su gestión, en especial, en todo lo referente al acopio, tratamiento y difusión de IA. El cambio más evidente quedará plasmado en la futura capacidad de las AIS nacionales para lograr que los

diferentes actores del sistema de navegación aérea mundial puedan disponer de productos de IA en formato gráfico, basados en una misma definición subyacente estándar de datos elementales georreferenciados, con un mismo nivel de calidad y con la garantía de una actualización de la información prácticamente inmediata.

Además del acuerdo sobre la estandarización de datos aeronáuticos, la información deberá crearse o tratarse digitalmente siguiendo unos estándares que la hagan interoperable a nivel geográfico. Esto se conseguirá partiendo de la creación de metadatos aeronáuticos siguiendo las indicaciones de un perfil de metadatos estándar y atendiendo a los estándares específicos que provee la OGC para la información geoespacial. Una vez que se alcance el objetivo de disponer de datos geo-aeronáuticos derivados de distintas bases de datos AIS normalizadas, se obtendrá una serie de beneficios específicos, entre los que destacan la disminución de la duplicidad de datos, la reducción de costes de producción y la optimización de los recursos disponibles.

Siguiendo la hoja de ruta marcada por la OACI, se espera que la creación de un conjunto coordinado de servicios agrupado en torno a una estructura interoperable y distribuida, permita a los diferentes actores y usuarios de IA tener acceso a datos en tiempo real y con la garantía de estar actualizados en todo momento. Este conjunto de servicios, además de tener la capacidad de alimentarse con datos propios, será capaz de buscar, procesar, combinar y visualizar datos geoespaciales de cualquier base de datos que cumpla unos estándares comunes. A través de este paradigma IDE, pilotos, controladores y gestores recibirán así asistencia mediante nuevas funciones automatizadas con objeto de facilitar su trabajo y poder llevar a cabo complejos procesos de adopción de decisiones, reduciendo así al mínimo las limitaciones actuales de la organización del espacio aéreo mundial.

CAPÍTULO 34

EDUCACIÓN Y FORMACIÓN EN EL CONTEXTO DE LAS IDE

María Ester Gonzalez¹, Homero Fonseca Filho², Miguel-Ángel Bernabé³

^{1,3}LatinGEO, Grupo de Investigación Mercator, Universidad Politécnica de Madrid, España

²Laboratório de Computação Geoespacial, Universidad de São Paulo, Brasil.

^{1,3}{ester.gonzalez, ma.bernabe}@upm.es, ²homeroff@usp.br

Resumen. En este capítulo se hace referencia al papel de la educación en el contexto de las IDE, considerando que la demanda de recursos humanos capacitados es fundamental para su puesta en marcha, así como la generación de estrategias que contribuyan a su difusión y acercamiento a los distintos niveles educativos. Se indaga en la normativa relacionada con IDE para identificar qué papel se le asigna a la educación. En particular INSPIRE apoya implícitamente la importancia de la educación y formación en el marco de las instituciones y organizaciones. Mucho más explícitas son las recomendaciones lanzadas desde instituciones y organizaciones tanto latinoamericanas como globales, como es el caso de la IDE de España, la INDE de Brasil, la iniciativa GSDI, el OGC, el IPGH o el CP-IDEA. En algunos de estos casos, las organizaciones disponen de material de apoyo a la docencia en forma de videos instructivos, listas de discusión, cursos y material docente e incluso creando instituciones al efecto como es el caso del OGC *Interoperability Institute*. Se mencionan algunas estrategias que han permitido dar respuesta a la demanda de formación en materia de IDE en el ámbito universitario así como el acercamiento a otros niveles educativos, específicamente a la Educación Secundaria Obligatoria de España. Para el ámbito universitario, hay que citar el esfuerzo realizado por el IGN de España que ha apostado por el apoyo a universidades españolas con el fin de desarrollar contenidos, impartir cursos presenciales y a distancia, y ponerlos en formatos *OpenSource* que sirvan para impartir docencia más allá de las fronteras del país. Este libro es un ejemplo de ese esfuerzo. Para el ámbito de la enseñanza secundaria, el IGN de España ha puesto en marcha proyectos para introducir las IDE en ese nivel ofreciendo a los profesores material desarrollado con este fin para iniciar la experiencia. Se presentan algunas alternativas metodológicas de aprendizaje (aprendizaje basado en problemas y orientado a proyectos) y modalidades educativas (*b-learning* y *e-learning*) con una serie de recursos educativos de referencia susceptibles de ser utilizadas para la formación en IDE. Finalmente, se presentan unas breves conclusiones haciendo hincapié en la necesidad de dar a conocer a los ciudadanos las potencialidades de las IDE a través de distintas estrategias de formación y difusión orientadas a los distintos niveles educativos con la colaboración de instituciones relacionadas con la IG.

Palabras Clave: Educación, Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), Información Geográfica (IG), Formación, Universidad, Educación Secundaria Obligatoria, metodologías de aprendizaje, modalidades educativas, recursos educativos.

34.1 Introducción

La implementación de las IDE a distintas escalas (internacional, regional, nacional y local) representa un proyecto ambicioso que implica un compromiso de participación y colaboración importante a nivel institucional y gubernamental. En este contexto, el ámbito educativo no puede permanecer ajeno y debe realizar su aportación.

Con el objetivo de destacar el papel de la educación para implementar, difundir y utilizar las IDE, se presenta este capítulo constituido por dos partes bien diferenciadas.

En la primera parte, se menciona la importancia de la educación en el marco de normativas relacionadas con las IDE y se citan algunas de las instituciones y organizaciones internacionales y latinoamericanas relacionadas con IG, que a través de distintas acciones y estrategias contribuyen a la educación en IDE.

La segunda parte del capítulo, está enfocada a la formación y difusión de las IDE en los distintos niveles educativos. Se incluye un breve resumen con sugerencias sobre metodologías de aprendizaje, modalidades educativas y recursos educativos susceptibles de ser utilizados para la formación.

34.2 La Educación en el desarrollo de las IDE

La puesta en marcha de las IDE se ha visto respaldada por la aprobación de normativas específicas (dictámenes, directivas, decretos, leyes, etc.) y el apoyo de organizaciones nacionales, regionales e internacionales así como asociaciones, consorcios y agencias que realizan aportes técnicos, generan foros de colaboración y cooperación, apoyan proyectos, etc. Este marco lleva implícito la necesidad de disponer de recursos humanos capacitados que, desde su lugar, contribuyan a su desarrollo e implementación.

34.2.1 Importancia de la educación en la normativa IDE

En el contexto europeo el referente normativo es la Directiva europea INSPIRE [347], pero en la misma no se hace mención explícita a la educación como estrategia para la puesta en marcha de la IDE europea o de los estados miembros. Sin embargo, en los documentos del proyecto GINIE [348] se hace referencia a la educación y a la formación como elementos fundamentales para el desarrollo del proyecto IDE y para lograr un uso eficaz de la IG. El Informe directivo D 3.8.2 (a) de enero de 2004, menciona que además de la tecnología y datos que requiere la puesta en marcha de las IDE, los recursos humanos capacitados son necesarios: «Las personas son esenciales para el proyecto en su conjunto, no sólo por su capacidad para acceder, entender, y usar la IG eficazmente, sino también por su habilidad para aprovecharse de los recursos de información para su desarrollo personal y el de la sociedad... » [349]. En las conclusiones de este proyecto, ya se afirmaba la necesidad de desarrollar una infraestructura estratégica para contribuir al desarrollo de la sociedad de la información y la economía del conocimiento. Asimismo, entre las conclusiones se destacaba la atención insuficiente que se prestaba a la necesidad de educación, formación e investigación en el contexto europeo para lograr el éxito y obtención de beneficios en la puesta en marcha de las IDE [350].

En el marco de INSPIRE y de la Ley 14/2010 de España sobre las infraestructuras y los servicios de la IG, se explicita que el acceso a la misma contribuirá a la evolución de la sociedad de la información y del conocimiento. Si se parte de que « El concepto de “sociedad de la información” (...) está relacionado con la idea de la “innovación tecnológica”, mientras que el concepto de “sociedades del conocimiento” incluye una dimensión de transformación social, cultural, económica, política e institucional, así como una perspectiva más pluralista y desarrolladora » [351] y que los fundamentos de esta sociedad no se pueden reducir sólo a los adelantos tecnológicos (Krüger, 2006), sino que además se debe garantizar el acceso a las fuentes, contenidos e infraestructuras de información (Bindé, 2005), se puede afirmar que la puesta en marcha de las IDE contribuirá al desarrollo de la sociedad de la información y el conocimiento, garantizando el acceso a IG actualizada a través de Internet. Esto queda reflejado en la Ley 14/2010 citada. Manifiesta así su interés por la IG en distintos ámbitos (públicos y privados) para diversas aplicaciones no previstas inicialmente, lo que se considera un gran potencial para el desarrollo de la sociedad del conocimiento [352].

Si se considera que la disponibilidad y garantía de acceso a la IG a través de las IDE representa una forma de contribuir a la evolución de la sociedad de la información y el conocimiento, se está mencionando implícitamente que la educación en materia de IDE cumplirá un rol fundamental para llegar a distintos ámbitos (públicos y privados), y a la sociedad en general.

En el contexto latinoamericano, los países se encuentran en el proceso de generar políticas de difusión, utilización y acceso a la IG y de la creación de normativas legales que determine la obligatoriedad de la puesta en marcha de las IDE. En este proceso, se destaca la demanda de capacitación y formación expresada en las acciones de instituciones y comités específicos. Un ejemplo concreto, es la normativa relacionada con la institución legal de INDE Brasil [353], que en el plan de acción para su implantación, incluye un capítulo dedicado a la formación y capacitación de recursos humanos. Este plan presenta un enfoque orientado a los productores, proveedores, administradores y usuarios de IG, destacándose la necesidad de implementar un sistema de gestión del conocimiento como parte de la infraestructura para apoyar la creación de capacidades y la formación de la INDE.

34.2.2 Importancia de la educación en IDE en instituciones y organizaciones

A nivel global y de Latinoamérica en particular, se encuentran diversas instituciones, organizaciones, asociaciones, etc. que contribuyen a la puesta en marcha de las IDE. Aquí se mencionarán tres de las más importantes a nivel internacional (GSDI, OGC e IPGH) y una latinoamericana (CP-IDEA).

- ***Global Spatial Data Infrastructure (GSDI)***

GSDI es una asociación de organizaciones, agencias, firmas comerciales y personas de todo el mundo, que tiene la finalidad de promover la colaboración y la cooperación internacional para apoyar el desarrollo de las IDE [354].

Entre las diversas acciones que realiza GSDI, se destaca el apoyo y la financiación de proyectos y programas que respaldan la formación interdisciplinaria, la educación y las ac-

tividades de investigación [355]. A estas acciones se suma la difusión de noticias, avances, desarrollos, etc. a través de publicaciones y eventos (Newsletters, conferencias, etc.) y la disponibilidad de documentos de interés para la formación: videos instructivos [356] y listas de discusión de carácter temático y regional [357].

- ***Open Geospatial Consortium (OGC)***

Es un consorcio internacional integrado por empresas, agencias gubernamentales, organizaciones de investigación y universidades que participan en el desarrollo público de especificaciones y estándares relacionados con la IG [358].

En el OGC, la formación de profesionales es un compromiso conjunto con las instituciones de cada país que llevan adelante iniciativas IDE.

En la Web oficial se encuentran recursos susceptibles de ser utilizados para la formación, como por ejemplo:

- a) Los manuales de buenas prácticas (OGC- *Best Practices*) [359].
- b) El material al que sólo tienen acceso sus afiliados para uso interno (OGC *Training Material*) [360].
- c) Una lista de distribución para intercambiar información [362].

En OGCNetwork [362] hay disponibles recursos relacionados con los estándares geoespaciales que incluyen: enlaces a cursos, documentos, artículos, presentaciones, foros de discusión, videos, etc. A esto se suman las acciones que se realizan a través del OGC *Interoperability Institute* [363], orientadas a fomentar la transferencia de conocimientos en materia de especificaciones y estándares, colaborar en la elaboración de planes de estudios y materiales de apoyo a la educación para la creación y mejora de la interoperabilidad. Por otra parte, el grupo de trabajo universitario de OGC [364] cumple un papel muy importante en la formación y organización de un grupo académico que aconseja a la comunidad universitaria sobre tecnologías, estándares y políticas relacionadas con los programas del OGC (desarrollar, intercambiar y publicar recursos educativos).

- ***Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH)***

Este instituto es un organismo internacional, científico y técnico de la Organización de los Estados Americanos, que se dedica a la generación y transferencia de conocimiento en materia de cartografía, geografía, historia y geofísica [365].

El IPGH apoya y financia proyectos que contribuyan a la formación de recursos humanos en materia de IDE, como se especifica en la Agenda del IPGH 2010-2020 [366].

En el Decálogo [367] para la implementación de la mencionada agenda, se destaca el establecimiento de un programa de actividades para apoyar a los institutos geográficos en sus procesos de formación de recursos humanos. Por otra parte, se destaca el vínculo establecido con España a través de la Red Iberoamericana de infraestructuras de IG R3IGeo [368], que menciona en su estatuto de constitución que una de sus competencias es la formación y capacitación de técnicos a través de cursos y proyectos formativos.

- **Comité Permanente de las IDE de las Américas (CP-IDEA)**

El Comité Permanente CP-IDEA tiene entre sus metas distintas estrategias orientadas al establecimiento de una infraestructura de datos geoespaciales en la región de las Américas [369]. En la definición de plan de trabajo 2010- 2013, el Comité incluye la creación de capacidades institucionales, educación y formación, destacando la necesidad de realizar un diagnóstico para identificar necesidades de capacitación, recopilar ofertas de cursos disponibles en los países miembros, etc. y a partir de los resultados poner en marcha un plan de formación [370].

En la Web oficial se dispone de documentación e información en materia de IDE, como documentación relacionada con su conceptualización; normativas para regular la generación, integración, acceso, distribución, uso de datos espaciales y otros.

34.3 Formación en IDE

La formación de profesionales y técnicos especializados en materia de IDE es una demanda concreta a la que las universidades deben dar respuesta. Por otra parte, se debe llegar a otros niveles educativos, difundiendo sus potencialidades y promoviendo su uso.

34.3.1 IDE en los distintos niveles educativos

Se afirma que « es obligación de la universidad proporcionar a los alumnos conocimientos en materia de IDE para que puedan dar respuesta a las necesidades de la sociedad » (Bernabé *et al.*, 2007). Esto ha determinado la implementación de distintas estrategias orientadas a dar respuesta a dicha necesidad, como por ejemplo, la inclusión de la asignatura IDE en carreras vinculadas a la IG en el marco de los nuevos planes de estudio de grado y posgrado del espacio europeo de educación superior, la impartición de cursos de introducción a las IDE bajo la modalidad educativa *e-learning* [371], cursos para especialistas y administraciones públicas [372] y de especialización para profesionales de Latinoamérica [373], desarrollo de propuestas de formación en materia de OGC (Rivas *et al.*, 2010), etc.

Pero resulta necesario contribuir a la difusión de las IDE en otros niveles educativos. Este interés lo ha manifestado el GTIDEE del CSG de España [374] en el marco del subgrupo de trabajo 6 (SGT6): *Observatorio IDEE* [375] en el que se plantearon estrategias orientadas a difundir y acercar las IDE al contexto de la ESO (González y Bernabé, 2010). Entre estas estrategias se ha desarrollado el proyecto «Formación *e-learning* para el profesorado de la Educación Secundaria obligatoria para utilizar las IDE como un recurso educativo TIC», entre cuyas acciones específicas se encuentran la preparación de profesores de secundaria y la de creación de material didáctico de apoyo [376].

34.3.2 Metodologías y modalidades educativas para la formación en IDE

La educación está atravesando una fase de cambio entre la forma de educación basada en la simple transmisión de conocimientos, que prevalece desde el siglo XIX, y las demandas y necesidades de una sociedad informatizada. La mayor disponibilidad y uso de las TIC, y

las nuevas relaciones entre las instituciones de educación e investigación con la comunidad local y global, demanda una necesidad de reforma y cambio educativo (Krasilichik y Araujo, 2011). Esto no quiere decir que la educación tradicional ya no funcione, sino que sus limitaciones se han vuelto cada vez más evidentes. Los estudiantes y la sociedad actual tienen un perfil y necesidades diferentes, y es necesario adoptar nuevas técnicas de enseñanza y fundamentos pedagógicos compatibles con este nuevo estudiante (Baruque Ramos *et al.*, 2010). Por lo tanto, el uso de metodologías activas de aprendizaje y distintas modalidades educativas (presencial, *b-learning* y *e-learning*) son alternativas para satisfacer las necesidades del perfil de estudiante actual.

Sin la ambición de presentar una lista completa, se mencionan a continuación algunas metodologías de aprendizaje y modalidades educativas que pueden ser una alternativa interesante para la enseñanza de las IDE.

a) Aprendizaje basado en problemas (PBL, Problem Based Learning)

Definido por Mayo y su equipo (Mayo *et al.*, 1993) como una estrategia « educativa que introduce a los estudiantes a situaciones significativas y contextualizadas en el mundo real», el profesor asume el rol del facilitador del proceso de aprendizaje, aportando los recursos y orientando a los estudiantes a medida que desarrollan sus conocimientos y habilidades en la resolución de problemas, contribuyendo a promover la interacción y las actividades de colaboración.

Como ejemplo de aplicación se encuentran los cursos realizados en el marco del proyecto: *Elaboración y ejecución de un plan de difusión y formación de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) en la Educación Universitaria y en los Colegios Profesionales de España*, a través de un convenio entre el IGN de España y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Como resultado, se diseñaron y desarrollaron cursos para distintos perfiles profesionales constituidos en dos partes:

- Contenidos básicos comunes en materia de IDE para los profesionales agrupados en función del conocimiento, relación y uso que hacen de la IG y
- Contenidos basados en una situación problemática sobre la que se debe actuar y dar respuesta utilizando los recursos disponibles en las distintas iniciativas IDE (González *et al.*, 2009).

b) Aprendizaje orientado a proyectos (POL, Project Oriented Learning)

Es una metodología de enseñanza-aprendizaje en la que el estudiante realiza un proyecto para resolver un problema o abordar una tarea en un tiempo determinado. Esto implica planificar, diseñar y realizar una serie de actividades a partir del desarrollo y aplicación de los aprendizajes adquiridos, utilizando de manera efectiva los recursos. (Miguel Díaz, 2006)

Las metodologías PBL y POL se presentan como dos alternativas viables para utilizar en la formación en IDE, permitiendo a los estudiantes resolver problemas y realizar proyectos

en los que las IDE se conviertan en una herramienta de soporte para la toma de decisiones para dar respuesta a problemas y necesidades reales de su propio entorno.

c) Distintas modalidades educativas

La educación presencial se ha visto actualmente complementada por otras modalidades educativas que responden a las necesidades y demandas de la sociedad del siglo XXI y que junto con el avance de las TIC, se encuentran en un proceso progresivo de instauración en los distintos niveles educativos:

- La modalidad educativa *b-learning*, también conocida como ‘modelo mixto’, comprende el desarrollo de procesos de enseñanza-aprendizaje e-learning en combinación con aprendizaje presencial. (Bartolomé, 2004)
- La modalidad educativa *e-learning* o ‘aprendizaje electrónico’, implica el desarrollo de programas de enseñanza-aprendizaje a través de entornos virtuales que en la práctica se implementa en un sistema de gestión del aprendizaje o plataforma virtual que permiten la comunicación e interacción entre profesores, alumnos y contenidos (García, 2005)

Estas dos modalidades educativas se presentan como alternativas para impartir formación en IDE, en especial en países de grandes extensiones territoriales donde la implementación de las IDE a distintas escalas (regional, provincial y local), requiere la formación de profesionales ubicados en distintos puntos del territorio.

Existen diversos antecedentes de cursos que se han impartido bajo la modalidad educativa *e-learning*, entre los que se destaca las dos ediciones anuales que ofrece el IGN de España en colaboración con la UPM [25].

34.3.3 Recursos educativos en materia de IDE

A continuación se presenta una lista de recursos educativos susceptibles de ser utilizados como referencia para la puesta en práctica de cursos de formación en materia de IDE bajo distintas modalidades educativas:

a) En castellano

- Curso teórico-práctico: *Despliegue de servicios OGC para una IDE con tecnologías Open Source* [377]: Ofrece la posibilidad de descargar los materiales teórico-prácticos utilizados en el curso organizado por la UPM dirigido al personal responsable de la IG de las Administraciones Públicas.
- Contenidos teóricos del curso e-learning del IGN de España [378]: Acceso para descargar los contenidos teóricos del curso e-learning de IDE que se imparte a través de la plataforma del IGN.
- Recursos IDE-IG [379]: Lista de recursos teórico-prácticos en materia de IDE: especificaciones, artículos, etc.
- Recursos IDEE [380]: herramientas de *software* gratuito, metadatos, revistas electrónicas, etc.

- OSGeo [381]: Web de la Open Source Geospatial Foundation que reúne una lista de cursos prácticos utilizando *software* libre para Geomática: creación y visualización de servicios, instalación y manejo de metadatos, etc.

b) En inglés

- *Canadian Geospatial Data Infrastructure* [382]: Curso de introducción a diversos componentes de las IDE: funcionalidad, normas y especificaciones necesarias para su aplicación, etc.
- *SDI Spatial Data Infrastructures* [383]: Curso del Centre for GeoInformation. Wageningen University (Holanda), se encuentra disponible en inglés y español.
- Curso de la *Pennsylvania State University* [384]: Orientado al diseño, desarrollo e implementación de mapas en la web utilizando los estándares de OGC y *software* de código abierto.
- Materiales específicos del *Federal Geographic Data Committee* de la IDE nacional de EE.UU (NSDI) [385]: Ofrece diversos materiales para descargar sobre: metadatos, servicios web geoespacial, normas, especificaciones, etc.

34.4 Conclusiones

La demanda de recursos humanos capacitados para implementación de las IDE es una necesidad real que implica la puesta en práctica de distintas estrategias que den respuesta. Afirmación conforme con lo expuesto por el informe *Spatial Data Infrastructure in Europe: State of play spring 2010* [386] que afirma que la formación es uno de los tres pilares fundamentales para implementar las IDE con éxito. Por lo tanto, es necesario disponer de técnicos para su desarrollo e implementación y de agentes de difusión de sus usos, posibilidades y potencialidades. Todo esto requiere educación y formación que debe ofrecerse por las universidades con el apoyo, colaboración y participación de las instituciones y organizaciones nacionales, regionales e internacionales relacionadas con IG.

La universidad debe asumir su rol ofreciendo respuestas flexibles y diversificadas a las demandas de formación en materia de IDE, y que respondan a las características actuales de la sociedad de la información y el conocimiento.

Por otra parte, resulta importante la puesta en práctica de estrategias orientadas a difundir y acercar las IDE a otros niveles educativos, como por ejemplo la ESO, que se presenta como un medio/recurso. Al otorgarle una intencionalidad educativa puede ser utilizado como un recurso educativo para abordar contenidos relacionados con la IG, ofreciendo a los alumnos la posibilidad de aprender de las IDE y con las IDE (González, 2010).

Finalmente, corresponde a las instituciones, organismo, comités y asociaciones relacionadas con las IDE realizar un mayor acercamiento a las instituciones educativas para llevar a cabo estrategias conjuntas de formación y difusión en los distintos niveles educativos.

CAPÍTULO 35

EVALUACIÓN DE UNA IDE DESDE SU CARACTERIZACIÓN HASTA SU IMPACTO EN LA SOCIEDAD

Carolina Morera¹, Octavio E. Carrasquilla², Dora I. Rey³, Jordi Guimet⁴

¹Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Universidad Nacional de Colombia, Maestría en Geomática, Colombia.

²Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Panamá.

³Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá D.C., Colombia.

⁴IDECC, Institut Cartogràfic de Catalunya, España

¹cmoreraa@gmail.com, ²oecspty@gmail.com, ³direy@igac.gov.co, ⁴jordi.guimet@icc.cat

Resumen. La evaluación de una IDE permite la medición de los procesos, productos, uso e impacto de los estándares, políticas y tecnologías que se orientan a brindar soluciones a una sociedad que requiere tomar decisiones basadas en información geográfica de calidad. Al respecto, el análisis del desarrollo de una IDE se ve marcado por su dinámica, la multiplicidad de visiones que la definen, la dificultad de cuantificar los beneficios (generalmente intangibles), la débil rigurosidad en el seguimiento de los recursos de inversión destinados por cada una de las instituciones que la integran, y la poca información con la que se cuenta respecto a cifras e indicadores de gestión que den cuentan de su evolución. Frente a las particularidades de las IDE, su evaluación es una inquietud para sus administradores y un reto para los investigadores, quienes buscan instrumentos ágiles, útiles y prácticos que permitan conocer el nivel de evolución de la IDE, en un entorno con condiciones organizacionales cambiantes y una continua modernización tecnológica. Por esto, en el presente capítulo se plantean algunas definiciones y funciones que deben tenerse en cuenta en un proceso de evaluación de las IDE: (a) Caracterización del estado actual de desarrollo de los componentes de la IDE, con el fin de identificar una línea base de referencia. (b) Evaluación de la labor de la IDE, lo cual implica verificar el cumplimiento de los objetivos, estrategias, metas y resultados. El análisis implica establecer la eficiencia y eficacia de la IDE. (c) Identificación de las relaciones coste–beneficio frente a las inversiones y resultados económicos obtenidos. (d) Valuación del uso de los productos y servicios que la IDE brinda a sus usuarios. (e) Medición del impacto que ha tenido la implementación de la IDE frente al logro de los resultados que benefician, no solamente a los usuarios directos de la IDE, sino a la sociedad en general. En consecuencia, dentro del proceso mismo de la implementación de la IDE, la evaluación ofrece resultados que orientan su gestión. La producción, administración, acceso y uso de la IG, deben estar acompañados por acciones concretas de seguimiento y control de estrategias programadas, y de su impacto en la sociedad.

Palabras Clave: Evaluación, IDE, desempeño, eficiencia, eficacia, impacto.

35.1 Introducción. La evaluación de una IDE: conceptos y realidades

En términos generales, las IDE son el resultado de un esquema que integra diferentes componentes de tipo técnico, tecnológico y organizativo, que interactúan con el fin de optimizar los procesos de planeación, generación, administración, distribución y acceso a la IG requerida para la toma de decisiones. En este sentido, las IDE se encuentran inmersas en un contexto social, político y económico en el que se demandan soluciones oportunas a las necesidades de información. De hecho, es frecuente que se presenten situaciones que deben resolverse necesariamente con la participación conjunta de entes gubernamentales, del sector privado, de la academia, gremios y asociaciones, de la población y de la institucionalidad de diferentes jurisdicciones. Razón por la cual, uno de los principales retos, consiste en el diseño de modelos que permitan crear los mecanismos más efectivos para el intercambio de IG entre los distintos actores involucrados en la iniciativa.

Debe notarse que la creación de una IDE es un proceso dinámico, lo cual es válido incluso para aquellas IDE que están totalmente operativas, pero que deben mantenerse y actualizarse. La implementación de una IDE es entonces un proceso que algunas veces toma caminos impredecibles (Crompvoets y Delgado, 2007). A lo anterior, se suman los múltiples conceptos que definen a la IDE, y las reflexiones sobre si sus aplicaciones resuelven problemas reales de la sociedad (Nedović-Budić *et al.*, 2008).

En este sentido, construir un esquema práctico de evaluación implica tener en cuenta la multiplicidad de visiones que definen la IDE, la dificultad de cuantificar sus beneficios (generalmente intangibles), la débil rigurosidad en el seguimiento de los recursos de inversión destinados por cada una de las instituciones que la integran, y la poca información con la que se cuenta respecto a cifras e indicadores de gestión que den cuenta de su evolución. Para el caso de las IDE, establecer métricas que permitan cuantificar las entradas, procesos y salidas en un esquema sistemático y de proyecto, es un reto interesante. Al respecto, y a continuación, se describen los conceptos y principales procesos que se deben tener en cuenta en la evaluación de una IDE.

35.2 ¿Qué significa la evaluación de una IDE?

La evaluación de una IDE es el proceso mediante el cual se mide la formulación, diseño, desarrollo, implementación e impacto de sus componentes básicos: la IG, los estándares, políticas y tecnologías de información que conforman los proyectos de IDE. El estudio puede llevarse a cabo en cualquier momento de su desarrollo, y es de especial utilidad para adelantar análisis comparativos entre distintos escenarios en el tiempo, o con otros casos de IDE de igual o distinta escala. Los resultados pueden utilizarse para responder a preguntas relacionadas con la comparación de los avances de la implementación de las IDE en diferentes países; estos resultados también ayudan a identificar los obstáculos en la planificación de las IDE (Crompvoets *et al.*, 2007).

Con un proceso de evaluación se puede concluir si la IDE ha evolucionado, medir sus beneficios, identificar acciones de mejora, establecer su madurez respecto a otras IDE y verificar si se requiere reorientar las estrategias. De esta manera, una de las funciones de la evaluación es establecer una línea base que permita «fotografiar» una IDE en un momento específico. Adicionalmente, es útil como punto de referencia para adelantar un comparativo respecto a un periodo posterior de desarrollo. En consecuencia, la evaluación de una IDE se relaciona con la medición de su desempeño, que es importante desde el punto de vista de reingeniería y de recapitalización de los proyectos. Por lo tanto, es imperativo que los coordinadores de la IDE desarrollen un sistema para evaluar e informar sobre el rendimiento (Giff y Lunn, 2008).

El desempeño implica verificar el cumplimiento de los objetivos, estrategias y metas programados en la IDE, evaluando si las actividades y resultados responden a la planificación realizada por parte de los coordinadores de la IDE. Para esto, es fundamental establecer relaciones de eficiencia y eficacia, con el fin de verificarlas sobre la base de un análisis de los recursos utilizados. En este sentido, es pertinente considerar el concepto de calidad, el cual se refiere a si una IDE alcanza las metas que se han establecido. Estos objetivos pueden definirse en términos de eficiencia, eficacia, beneficios sociales, incremento en el intercambio y uso de datos espaciales, etc. (Janssen, 2008).

Igualmente, la medición de la IDE puede brindar a los coordinadores relaciones coste–beneficio, de tal manera que se verifique si el esfuerzo realizado por las organizaciones y los resultados obtenidos, responden a lo esperado. A este respecto, es pertinente reconocer que en las IDE se busca el uso eficaz de la información espacial, lo cual exige su optimización para apoyar el diseño de los sistemas de IG, sus aplicaciones y usos posteriores en negocios. Encontrar modelos óptimos de IDE, que reflejen los actuales sistemas sociales, culturales y de negocios, requiere una investigación que permita la medición de los beneficios de las IDE. Para lograrlo, el concepto de IDE se está ajustando a un nuevo modelo de negocio que promueve las asociaciones de organizaciones de información espacial (públicas o privadas), con el fin de permitir un acceso más amplio a los datos y servicios (Rajabifard, 2008).

Al respecto, una de las principales funciones de las IDE es facilitar los medios de acceso a la IG, prioritariamente para la toma de decisiones. Las IDE, a través de los geoportales, ofrecen distintas alternativas de intercambio, acceso y uso de IG a sus usuarios, como son las búsquedas, consultas, descargas, análisis y generación de productos de valor agregado.

Un aspecto final que implica la evaluación de una IDE, corresponde a establecer el impacto que tiene el uso de los productos y servicios que provee la IDE, en escenarios de política nacional, economía, fortalecimiento del rol de la comunidad en el gobierno y el desarrollo sostenible, entre otras aplicaciones de relevancia para la sociedad de la información. Fundamentalmente, con las IDE se espera que se disminuya la brecha existente entre productores y usuarios de la IG, avanzando en acciones concretas de solución a problemáticas nacionales. El análisis del impacto de una IDE debe evaluarse con relación a los efectos

producidos por su implantación, específicamente, en la mejora de los procesos de gestión de IG, desde la generación de productos geográficos hasta su uso en proyectos de aplicación.

35.3 Evaluar para mejorar

Teniendo en cuenta el desarrollo actual de las iniciativas de IDE, se hace cada vez más importante evaluar sus resultados, a fin de justificar los recursos destinados a las infraestructuras. Muchos investigadores en todo el mundo han estado luchando con la evaluación de las IDE. La tarea es difícil debido a su naturaleza compleja, dinámica y de constante evolución (Grus et al., 2007).

En términos generales, en la evaluación de la gestión de un proyecto surgen inquietudes como: ¿qué se debe medir y cómo?, ¿está justificado el coste por el beneficio?, ¿cuáles son los indicadores de un buen desempeño?, ¿qué hacen otros?, ¿cómo se realiza la medición de los resultados?, ¿se satisfacen las expectativas y requisitos de los usuarios?

En este sentido, cuando se construye un índice de evaluación de la IDE, es necesario tener en cuenta diversos factores como la organización, información, acceso a la red, la comunidad y recursos financieros. Adicionalmente, en las iniciativas de IDE, se identifican distintos niveles de participación teniendo en cuenta las expectativas frente al proyecto, el rol y las responsabilidades adquiridas.

Al respecto, considerando que las IDE están integradas mayoritariamente por instituciones oficiales, su evaluación es una oportunidad de revisar la gestión de los recursos públicos y una forma de auditar el cumplimiento de la misión institucional, donde el reto es expresar los factores de evaluación a través de una serie de indicadores que puedan medirse cuantitativamente.

De esta manera, la evaluación de una IDE brinda interesantes alternativas que incluyen su caracterización, el análisis del desempeño, la eficiencia y eficacia de sus acciones, y el impacto de su implementación, tal y como se describe a continuación.

35.4 Caracterización de la IDE (Línea Base)

En la caracterización de la IDE se busca la identificación de sus condiciones actuales, cuantificando y describiendo los resultados hasta la fecha; es un punto de inicio que brinda los insumos necesarios para realizar análisis posteriores de desempeño, eficiencia, eficacia y evaluación económica. En este caso, la medición se orienta a describir la IG, los estándares, políticas, tecnologías y capacidades institucionales. A partir de este tipo de evaluación, se obtiene una línea base en función de indicadores que permite realizar comparaciones con otras IDE, y entre distintos periodos de tiempo.

En este sentido, con el fin de caracterizar una IDE, se desarrollan distintos mecanismos de monitoreo, basados fundamentalmente en la generación de encuestas, estudios descriptivos e indicadores, tal y como es el caso de los siguientes estudios:

- La experiencia de la Infraestructura Europea de Datos Espaciales, INSPIRE, que desde el año 2002 ha realizado el análisis de las IDE nacionales, diseñando una serie de

documentos denominados *Spatial Data Infrastructures in Europe: State of play*.

- El estudio *Towards key variables to assess National Spatial Data Infrastructures (NSDIs) in developing countries* (Elderink *et al.*, 2008), propone una serie de indicadores clasificados en datos, personas, redes de acceso, políticas, estándares y otros componentes.
- La propuesta *Evaluation and Performance Indicators to Assess Spatial Data Infrastructure Initiatives* (Stuedler *et al.*, 2008), diseña un esquema de indicadores categorizados por niveles: político, gestión, operativo, evaluación del desempeño y otros factores.

Conforme a lo anterior, la caracterización de la IDE se orienta a evaluar aspectos como los señalados en la Tabla 35.1.

TABLA 35. 1. Aspectos de evaluación para la caracterización de una IDE (Fuente: Elaboración propia)

COMPONENTE	ASPECTO EVALUADO
Política	<ul style="list-style-type: none"> • Acuerdo de creación y normatividad de participación en la IDE. • Marco legal que regule la producción, gestión, acceso y uso de IG. • Derechos de autor sobre la IG. • Modelo de negocio de la IDE. • Gobierno electrónico
Información Geográfica	<ul style="list-style-type: none"> • Datos fundamentales. • Datos temáticos. • Instituciones productoras. • Usuarios. • Actualización.
Estándares	<ul style="list-style-type: none"> • Normas oficiales. • Normas implementadas. • Organismo normalizador. • Resultados de la implementación de estándares: cantidad de metadatos, cantidad de productos geográficos con especificaciones técnicas, catálogos de objetos. • Calidad de IG.
Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanismos de entrega y procedimientos para el acceso a la IG. • Niveles de acceso. • Desarrollo tecnológico. • Geoservicios. • Catálogo de metadatos. • Tiempo de respuesta. • Ingreso y consulta del geoportal. • Volumen de IG en el geoportal. • Seguridad. • Usabilidad.
Organización	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de instituciones participantes y sector: gubernamental, académico, privado. • Presupuesto. • Procesos. • Gestión del conocimiento: capacitación, investigación y difusión. • Perfiles, capacidades y habilidades del talento humano.

35.5 Evaluación del desempeño de la IDE

Una vez caracterizada la IDE por medio de sus componentes, se realiza un análisis comparativo respecto a las estrategias, objetivos y metas programadas, para lo que es esencial contar con valores de referencia que describan los resultados y logros alcanzados. Con este tipo de análisis se busca fundamentalmente evaluar la gestión interna de la IDE en términos de eficiencia.

Una métrica que puede ayudar a la medición del desempeño es el Indicador de Rendimiento (PI por sus siglas en inglés, *Performance Indicator*). La evaluación de la eficiencia de una IDE se realiza para saber si está logrando sus objetivos de la forma más económica (entrada frente a la salida). El conjunto de indicadores de eficiencia está basado en los resultados esperados. En otras palabras, el objetivo es determinar si la IDE está funcionando de manera óptima. Sin embargo, en una IDE se presentan algunos retos en el desarrollo de los indicadores de evaluación, como son: la definición de los insumos en términos monetarios, y la definición de lo que se clasifica como salida (Giff, 2008).

En este sentido, algunos indicadores de eficiencia en una IDE pueden ser:

- Aumento de la productividad.
- Reducción de la burocracia entre entidades.
- Incremento de los servicios y productos suministrados al usuario en un menor tiempo de respuesta.
- Reducción de los costes asociados a la utilización de un servicio o a la compra de un producto a través de la IDE.
- Ahorro en tiempo y recursos en los procesos de producción de IG.

En la Tabla 35.2 se destacan algunos estudios desarrollados en este tipo de análisis.

TABLA 35.2. Estudios de coste–beneficio y eficiencia (Fuente: Elaboración propia)

NOMBRE DEL ESTUDIO	AUTOR
Proyecto <i>GITA Project</i> para el desarrollo empresarial y la Metodología del Retorno de la Inversión	GITA, FGDC, GeoConnections, AWWA Research Foundation
Clearinghouse Nacionales de Datos Espaciales	Joep Crompvoets
Taller sobre el coste–beneficio de las IDE / Retorno de la Inversión	Joint Research Centre
Experiencia holandesa en el Análisis coste–beneficio	Ministerio Holandés de Transportes, Obras Públicas y Recursos Hídricos, y el Ministerio de Asuntos Económicos
Retorno de la inversión de la interoperabilidad geoespacial	National Aeronautics and Space Administration Geospatial Interoperability Office.
Análisis coste–beneficio de las inversiones en el Gobierno electrónico	Sorin Kertesz
Modelo de coste-beneficio del Mapa Nacional	U.S. Geological Survey (USGS)

35.6 Evaluación del uso de productos y servicios de la IDE

Los estudios que se orientan a analizar los productos y servicios que brindan las IDE a sus usuarios pueden evaluar la usabilidad de las herramientas implementadas para acceder a los productos geográficos para la toma de decisiones, así como a la gestión de dichas tecnologías, en donde es pertinente contar con una metodología que facilite administrar estos servicios.

En este sentido, para acceder a los recursos y servicios de IG es común una concepción global de los componentes esenciales que debe ofrecer una IDE, en un contexto de cooperación interinstitucional y con el marco operativo o legal adecuado que garantice su funcionamiento. Ello incluye:

- Un catálogo para la búsqueda y descubrimiento de información (metadatos de datos y de servicios) y,
- Herramientas para su visualización y, en su caso, edición o descarga (geoservicios de visualización, transformación, descarga).

Inicialmente, es pertinente reconocer que si las barreras del acceso a la información se redujeran al mínimo, las entidades serían capaces de alcanzar sus objetivos de negocio con mayor eficiencia y eficacia. En particular, la industria podría reducir sus costes, lo que alentaría las inversiones con el fin de generar y ofrecer una gama más amplia de productos de información y servicios espaciales a un mercado más amplio. Sin embargo, para desarrollar una plataforma de éxito, se requiere un conjunto de conceptos y principios que permitan el diseño de la plataforma de integración que facilite la interoperabilidad en un entorno heterogéneo (Rajabifard, 2008).

Al respecto, se pueden identificar algunos indicadores, como los siguientes:

- Aumento de la cantidad de usuarios.
- Aumento de la cantidad de productos y servicios adquiridos a través del geoportal.
- Mayor cantidad de proyectos interinstitucionales en el marco de la IDE.

En otras palabras, la importancia de incluir en la evaluación el análisis de la disponibilidad de productos y servicios de la IDE para sus usuarios, se explica considerando que una IDE puede estar muy bien posicionada gracias al desarrollo de sus componentes, así como por contar con resultados que indican un desempeño positivo en sus procesos, aunque puede no tener dispuestos los productos y servicios de manera que respondan a los requisitos de los usuarios.

35.7 Evaluación del impacto de la IDE

Este análisis se relaciona con la evaluación de la eficacia que corresponde al nivel en el que una IDE alcanza sus objetivos, es decir, el resultado deseado o el impacto previsto sobre la sociedad (Giff, 2008). La eficacia es la medida en que se contribuye a la satisfacción de las

necesidades de información, en cantidad y calidad, para la toma de decisiones. Algunos de los criterios para su medición pueden ser la adaptación de los servicios a una necesidad concreta, o la mejor planificación, coordinación y cooperación (Navarra, 2009). El autor propone el análisis del impacto en los objetivos generales de la sociedad, como la justicia social, distribución de la riqueza y la realización de las aspiraciones humanas, a través de la evaluación, por ejemplo, de la participación ciudadana, de los beneficios de una sociedad democrática, de la mejora de calidad en salud y en seguridad. Adicionalmente, se destaca el estudio sobre la IDE de Cataluña, que se citará más adelante (García *et al.*, 2008).

En consecuencia, es posible afirmar que el análisis del impacto de la IDE está relacionado de manera directa con la mayor participación y autonomía ciudadana (Naciones Unidas, 2008), principios del Gobierno Electrónico.

35.8 Un enfoque pragmático

Aunque existen numerosos estudios y propuestas, más teóricas que aportaciones prácticas, sobre cómo enfocar dicha problemática, en los apartados anteriores han quedado expuestas las dificultades de evaluación de las IDE, así como la preocupación general sobre cómo enfocar dicha evaluación. Desde su origen, el problema radica en las distintas concepciones que existen, o se admiten, sobre qué es una IDE; si no se conoce lo que ha de valorarse, difícilmente puede evaluarse. No obstante, existe un consenso general en que una IDE debe permitir el acceso y utilización de recursos de IG a la ciudadanía, fundamentalmente, pero no exclusivamente; deben proveerlos las administraciones públicas a través de Internet, mediante la utilización de protocolos y estándares que permitan la interoperabilidad entre sistemas así como estar conformes con los acuerdos entre organizaciones e instituciones.

35.8.1 Tipos de enfoques de evaluación de una IDE

Visto lo anterior, y a modo de resumen, es posible sintetizar tres tipos de enfoques de evaluación [387]:

El primer enfoque es el que **intenta medir e informar sobre el contexto o marco general** en el que se inscribe una IDE, incluyendo:

- Tecnologías disponibles,
- Geoinformación digital disponible y accesible vía servicios de mapas,
- Acuerdos institucionales de colaboración entre organizaciones públicas para el suministro e intercambio de información,
- Grado de implantación de los estándares de IG y sus servicios,
- Marco normativo y legal que debe reforzar el desarrollo de la IDE,
- Disponibilidad de recursos presupuestarios para garantizar su mantenimiento y desarrollo, etc.

Este contexto, a través de su análisis, puede aportar una idea sobre el grado de preparación (*readiness*) de un país o de una zona en particular para el desarrollo de su IDE. Evidentemente no hay que buscar valores absolutos que describan este grado de preparación, pero sí es útil para poder medir la evolución de los parámetros analizados en el tiempo, ya sea para la misma IDE, o bien para poder comparar con otras.

El segundo enfoque es el de los métodos que **intentan valorar el desarrollo de las actividades y resultados de la IDE en relación con los objetivos establecidos** (con independencia del impacto real que puedan tener dichos resultados en los entornos de usuario final). Sería un enfoque de la «oferta», es decir, qué productos y servicios ofrece la IDE en relación con las previsiones de su desarrollo. Este enfoque a resultados, que pretende analizar la eficiencia de los recursos puestos a disposición en la creación y mantenimiento de la IDE, dará información sobre la evolución de la misma en relación con su propio plan de desarrollo. Un ejemplo práctico de dicho sistema de evaluación puede encontrarse en [388].

Finalmente, el más complejo pero también el tipo más interesante de evaluación, es el que se refiere a **la disponibilidad de los recursos y servicios que ofrece una IDE y cómo la utilizan los usuarios finales** (que pueden ser las propias organizaciones públicas, empresas, instituciones o los propios ciudadanos). Se determina cuáles son sus usos específicos, de manera que sea posible inferir cual es el impacto real de las IDE en el contexto en el que actúan y dan servicio, tanto a nivel económico (beneficios que aporta a los usuarios), como en los niveles sociales y políticos. Es una evaluación desde la perspectiva de la «demanda». El problema principal para la realización de este tipo de estudios es el que se deriva de la dificultad, cuando no la imposibilidad, de conocer quiénes son los usuarios de la IDE. En parte precisamente por ser una infraestructura, en parte porque es prácticamente imposible conocer por los medios tecnológicos habituales (tales como *Google Analytics*) el número y origen de los accesos a los servicios web que ofrece la IDE. Por ello, es fundamental conocer, por los medios que sean, a un grupo identificado de usuarios que puedan a su vez informar sobre los diferentes usos a los que aplican los recursos a los que acceden, así como complementar dicha información con estimaciones sobre beneficios, impactos organizacionales, culturales, etc. Es decir, suministrar datos para, a través de un sistema de encuesta, poder explotar un conjunto de respuestas y con ello, elaborar tanto indicadores como resultados económicos para aquellos parámetros cuantificables, u otro tipo de conclusiones para aquellos resultados no cuantificables numéricamente.

A este respecto, y a título de ejemplo, se puede citar el estudio de impacto económico, político y social de la IDE de Cataluña - IDEC (García *et al.*, 2008), en el que, a partir del conocimiento de un grupo de entidades locales usuarias de los recursos de la IDEC, pudieron identificarse sus usos y con ello su impacto en diversas aplicaciones de los mismos, a través de un proceso de encuesta y explotación de sus resultados. Esto aportó información sobre los beneficios económicos (especialmente ahorro de tiempo en las actividades opera-

cionales de las entidades locales), que pudieron ponerse en relación con las inversiones realizadas para la creación de la IDE y con los gastos de su mantenimiento durante los cuatro años iniciales de su funcionamiento, y con ello determinar, el retorno de la inversión (*ROI*) realizada hasta dicho momento. No menos importantes fueron algunas conclusiones sobre el impacto social, no cuantificables numéricamente, en general relacionadas con la eliminación de la brecha digital que son susceptibles de sufrir los pequeños municipios y que, en parte, pueden compensar con recursos de infraestructuras como el que les ofrece IDEC.

35.9 Conclusiones

La evaluación de una IDE orienta la oferta de productos y servicios que den solución a los requerimientos de los usuarios. Identificar los distintos enfoques de la evaluación permite construir un esquema que aporta a los procesos de evolución de los proyectos IDE, a través del análisis del desempeño, la eficiencia y eficacia de sus acciones. En este sentido, para beneficio de una sociedad que exige la democratización de IG, la medición permite dar una visión más precisa de la IDE frente a su correlación con políticas como el Gobierno Electrónico.

El reto futuro es la implementación de los modelos de evaluación que contribuyan a la madurez de las IDE, conforme a los resultados del análisis del cumplimiento de las estrategias, objetivos y metas programadas. El objetivo final es definir acciones de mejoramiento específicas para cada caso.

CAPÍTULO 36

LAS IDE Y EL GOBIERNO ELECTRÓNICO: ESBOZANDO PERSPECTIVAS FUTURAS

Mabel Álvarez¹, Domingo Gallego², Cristina Zerpa³

¹Grupo de Investigación TIG e IG. Universidad N. de la Patagonia San Juan Bosco, Chubut, Argentina

²Facultad de Educación, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, España

³AGESIC Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información, Montevideo Uruguay

¹mablop@speedy.com.ar, ²dgallego@edu.uned.es, ³cristina.zerpa@agesic.gub.uy

Resumen. En este capítulo se aborda la relación entre las IDE y las iniciativas de Gobierno Electrónico (GE). Si bien ambas nacieron por separado tienden a converger en la medida en que su fin último es aportar conocimiento que contribuye al fortalecimiento de la Sociedad de la Información y el Conocimiento (SIC). Por una parte, el desarrollo tecnológico de los últimos años habilita mayores velocidades de transmisión, capacidades de procesamiento y almacenamiento de grandes volúmenes de información, contribuyendo así a la consolidación de IDE nacionales y subnacionales. Estos mismos avances tecnológicos facilitan la relación entre los sistemas de información clásicos y los geográficos. Se evidencia entonces la necesidad de racionalizar los esfuerzos de diferentes dependencias de gobierno y de interoperar entre ellas. De esta forma, la IG muestra las mismas características que el resto de la información pública y resulta razonable que se enmarque como parte de las iniciativas de GE que están llevando adelante casi todos los países de manera centralizada. Estas iniciativas persiguen usar de forma racional y eficiente los recursos, y optimizar el aprovechamiento de las nuevas tecnologías para mejorar la toma de decisiones, los servicios que se entregan a la ciudadanía, su inclusión y la posibilidad de participar en las decisiones. También, las nuevas tendencias de acceso transparente a la información pública y a datos abiertos contribuyen a la generación de servicios –públicos y privados– que se basan o utilizan localización geográfica. Por otra parte, los avances en SIC hacen que los ciudadanos capacitados espacialmente desde un rol más activo, requieran los correspondientes servicios y datos. En este capítulo se presentan algunos datos que muestran el avance del GE en la región de Iberoamérica de acuerdo a los indicadores más reconocidos internacionalmente que miden tres aspectos: tipos de servicios en la web, infraestructura y acceso, y capital humano. La tendencia de las IDE hacia Sociedades Espacialmente Capacitadas (SEC), las redes de formación existentes en materia de GE y los aspectos en común entre ambas iniciativas, constituyen un campo propicio para la realización de acciones de formación en conjunto. Con el ciudadano como principal destinatario de los esfuerzos, se reconoce que tanto las IDE como el GE presentan características dinámicas, evolutivas y cambiantes por lo que no parece fácil predecir su evolución en medio o largo plazo. Sin embargo, a corto plazo es posible esbozar algunas tendencias que se fundamentan en el texto, partiendo de la base de acuerdos y compromisos que ya existen por parte de la academia, así como en declaraciones de intención y acciones comenzadas por algunos gobiernos.

Palabras Clave: Sociedad de la Información y el Conocimiento, IDE, Gobierno Electrónico, Sociedades Espacialmente Capacitadas, Educación.

36.1 Introducción

Las iniciativas y/o acuerdos de orden mundial o regional, en materia de SIC, IDE, GE y Educación, van marcando rumbos en los países de Iberoamérica, que luego cada uno hace viable conforme a sus propios contextos y circunstancias.

En este capítulo se analiza documentación científica específica sobre IDE y GE, e instrumentos tales como: cartas, declaraciones y planes relativos a GE y educación.

Como este estudio se centra en Iberoamérica, se analizan algunos aspectos de las IDE y del GE, ubicándolos en el contexto regional, con miras a identificar tendencias en la región.

La evolución de cualquier iniciativa que se implementa, requiere formas para medir su avance. En materia de GE se cuenta con diversos informes, entre ellos, los elaborados por Naciones Unidas que comprenden evaluaciones sistémicas de los años 2003, 2004, 2005, 2008 y 2010 [389]. En materia de IDE, se cuenta también con evaluaciones de avances en la región, entre ellos de América Latina y el Caribe.

Este capítulo no aborda aspectos técnicos, ni específicos de ninguna IDE en particular, sino que trata de identificar tendencias y conclusiones que puedan servir como guía para contribuir al futuro desarrollo de las IDE y del GE, de forma independiente y en su conjunto en la región.

Se trata asimismo de identificar oportunidades para la educación formal, no formal e informal, dada la priorización de las personas, en el contexto actual de la SIC.

El capítulo se organiza en las siguientes secciones: En 36.1, se plantean las motivaciones y marco general del capítulo, en la 36.2 se abordan las IDE, en la 36.3 el GE, en la 36.4 se tratan algunos aspectos emergentes del conjunto de IDE y GE, teniendo en cuenta las cartas, declaraciones y otros instrumentos vigentes sobre estos temas en los países de Iberoamérica. En la sección 36.5 se abordan conclusiones y perspectivas de trabajos futuros.

36.2 Infraestructura de Datos Espaciales

Las IDE comenzaron su desarrollo en la década de 1990. La suma de desarrollos, experiencias, lecciones aprendidas e investigaciones en la materia, desde sus inicios a la actualidad, es amplia y significativa. Numerosas investigaciones tratan las IDE desde distintos puntos de vista, generándose nuevos conocimientos, aprendizajes y cursos de acción.

IDE es un concepto dinámico, jerárquico y multidisciplinario que incluye personas, datos, redes de acceso, política institucional, normas técnicas y dimensiones concernientes a los recursos humanos (*Rajabifard, 2008*).

Se ha definido el concepto de *infraestructura* como: «algo que soporta a otras actividades», las cuales, en sí mismas, no están relacionadas con la naturaleza de la infraestructura (Delgado Fernández y Cruz, 2009). Ahora bien, cuando este concepto de infraestructura se lleva al ámbito de los datos espaciales transformándose en una infraestructura específica y concreta, no siempre se entiende, y para parte de la sociedad las IDE siguen siendo un

concepto poco comprensible. Con intención de dar una noción de IDE sencilla, en 2006 en el contexto de la IDE de España, se menciona que: «nuestro objetivo último es proporcionar a cada persona del planeta una suerte de “GIS simple” o elemental, que le permita al menos buscar, ver y consultar datos geográficos disponibles, utilizando sólo una conexión a Internet y un navegador» (Rodríguez *et al.*, 2006).

36.2.1 De IDE globales a IDE locales

El alcance inicial de las IDE tuvo un enfoque global. Luego surgieron iniciativas impulsoras del desarrollo de las IDE en diversas regiones (entre ellas CP-IDEA para las Américas, que será abordado en el cap. 38), así como denodados esfuerzos orientados hacia el desarrollo de IDE nacionales. El enfoque (top down) para el desarrollo de IDE, partiendo de una IDE nacional, ha predominado sobre todo en los primeros años, aunque se cuenta con experiencias concretas y casos de éxito de otros enfoques; por ejemplo, en la articulación de una IDE regional con gobiernos locales (Guimet, 2006).

Un claro ejemplo de la importancia de un enfoque regional, se da en INSPIRE [390], con su significativo papel en el desarrollo de las IDE de Europa.

36.2.2 Evaluaciones de IDE nacionales

En América Latina y el Caribe, se han realizado investigaciones a fin de evaluar el avance en el desarrollo de las IDE y contar con un panorama de lo que acontece en la región. Uno de estos estudios se desarrolló en el Proyecto CYTED–IDEDES [391], mediante el análisis de las respuestas a un cuestionario respondido por quince países. Cabe destacar que la mayor importancia del estudio, llevado a cabo sobre las condiciones y niveles de preparación de los países de Iberoamérica y el Caribe —más allá del propio diagnóstico—, radica en que puede usarse como base para proponer medidas regionales que permitan dinamizar iniciativas menos desarrolladas, a partir de las propias potencialidades del área (Delgado, 2007).

En el contexto del programa *Space for Geoinformation*, se realizó otro estudio para once países de la región aplicando una metodología que incluye simultáneamente múltiples puntos de vista (Grus *et al.*, 2008).

36.2.3 Tendencia de IDE hacia Sociedades Espacialmente Capacitadas

En el contexto de la denominada tercera generación, las IDE han comenzado a desarrollarse en los últimos años hacia SEC. En las sociedades así concebidas, las IDE están orientadas a contribuir mejor a las necesidades sociales, tanto de países desarrollados como en desarrollo.

En las SEC, la sociedad gestiona su información con un componente «espacial». Esto puede ser considerado como una forma de respuesta al mundo actual, complejo y rápidamente cambiante (Rajabifard, 2010).

La evolución conceptual en cuanto a qué es una IDE se refleja a través de las distintas generaciones. Así, la primera generación surge a mediados de la década de 1990. La segunda emerge alrededor del año 2000, y ya se visualizaban signos de la tercera generación en el año 2008.

La primera generación se caracteriza por estar centrada en datos y basada en productos; la segunda generación por una mayor orientación a procesos (Delgado Fernández y Capote Fernández, 2009). Entre los cambios que han motivado la evolución conceptual de las IDE, a partir de la década de 1990, se analizan (Maser, 2009):

- El impacto de las innovaciones tecnológicas en el desarrollo de las IDE.
- La implementación de las IDE en el contexto de una gobernanza multinivel.
- La implementación de las IDE como un proceso de aprendizaje social.

En cuanto al primero, cabe destacar que las IDE nacen con la existencia de Internet y su evolución va creando a su vez nuevas dimensiones en el desarrollo de las IDE, produciéndose cambios tales como los motivados por el progreso de la Web 1.0 a la Web 2.0. La cara visible de las IDE a través de Internet se materializa mediante Geoportales. Estos se han definido como «...una interfaz humana a una colección de recursos de información geoespacial en línea, incluyendo conjuntos de datos y servicios...» (Delgado, 2007). Estos geoportales han evolucionado significativamente con la Web 2.0, permitiendo al usuario el acceso de sus propios datos y el desarrollo de servicios asociados.

La llegada de la tercera generación viene acompañada, además, del surgimiento del concepto de sociedades y gobiernos capacitados espacialmente, en cuestiones emergentes tales como el crecimiento de la importancia de las IDE a niveles subnacionales (de estructuras centralizadas a estructuras descentralizadas), o la necesidad de servicios basados en localización, pensados para un público general.

36.3 Gobierno Electrónico

Se entiende por GE «el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) en los órganos de la Administración Pública para mejorar la información y los servicios ofrecidos a los ciudadanos, orientar la eficacia y eficiencia de la gestión pública e incrementar sustantivamente la transparencia del sector público y la participación de los ciudadanos» [392].

Este enfoque se centra en brindar mejores servicios al ciudadano, utilizando las TIC para facilitar el acceso a todos desde cualquier lugar.

En la mayoría de los países, los órganos de la Administración Pública han ido incorporando las TIC de acuerdo a sus necesidades individuales. Esta situación dificulta la interoperabilidad necesaria para unificar trámites y contar con información global para desarrollar políticas de Estado. Se entiende la interoperabilidad como la capacidad de las organizaciones de compartir e integrar información basada en estándares.

36.3.1 Gobierno en Red: necesidad de nivelar capacidades

El enfoque a los servicios ha evolucionado hacia el de Gobierno en Red, definido como «el entramado de vínculos entre organizaciones, a través de los cuales se prestan servicios,

se gestionan actividades y se persiguen objetivos compartidos. La red resultante de estos vínculos, trasciende las fronteras de las instituciones públicas y se entrelaza con la sociedad, creando las bases de una sociedad conectada. La meta es que el ciudadano pueda ser tratado como una única persona, con el mismo nombre o con una misma dirección, y que pueda efectuar trámites o recibir servicios de parte del Estado, en forma transparente a la coordinación interinstitucional que los hace posible» [393].

Este enfoque agrega más exigencias porque el ciudadano pasa a cumplir un rol activo, con capacidad real de propuesta y control. La legislación acompaña y garantiza este proceso regulando aspectos tales como la protección de datos personales, el debido acceso a la información pública (transparencia), la interoperabilidad y firma electrónica, entre otros.

36.3.2 Instrumentos sobre Gobierno Electrónico

Entre los instrumentos sobre GE de la región se destacan:

La **Declaración de Santo Domingo** «Gobernabilidad y Desarrollo en la Sociedad del Conocimiento», suscrita en junio de 2006, que incluye lineamientos estratégicos y visiones en relación a las TIC como herramienta transversal que contribuye a que las personas en la región puedan acceder a los beneficios de la SIC [394].

La **Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico** (CIGE), aprobada en la IX Conferencia Iberoamericana de Ministros de Administración Pública y Reforma del Estado en Pucón, Chile (31 de mayo y 01 de junio de 2007) [392], expresa el compromiso de reducir la brecha digital y convertir la SIC en una oportunidad para todos, especialmente mediante la inclusión de aquellos que corren peligro de quedar rezagados. La Carta alude a dos objetivos inseparables en el proceso de reconocimiento del derecho de acceso electrónico a las Administraciones Públicas:

- Reconocer a los ciudadanos un derecho que facilite su participación en la gestión pública y sus relaciones con las Administraciones Públicas, y que contribuya también a hacer éstas más transparentes y respetuosas con el principio de igualdad, más eficaces y eficientes.
- Promover la construcción de una sociedad de información y conocimiento, inclusiva, centrada en las personas y orientada al desarrollo.

La **XVII Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno**, Santiago de Chile, 10 de noviembre de 2007 [395], adopta la CIGE, que entiende el GE como el uso de las TIC en los órganos de la Administración para mejorar la información y servicios ofrecidos a los ciudadanos, orientar la eficacia y eficiencia de la gestión pública e incrementar sustantivamente la transparencia del sector público y la participación de los ciudadanos.

Los valores principales a los que refiere la Carta son: igualdad, legalidad, conservación, transparencia y accesibilidad, seguridad, responsabilidad y adecuación tecnológica. También se resalta que se debe poner el foco en los destinatarios del GE: el ciudadano y la sociedad.

En el **Plan eLAC2007**, la meta 15 concierne a GE; y en el Plan eLAC2010, el Capítulo IV se refiere a la gestión pública, con referencias explícitas a un GE participativo y orientado a la sociedad civil [396].

EL **Programa eLAC2015**, aprobado en la III Conferencia Ministerial sobre la Sociedad de la Información en América Latina y el Caribe (Lima, Perú, 21 al 23 de noviembre de 2010) [397]. En la Declaración de Lima, se habla entre otros puntos de:

- La firme convicción de que el Plan de Acción sobre la Sociedad de la Información y del Conocimiento de América Latina y el Caribe eLAC2015, representa la voluntad regional de alcanzar una agenda compartida que refleje los esfuerzos de los países para lograr que el acceso a la SIC sea un derecho universal, a fin de promover la integración regional y articular las metas globales con las necesidades y prioridades de la región.
- El compromiso de promover y fortalecer la cooperación y las redes regionales de GE, que resultan de fundamental importancia para el cumplimiento de las metas vinculadas al uso de las TIC en la administración pública, y como sustento a la implementación de las políticas públicas.

Con el fin de contar con un espacio de intercambio de conocimiento, expertos en temas de GE crearon la Red de Responsables de GE de América Latina y el Caribe (GEALC), con representantes de treinta y un países de la región [398].

36.3.3 Panorama evolutivo del Gobierno Electrónico

Los informes sobre desarrollo de GE, elaborados por Naciones Unidas en los años 2003, 2004, 2005, 2008 y 2010 [389], dan un panorama evolutivo de lo que sucede en el mundo.

El Informe 2010, presenta una evaluación sistémica sobre cómo los gobiernos utilizan las TIC para relacionarse con los ciudadanos en pro de la inclusión. Publica el Índice de GE, (IGE) [399] sobre la base de tres componentes: servicios en Internet, infraestructura y acceso, y capital humano. De acuerdo a este Informe, los países de la región presentan sus mayores avances en el componente de servicios en Internet, mientras que se encuentran rezagados en infraestructura y acceso, y capital humano; si se los compara con los países desarrollados. Es evidente también el esfuerzo de cada vez más gobiernos por satisfacer las necesidades de los ciudadanos, proporcionando servicios y formas de diálogo en línea combinados con otras facilidades como envíos por correo, videos, telefonía móvil y redes sociales.

36.3.4 Formación en Gobierno Electrónico

La formación es un aspecto que se desarrolla de forma colaborativa en la región, a través de redes y otras modalidades. Ello se ilustra con la Red Iberoamericana de Formación en Gobierno Electrónico (RIG-FE) [400], creada por voluntad de diecisiete países con el objetivo de fomentar y consolidar un ámbito para el desarrollo y oferta de programas de formación, investigación y servicios en e Gobernabilidad, GE y SIC en la región.

La red tiene como destinatarios a integrantes de los ámbitos académico y político-administrativo, pero está abierta a alianzas con instituciones gubernamentales y académi-

cas, organismos internacionales y de cooperación con potencial sinérgico, en relación a sus objetivos y ejes de acción.

Ha establecido alianzas estratégicas y colaboraciones con organismos nacionales y regionales, entre ellos: OEA, Red GEALC, CLAD, y las Fundaciones CTIC y CEDDET de España.

Coordina los ejes de acción: formación, investigación, servicios y gestión. El eje de formación está centrado en la creación de cátedras de GE, y en propiciar espacios de intercambio y cooperación en América Latina y el Caribe.

Desarrolla un programa de formación en GE, colabora en la oferta educativa de otras instituciones y en la realización de cursos de grado de universidades de Argentina, Ecuador, México y Costa Rica.

36.4 IDE y GE: Algunas consideraciones

Las relaciones entre GE e IDE, se han investigado por de Vries (2007) a efectos de identificar puntos comunes y posibles vínculos faltantes entre los dos campos de estudio, utilizando para ello técnicas de *Latent Semantic Analysis* (LSA), aplicadas al análisis de las publicaciones de cinco medios destacados de GE. Se compararon estos resultados con aspectos claves de IDE, concluyendo que quienes investigan en materia de GE e IDE tienen mucho por aprender los unos de los otros. Los resultados de este estudio son un indicador de que todavía hay una clara brecha entre los dos campos de investigación, a pesar de sus similitudes en temas y objetivos.

Las evaluaciones de varios países de América Latina y El Caribe sobre avances de IDE y los informes elaborados por Naciones Unidas, posibilitan analizar en conjunto y de forma más profunda el panorama evolutivo de las IDE y el GE.

En algunos países ya se ha concretado la integración de IDE y GE, como es el caso de Perú y Uruguay. En Uruguay, la Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información (AGESIC) [401] incluye los sistemas georreferenciados en el alcance de sus cometidos. Esto facilita la incorporación de datos y servicios espaciales al portal ciudadano. La base está en que la infraestructura de interoperabilidad se pensó para manejar servicios geográficos.

Al observar los planes de acción conjunta de la región, no se aprecia un evidente punto de contacto común entre GE e IDE, lo cual constituye una oportunidad para considerar posibles acciones conjuntas en un futuro.

Si se consideran las IDE y el GE a través del tiempo, se observa que las primeras IDE de la región datan de la década de 1990. El GE se inició algo más tarde. Este hecho temporal incidió en cómo se plasmó la relación: IDE – GE.

En algunos lugares se inició el GE cuando ya existían las IDE o, al menos, desarrollos a nivel de sus predecesores (Sistemas de Información Territorial, SIT) empleando tecnologías de SIG. La llegada del GE fue, en algunos casos, un retroceso para la información geoespacial al no contemplarse dentro de las políticas de implantación de GE. En otros, si bien el

GE se desarrolló con independencia de las IDE a altos niveles de decisión, ha sido de eficaz ayuda para la los servicios IDE generados en organismos técnicos. En muy pocos casos, la planificación y desarrollo han sido conjuntos, incorporándose las IDE a las políticas y estrategias de GE de máximo nivel de decisión en un país.

36.4.1 IDE y GE: sus destinatarios finales

Para el análisis de la relación IDE–GE, deben considerarse sus destinatarios finales. Tanto en el caso del GE como en el de las IDE tendientes a SEC, se priorizan a las personas.

Por tanto, a nivel de un Estado ya sea nacional, provincial (estadual) o municipal, los destinatarios finales comunes a las IDE y el GE son las personas a quienes el Estado presta sus servicios públicos. En estos conjuntos de personas, se contemplan los: nativos digitales (nacidos desde 1980) e inmigrantes digitales (nacidos antes); si bien no todos los nacidos después de 1980 son nativos, ni todos los nacidos antes inmigrantes (Piscitelli, 2009). Este autor partió de la idea de considerar a los nativos digitales como una nueva clase cognitiva, que reveló la necesidad de diseñar competencias digitales en igualdad con las analógicas tradicionales, y que sostiene que la alfabetización digital forma parte de una nueva infraestructura del conocimiento.

Por otra parte, para los tomadores de decisiones y para el desarrollo de políticas de Estado, resulta cada vez más evidente la demanda de información georreferenciada. Cabe destacar que la información oportuna sirve para salvar vidas y actuar proactivamente en el momento de planificar.

36.4.2 IDE y GE: oportunidades en el marco de la «Declaración de Mar del Plata»

Los Jefes de Estado y de Gobierno de los países, reunidos en la XX Cumbre Iberoamericana bajo el lema «Educación para la Inclusión Social», suscribieron en Argentina el 4 de diciembre de 2010 la **Declaración de Mar del Plata**, considerando que los gobiernos deben facilitar el acceso y la comprensión de las leyes y caminar hacia un modelo de Administración más abierto, transparente y colaborativo, que permita responder eficazmente a los desafíos económicos, sociales, culturales y ambientales que se plantean a nivel mundial. Entre los puntos de este Acuerdo [402], constan:

- **Acuerdo 7:** Incorporar en los sistemas educativos el principio de la inclusión de tal manera que ninguna persona deje de tener una oferta educativa pertinente y oportuna a sus necesidades, expectativas, intereses e identidad, ya sea bajo la modalidad de educación formal o de educación no formal e informal.
- **Acuerdo 16:** Consolidar las redes y espacios del conocimiento a nivel subregional, regional e internacional.
- **Acuerdo 24:** Fomentar la investigación y el desarrollo de estrategias innovadoras para la incorporación de las tecnologías de la información en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

- **Acuerdo 36:** Ratificar las resoluciones acordadas por la XII Conferencia Iberoamericana de Ministros de Administración Pública y Reforma del Estado, que impulsan las políticas, estrategias y herramientas que posibiliten avanzar en la educación con inclusión social; impulsar el desarrollo de las Cartas Iberoamericanas de la Función Pública, Calidad y Gobierno Electrónico, el Programa 2010-2012 de la EIAPP como instrumentos esenciales para el fortalecimiento y la modernización de la gestión pública en Iberoamérica; impulsar la declaración aprobada en el V Foro Ministerial Unión Europea – América Latina y el Caribe, La Granja, España, 2010 [403].

Los puntos abordados en la **Declaración de Mar del Plata**, junto a las Resoluciones y otros instrumentos resolutivos, abren un conjunto de oportunidades para la realización de propuestas formativas que vinculen las IDE y el GE.

36.5 Conclusiones

Las IDE y el GE, son dinámicos, evolutivos y cambiantes en el contexto de la SIC. Los acuerdos internacionales vigentes, relacionados con IDE, GE y educación, ofrecen un panorama de lo que los países de Iberoamérica consideran para el futuro, apreciándose una creciente tendencia hacia el logro de objetivos individuales de cada país y del conjunto de la región.

Lo acordado en la Declaración de Mar del Plata, (punto 7), es un marco apropiado para la generación de propuestas formativas (bajo modalidades de educación formal, no formal o informal), orientadas prioritariamente a personas no familiarizadas con el mundo geoespacial, de modo que puedan lograr las competencias necesarias en IDE (con una visión amplia, orientada a SEC) y en GE.

El GE en Iberoamérica, si bien cuenta con un conjunto de redes de países que sustentan su desarrollo con variados planes de formación, tiene una presencia geoespacial aún muy escasa. Las redes existentes, constituyen una infraestructura disponible para generar sinergias entre iniciativas regionales y cooperación internacional, que podrán capitalizarse para viabilizar propuestas emergentes de iniciativas conjuntas GE–IDE. Esta es una oportunidad con miras al futuro.

En las iniciativas de GE de los países de Iberoamérica no es frecuente la inclusión de las IDE desde el máximo nivel, aunque existen excepciones que están logrando avances significativos. El mayor acercamiento del mundo IDE a las esferas de liderazgo de GE parece ser una cuestión a abordar con urgencia.

En materia de IDE y GE, hay abundante literatura sobre conceptos, experiencias probadas, casos de éxito, lecciones aprendidas, factores críticos a considerar en el desarrollo, y evaluaciones sistémicas periódicas de sus avances. Ellas constituyen un valioso punto de partida para realizar investigaciones más profundas en pro de su desarrollo individual y conjunto.

CAPÍTULO 37

EL PROGRAMA GEOSUR: CONTRIBUCIÓN EFECTIVA PARA EL DESARROLLO DE LAS IDE EN AMÉRICA LATINA

Eric van Praag¹, Santiago Borrero²

¹CAF – Banco de Desarrollo de América Latina, Caracas, Venezuela

²Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), México D. F., México

¹evanpraag@caf.com, ²sborrero@ipgh.org

Resumen. América Latina afronta hoy importantes retos para integrarse al proceso de globalización y para adaptarse a los cambios de paradigma en los esquemas de desarrollo vigentes. Uno de estos retos, involucra el uso de IG clave para la evaluación del impacto de distintos escenarios de desarrollo. Con la finalidad de colocar a disposición de los especialistas y de los responsables regionales de IG nacional y transnacional, disponible a través de aplicaciones y servicios web fáciles de utilizar, se ha creado el Programa GeoSUR. GeoSUR ha establecido un mecanismo efectivo, descentralizado y de alcance regional de disseminación y aplicación de datos geoespaciales en América Latina. Con la participación de instituciones nacionales generadoras de información geográfica, y bajo la coordinación de CAF (banco de desarrollo de América Latina) y del IPGH, se han implementado los siguientes servicios web para la región: (a) una red descentralizada de servidores de mapas y geocatálogos en América del Sur (b) un portal geográfico regional, (c) un servicio de mapas regional y (d) un servicio de procesamiento topográfico que permite generar derivados a partir del modelo digital de elevación SRTM (30 metros de resolución). Más de treinta instituciones nacionales y regionales, provenientes de veinte países de la región, participan activamente en el Programa e implementan servicios geográficos en la Web. El acceso a estos geoservicios, desarrollados por GeoSUR y por las instituciones que participan en esta iniciativa, es libre, gratuito y el usuario no requiere de un *software* especial para su uso. Los geoservicios se implementan en base a estándares y normas consensuadas que permiten su interoperabilidad y su vinculación al portal regional. Estos geoservicios se han desarrollado tanto en *software* libre como en *software* comercial, en base a las preferencias de cada institución implementadora. Independientemente de los logros alcanzados con otras iniciativas subregionales, el Programa GeoSUR ha logrado sentar las bases tecnológicas necesarias para el establecimiento de una IDE regional en América Latina.

Palabras Clave: Programa GeoSUR, GeoSUR, Geoportal, Servidores de mapas, Geoservicios, SRTM, IDE, IDE regional, IPGH, CAF.

37.1 Introducción

América Latina, con su 21 millones de km² de territorio y sus 581 millones de habitantes, es una región privilegiada que cuenta con abundantes recursos naturales, hídricos, minerales, energéticos y humanos que, bien administrados, le podrían permitir alcanzar un alto grado de desarrollo en las próximas décadas. La planificación necesaria para aprovechar de forma efectiva este potencial y traducirlo en un nivel de desarrollo sostenible que beneficie a sus habitantes requiere hoy en día de una IG relevante en una infinidad de temas útiles necesarios para el adecuado desarrollo de la región.

La IG supranacional es clave para la región (van Praag, 2010) y para la eficiente ejecución de importantes iniciativas de integración que persiguen la inserción de América Latina en las dinámicas de desarrollo mundiales bajo condiciones favorables. Entre estas iniciativas vale la pena destacar el Mercado Común del Sur (MERCOSUR), la Comunidad Andina de Naciones (CAN), la Unión de Naciones Suramericanas (UNASUR), el Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), la Comunidad del Caribe (CARICOM), el Proyecto Mesoamérica y la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana (IIRSA), entre otras de interés.

Las iniciativas regionales mencionadas resaltan la importancia de fortalecer las capacidades regionales para la generación, organización y publicación de datos geoespaciales como una herramienta esencial de apoyo a los trabajos de planificación y ordenamiento territorial. La información espacial debe estar disponible para los planificadores y tomadores de decisiones de la región de una manera más sencilla y rápida, para permitir su uso apropiado.

En la actualidad se puede responder adecuadamente a estas necesidades gracias a los grandes avances alcanzados en áreas como TIC (Mayer-Schonberger y Lazer, 2007), IDE, SIG y estándares y protocolos geográficos.

A pesar de los avances logrados a nivel internacional en las áreas antes mencionadas, en América Latina persiste un déficit notable de información espacial digital estructurada y estandarizada para fines de desarrollo económico y social, e integración regional. Los proyectos supranacionales, la expansión de la infraestructura regional, así como una mayor disponibilidad de bienes públicos regionales, reclaman el acceso a mayor y mejor información espacial.

Esta situación se produce debido a que la información espacial existente en algunos países de la región se ha producido sin tener en consideración la aplicación de estándares adecuados, se ha creado en el contexto de proyectos puntuales, no se ha catalogado correctamente y se genera sin tomar en cuenta mecanismos adecuados para su diseminación o interoperabilidad. Todo esto se traduce en la existencia de información espacial útil pero que el tomador de decisiones o responsable no conoce, a la que no logra acceder, o no puede utilizar correctamente debido a la falta de mecanismos que faciliten su búsqueda, acceso y manipulación.

Con el objetivo de contribuir a resolver algunos de los problemas mencionados, la Corporación Andina de Fomento (CAF) y el IPGH, con la colaboración y participación de más de cincuenta instituciones de América Latina, trabajan en forma mancomunada para el estableci-

miento de un mecanismo descentralizado que disemine información geográfica útil a la toma de decisiones para el desarrollo en América Latina, utilizando las tecnologías de información más recientes y avanzadas: el Programa GeoSUR.

El Programa GeoSUR está sentando las bases para la estructuración de una IDE regional mediante el desarrollo de algunos de sus componentes geoespaciales básicos, como: un portal regional, un servicio regional de mapas, servicios nacionales de mapas y catálogos geoespaciales. Estos geoservicios se desarrollan directamente, en su gran mayoría, por las instituciones nacionales que participan en el Programa GeoSUR.

Durante la primera fase del Programa se priorizó la participación de instituciones nacionales generadoras de información básica oficial, entre las que se destacan los institutos geográficos nacionales, los ministerios de medio ambiente y los ministerios de planificación y obras públicas. Una vez que se incorporaron estas instituciones al Programa en forma efectiva se invitó a participar a otras instituciones generadoras de datos geográficos temáticos, como ministerios de educación, universidades, ONG y empresas privadas.

En 2011, participan activamente en el Programa las siguientes instituciones:

- Dirección Nacional del Medio Ambiente de Uruguay (DINAMA)
- Instituto Geográfico Nacional de Argentina (IGN de Argentina)
- Instituto Geográfico Militar de Bolivia (IGM Bolivia)
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
- Instituto Geográfico Militar de Chile (IGM Chile)
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia (IGAC)
- Instituto Geográfico Militar de Ecuador (IGM Ecuador)
- Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia, Panamá (IGNTG)
- Instituto Geográfico Nacional de Perú (IGN de Perú)
- Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB)
- Ministerio del Ambiente de Chile
- Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP Chile)
- Ministerio del Ambiente del Ecuador
- Ministerio del Ambiente del Perú
- Secretaría del Ambiente de Paraguay (SEAM)
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente de Venezuela
- Servicio Geográfico Militar de Paraguay
- Servicio Geográfico Militar de Uruguay

Durante la fase de conceptualización del Programa se evaluó la experiencia acumulada en la región por el conjunto de proyectos geoespaciales subregionales y por las IDE nacionales. Entre estos cabe destacar el Proyecto PREDECAN de la Comunidad Andina, el Proyecto geoespacial

IABIN, la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE) y el Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial (SNIT) de Chile. Estas iniciativas han ofrecido modelos de implementación y arquitecturas tecnológicas útiles para el diseño y desarrollo de GeoSUR.

37.2 Arquitectura de GeoSUR

GeoSUR ha desarrollado una plataforma tecnológica descentralizada. La mayoría de la información geoespacial disponible a través de la Red GeoSUR es información nacional disponible en los servicios de mapas y catálogos espaciales operados directamente por las instituciones participantes. Bajo este esquema se mantiene la información cerca de sus productores, logrando así que se mantenga actualizada y evitando a toda costa, la complejidad técnica y política que conlleva el establecimiento de un gran nodo central donde se concentra la información.

La plataforma de GeoSUR está dividida en cuatro grandes componentes:

- El portal regional de América Latina
- La red de geoservicios para despliegue de información
- La red de geoservicios para descripción de información
- Geoservicios regionales de procesamiento



FIGURA 37.1. Interacción entre los geoservicios regionales y los geoservicios nacionales en el Programa GeoSUR (Fuente: Programa GeoSUR)

La idea es sencilla y se ha comprobado su funcionalidad a nivel mundial en innumerables IDE. Como punto de entrada a los geoservicios disponibles en la Red se establece un portal. Los geoservicios de despliegue ofrecen acceso a datos geoespaciales para visualización, descarga y análisis; los geoservicios descriptivos (o geocatálogos) permiten localizar y evaluar las características de la información disponible, y los geoservicios de procesamiento permiten realizar análisis y procesamiento de la información.

El vínculo común que permite unir todos estos componentes tan diversos, desarrollados por instituciones con grados tan distintos de avance tecnológico y con plataformas de *hardware* y *software* disímiles, lo constituyen los estándares y protocolos (Thomas, 2006). Sin este eslabón, las bases de datos nacionales permanecen aisladas y sus datos son difícilmente interoperables entre sí. Una institución participante puede tener sus recursos geoespaciales disponibles en *software* libre o comercial, puede contar con 3 metadatos o con 140 000, puede utilizar Windows o Linux, puede contar con mapas proyectados en Web Mercator o Lambert. Estas y otras opciones son válidas para integrarse a la Red GeoSUR, siempre y cuando se utilicen estándares y protocolos reconocidos que permitan que estos geoservicios se vinculen con el portal e interoperen con los demás geoservicios de la Red.

El Programa ha establecido acuerdos de cooperación con instituciones que conocen a fondo la temática geoespacial para la construcción conjunta de la plataforma tecnológica de GeoSUR y para suministrar asistencia técnica a las instituciones participantes. Se viene trabajando en este sentido con los Institutos Geográficos de Chile, Colombia, Ecuador, España y los Estados Unidos.

37.3 El portal regional de América Latina

El portal geográfico de América Latina desarrollado por el Programa, permite el descubrimiento y el acceso a recursos espaciales disponibles en la Red GeoSUR como mapas digitales, fotos aéreas, imágenes satelitales y geoservicios diversos. Permite organizar, administrar y publicar metadatos para estos recursos espaciales y ofrecer acceso libre para que los usuarios descubran y se conecten a los recursos mencionados.



FIGURA 37.2. Portal de América del Sur desarrollado por GeoSUR (Fuente: GeoSUR)

Cada institución participante posee una cuenta de administrador en el portal que le permite registrar sus catálogos de metadatos, administrar el proceso de colecta de metadatos y

registrar sus geoservicios compatibles con especificaciones de OGC. Para cada geoservicio que se desee vincular al portal, se genera un metadato ISO19119 mediante el uso del editor de metadatos disponible en línea, o alternativamente se obtiene mediante el proceso de colecta.

El portal se ha desarrollado con apoyo del centro EROS (*Earth Resources Observations and Science*) y del USGS (*U.S. Geological Survey*). La plataforma se ha construido con el programa ESRI *Geoportal Server* 9.3.1 bajo el administrador de contenido *Joomla* y estará disponible en primera instancia en dos idiomas: español e inglés, y posteriormente se publicará la versión en portugués.

A mediados de 2011 el portal ofrecía acceso a más de 80 servicios WMS que albergaban alrededor de 2.000 datos espaciales y a más de 10.000 metadatos obtenidos mediante el proceso de colecta.

37.4 La red de geoservicios para despliegue de información

GeoSUR ha constituido una red de IG descentralizada, donde cada institución participante desarrolla, opera y mantiene sus servicios geográficos en web. En la red, para efectos de consulta y despliegue de información, predominan los servicios WMS.

GeoSUR hace hincapié en el uso de los estándares y protocolos reconocidos por OGC e ISO para lograr la interoperabilidad de los diversos geoservicios disponibles. Las instituciones participantes tienen la libertad de elegir las plataformas *hardware* y *software* para compartir datos en red, siempre que utilicen estándares OGC y/o ISO reconocidos a nivel regional, y soportados por el Programa.

El portal ofrecía a mediados de 2011 acceso a servicios WMS operados por instituciones participantes y a un creciente número de servicios WFS y WCS. A fin de permitir la consulta de la información espacial contenida en estos geoservicios de despliegue, el portal ofrece un motor de búsqueda de metadatos. Al obtenerse el metadato —conforme con el estándar ISO19119 que describe el servicio de interés—, el usuario puede consultar los datos espaciales por medio de un visor asociado al portal. A través de este medio un usuario podría, por ejemplo, consultar servicios WMS con datos de vialidad de todos los países de América Latina, armando un mosaico de mapas viales nacionales en el visor.

La mayoría de los servicios de mapas en la red contienen datos geográficos a nivel nacional, pero existen también dos servicios con datos regionales: el servicio Cóndor y el Servicio Regional de Mapas (SRM) de GeoSUR.

El SRM está principalmente orientado a los desarrolladores de infraestructura, ya que ofrece acceso a datos espaciales sobre proyectos de infraestructura existentes de IIRSA y la CAF, y sobre temas que tienen un impacto sobre el desarrollo de la infraestructura, como carreteras, puertos, aeropuertos, ferrocarriles, tuberías de petróleo, ríos, áreas protegidas, uso y cobertura del suelo y relieve topográfico. El servicio se desarrolló con el respaldo del centro

EROS y utiliza *ArcGIS Server*. Todos los datos regionales disponibles en este servicio se pueden descargar libremente, sin coste ni restricciones de uso.

El servicio Cóndor permite consultar datos ambientales de los países andinos útiles para la planificación de proyectos de infraestructura. El servicio incluye una herramienta de evaluación temprana centrada en la identificación de riesgos y oportunidades ambientales para proyectos en fase de planificación.

Debido al número y a la diversidad de geoservicios disponibles en la plataforma de GeoSUR, se decidió establecer una herramienta de diagnóstico que permite visualizar de forma rápida el estado de cada geoservicio registrado en el portal. En la actualidad es posible monitorear el funcionamiento de los servicios CSW, WMS, WFS y aquellos provistos por ArcIMS. La herramienta se desarrolló inicialmente por el Comité Federal de Datos Geográficos de los EE. UU. (FGDC) y el USGS, que se adaptó y tradujo al español para GeoSUR. La herramienta envía diariamente un correo a cada administrador del geoservicio con un reporte operativo del mismo.

37.5 La red de geoservicios para descripción de información

La red descrita en el apartado anterior se complementa con una red de geocatálogos que permite consultar metadatos asociados a los datos espaciales disponibles en la Red GeoSUR, y producidos por las instituciones participantes. Estos catálogos se operan y mantienen por las instituciones participantes de forma independiente. Para su vinculación al portal GeoSUR, cada administrador lo registra en el portal y establece los parámetros que regirán el proceso de colecta. El portal permite coleccionar metadatos de geocatálogos conformes con CSW, OAI, WAF, ESRI MS *Metadata Services* o Z39.50.

A la fecha, el almacén central de metadatos del portal, producto de la colecta de los geocatálogos participantes, contiene más de 9.000 fichas de metadatos de más de 10 instituciones. Con objeto de evitar la duplicidad de información, el portal no colecciona el contenido completo de los geocatálogos y se centra en la colecta de metadatos asociados a datos espaciales disponibles en Internet, o disponibles en formatos digitales. Para instituciones que poseen un gran volumen de metadatos, como es el caso del Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia (con un acervo de metadatos de más de 140.000 registros), únicamente se coleccionan los metadatos asociados a geoservicios.

Los metadatos están disponibles para su consulta por medio del motor de búsqueda del portal. Este mecanismo de localización de información permite tanto la búsqueda en el portal como directamente en los geocatálogos participantes.

37.6 Geoservicios regionales de procesamiento de datos

Además de permitir consultar metadatos y visualizar datos espaciales, GeoSUR ofrece acceso a servicios regionales para procesamiento, análisis y modelado de información. El primer

geoservicio desarrollado por GeoSUR con esta finalidad es el denominado Servicio de Procesamiento Topográfico (SPT).

El SPT es el primero en su categoría en el mundo por su resolución y por su cobertura geográfica regional. El servicio permite generar datos derivados y acometer diversos análisis espaciales a partir de Modelos Digitales de Elevación (MDE) de América Latina. Los usuarios pueden ejecutar los modelos contenidos en el servicio utilizando un conjunto variado de MDE en diferentes resoluciones, que incluye 1 kilómetro, 500 metros, 250 metros, 90 metros y 30 metros. Los modelos disponibles en el SPT incluyen perfil de elevación, clasificación de pendiente, delineación dinámica de cuencas hidrográficas, sombreado, clasificación de elevación, orientación y trazado de gotas de lluvia. El servicio forma parte del Servicio Regional de Mapas descrito anteriormente. Toda la información generada por el SPT y todos los modelos se puede descargar de forma gratuita, excepto el MDE de 30 metros.

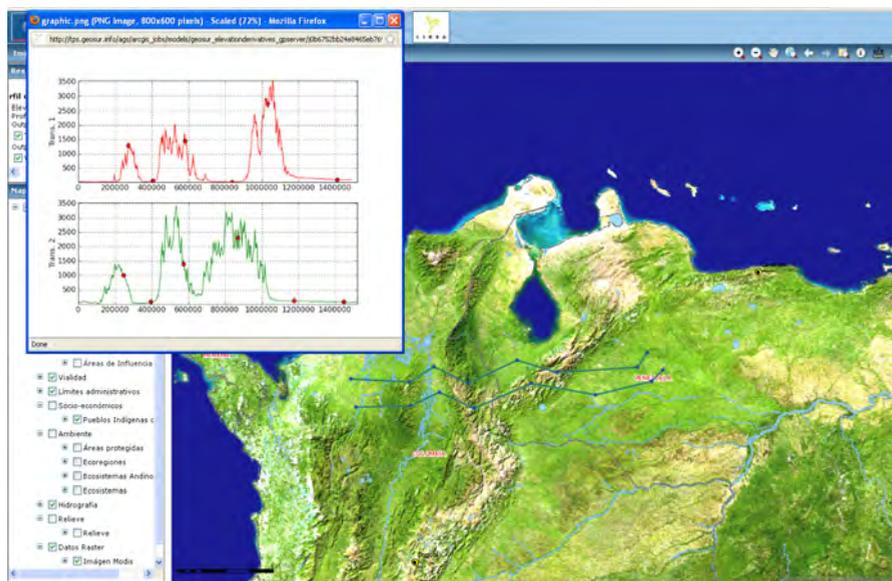


FIGURA 37.3. Perfil de elevación disponible en el SPT. (Fuente: Programa GeoSUR)

Antes de inaugurar el SPT, el USGS completó los vacíos de información del MDE de 30 metros del SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) (Cushing, 2008) para América del Sur con datos del ASTER *Global Digital Elevation Model* (GDEM) y datos del MDE Global TOPO30, y creó un conjunto de datos derivados integrales que incluyen sombreado, relieve sombreado, pendiente y orientación para la región.

Los usuarios avanzados pueden acceder directamente a los modelos del SPT desde una herramienta SIG de escritorio, y pueden utilizar datos locales con este servicio para extraer los productos derivados de forma más precisa y simplemente integrarlos en la aplicación.

37.7 Conclusiones

El Programa GeoSUR ha logrado establecer la primera red de IG en web en América Latina. Este importante logro se debe a un esquema de trabajo colaborativo, donde cada institución participante trabaja de forma conjunta para el establecimiento de geoservicios interoperables a nivel regional, y una arquitectura descentralizada que permite que los productores de información la viertan directamente en la web bajo plataformas tecnológicas adaptadas a sus posibilidades y necesidades (Nebert, 2004).

Cabe destacar también, otro logro importante de GeoSUR: la transferencia tecnológica alcanzada. Más de 140 especialistas latinoamericanos en geomática, geodesia, geografía, cartografía y ciencias informáticas han recibido capacitación en tecnologías espaciales de punta, participan activamente en la construcción de la Red regional y han conformado una red electrónica para compartir información, experiencias y ofrecer asistencia técnica.

La naturaleza descentralizada de GeoSUR debe facilitar la sostenibilidad de esta iniciativa, pues los nodos o servicios de la Red los operan y mantienen las instituciones participantes. CAF y el IPGH han asumido el compromiso de operar y mantener activos y actualizados los geoservicios centrales de la Red: el portal, el Servicio Regional de Mapas y el Servicio de Procesamiento Topográfico.

A pesar de los importantes logros alcanzados en un corto periodo de tiempo, GeoSUR afronta importantes retos. Quizás el más importante sea el de convertirse en una herramienta útil para la toma de decisiones, auspiciando un cambio de paradigma en la planificación del desarrollo en América Latina.

Independientemente de los resultados alcanzados con otras iniciativas regionales, es un hecho que los avances logrados por el Programa GeoSUR han sentado las bases tecnológicas efectivas para el establecimiento de una auténtica Infraestructura de Datos Espaciales de América Latina.

CAPÍTULO 38.

ACTUALIDAD Y PERSPECTIVA CERCANA DE LAS IDE

Luiz Paulo Souto¹, Alvaro Monett², Moema José de Araújo³, Valéria Oliveira Henrique⁴

¹Presidente del CP-IDEA – 2009/2013, ²Coordinador del Grupo de Trabajo de Planificación (GTplan) del CP-IDEA,

³Miembro del Grupo de Trabajo de Planificación (GTplan) del CP-IDEA ⁴Secretaria Ejecutiva del CP-IDEA

¹luiz.fortes@ibge.gov.br, ²amoneth@mbienes.cl, ³moema.augusto@ibge.gov.br, ⁴valeria.araujo@ibge.gov.br

Resumen. El Comité Permanente para la Infraestructura de Datos Geoespaciales de las Américas (CP-IDEA) se creó en Nueva York en Junio de 1997, en la Sexta Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para las Américas. El CP-IDEA cuenta actualmente con 24 países miembros de América del Sur, Caribe, América Central y América del Norte. El surgimiento y desarrollo de las IDE en las Américas está relacionado con los temas de economía, medio ambiente, educación y bienestar social, por lo que su construcción se plantea en términos de su razón de ser, de su rentabilidad, de lo que se pretende resolver, partiendo de la premisa fundamental que se necesita la construcción de una plataforma sólida para la toma de decisiones acertada en los grandes temas que enfrenta la humanidad. Para el CP-IDEA los progresos en la disponibilidad y accesibilidad de la información geoespacial mundial dependerán de la cooperación entre los países.

Palabras Clave: IDE, IG Integración, Armonización y Disponibilización de IG, Comité Permanente para la Infraestructura de Datos Geoespaciales de las Américas (CP-IDEA), IG Regionales y Globales, Bases de Datos Geoespaciales, Aplicaciones y Servicios.

38.1 Introducción

Para orientar a los agentes públicos y privados en su toma de decisión son fundamentales un adecuado conocimiento y representación del territorio, con un enfoque en la planificación y desarrollo, en el monitoreo y la gestión de riesgos, en la planificación de la ocupación del territorio y en la mitigación y adaptación a la ocurrencia de eventos, tanto del punto de vista de la preservación de la vida humana, como del patrimonio natural, cultural y de la biodiversidad.

La forma más avanzada de hacer disponible para la sociedad la información geoespacial, fundamental para el adecuado conocimiento del territorio, son las IDE. Sin embargo, esas infraestructuras necesitan ser construidas, tener datos e información geoespacial y estar integrados y armonizados para escalas territoriales transnacionales, para que el territorio esté bien representado y así atender todas las necesidades de información.

38.2 Las IDE en el Mundo

Hay un reconocimiento creciente de que algunos de los principales desafíos de la sociedad moderna, tales como la protección del ambiente, cuestiones relacionadas con la seguridad, la mejora de los transportes, el desarrollo social y los servicios de valor añadido al ciudadano, exigen que se identifique dónde es mayor la presión de la necesidad, qué medios son necesarios para orientar eficazmente la intervención, monitorear resultados y evaluar impactos. Para todas estas tareas, la IG es crucial (GINIE, 2000).

Tal información debe no solamente existir, sino además debe ser fácil identificar dónde es posible obtenerla, si se adecúa a un objetivo concreto, saber cómo puede ser accedida, y si puede ser integrada con otra información. Es necesario tener un marco de políticas, acuerdos institucionales, tecnologías, datos y responsables que haga posible compartir y utilizar eficazmente la información geoespacial. Las IDE engloban todos estos componentes. Desde el inicio de la década de 90 la construcción de las IDE viene siendo considerada una acción esencial de buena gobernanza, tanto por el Estado como por la sociedad, en diversos países (Onsrud, 2000) desembocando en el actual concepto de “*Spatial enabled society*” (Williamson, 2010) que ha sido presentado en el cap. 36.

La formulación y comprensión de los conceptos asociados y expresiones tales como datos, datos geográficos, información geográfica o geoespacial, etc. tienen un peso cada vez mayor en la atención a las demandas de la gestión del conocimiento, de la gestión territorial y ambiental, de la gestión de programas sociales y de inversiones, de la mitigación de riesgos e impactos de fenómenos naturales, y a otros tipos de demandas.

En efecto, la valoración de la información geoespacial aumenta a nivel global, a partir de una mentalidad más responsable con el medio ambiente y de las demandas sociales y económicas por una mejor comprensión de la realidad territorial, en la medida en que subsidia la implementación de políticas de gestión y desarrollo continuo.

En el inicio de los años 90, la Agenda 21, [404] documento final de la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Desarrollo, en su Sección IV, Capítulo 40, titulado “Información para la Toma de Decisión”, enfatizó la necesidad de incrementar las actividades de adquisición, evaluación y análisis de datos utilizando nuevas tecnologías tales como: SIG, Percepción Remota (RS) y Sistemas de Posicionamiento Global (GNSS) (Maruyama y Akiyama, 2003).

Una de las conclusiones de la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Desarrollo, en 1992, fue el reconocimiento de que en muchas áreas, (territoriales y de conocimiento), la calidad de los datos usados no es adecuada y que, aún donde existen datos, y aunque éstos sean de calidad satisfactoria, su utilidad es reducida por restricciones de acceso o por falta de estándares de los conjuntos de datos. La superación de esas dificultades constituye un desafío que debe ser asumido en la implantación de una IDE.

El aumento de la conciencia sobre el papel central de los acuerdos de distribución de bases de datos geoespaciales con vistas a la integración, armonización y disponibilidad de aquellas consideradas de uso común, fue un factor que impulsó la evolución de las IDE en el mundo. Esos acuerdos, establecidos inicialmente entre órganos públicos, actualmente comprenden todos los actores de la sociedad en diversos países [405].

La importancia de esas infraestructuras para la buena administración y para el desarrollo económico y social ha conducido a la mayoría de los países del mundo a involucrarse en su proceso de desarrollo. Se verifica que las IDE se han mostrado como un medio estratégico para lograr objetivos de desarrollo, tanto en países desarrollados como aquellos en desarrollo (IDE-LAC, 2009; [406]).

38.3 Creación del CP-IDEA

El surgimiento y desarrollo de las IDE en las Américas está muy relacionado con los temas de economía, medio ambiente, educación y bienestar social, por lo que su construcción se plantea en términos de su razón de ser, de su rentabilidad, de lo que se pretende resolver, partiendo de la premisa fundamental que se necesita la construcción de una plataforma sólida para la toma de decisiones acertada en los grandes temas que enfrenta la humanidad.

La creación del CP-IDEA responde a la necesidad de atender las Resoluciones 3 y 4 de la Sexta Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para las Américas, celebrada en Nueva York, en Junio de 1997. Esas resoluciones señalaban la necesidad de establecer un comité permanente de IDE para las Américas, considerar el establecimiento de las IDE nacionales y que todos los estados miembros participen en el comité definido en la resolución número tres.

El Comité Permanente se constituyó mediante un acuerdo provisional firmado por 21 países de las Américas el 29 de febrero de 2000, en Bogotá, Colombia. Se acordó en la ocasión que el Comité promovería la participación de todos los países de América en el desarrollo de la IDE Regional.

El Comité Permanente opera bajo la guía de las Conferencias Cartográficas Regionales de las Naciones Unidas para las Américas, y a ellas presenta sus recomendaciones y respectivos informes de actividades.

38.4 Los Objetivos del CP-IDEA

Las metas del CP-IDEA están alineadas con los principios de la Agenda 21 de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, con la finalidad de maximizar los impactos económicos, sociales y ambientales de la utilización de información geoespacial a partir del conocimiento e intercambio de experiencias y tecnologías en diversos países.

Para garantizar esas metas el CP-IDEA debe asegurar el cumplimiento de los siguientes objetivos [407]:

- Establecer y coordinar las políticas y normas técnicas para el desarrollo de una infraestructura regional de datos geoespaciales para las Américas.
- Promover con carácter prioritario el establecimiento y desarrollo de IDE nacionales para cada uno de los países miembros del CP-IDEA.
- Fomentar el intercambio de información geoespacial entre todos los miembros de la comunidad de las Américas, respetando su autonomía, conforme a sus leyes y políticas nacionales.
- Estimular la cooperación, investigación, complementación y el intercambio de experiencias en áreas de conocimiento relacionadas con la materia geoespacial.
- Definir lineamientos y estrategias para apoyar a las naciones miembros en el desarrollo de la información catastral teniendo en cuenta las necesidades individuales de cada país.

La IDE para las Américas se define como el conjunto de datos geoespaciales fundamentales, los estándares que permitan su integración, los mecanismos que facilitan su acceso y uso y las políticas y principios que aseguren su compatibilidad entre los países miembros del CP-IDEA.

38.5 Composición del CP-IDEA

Los miembros del Comité son los titulares de las organizaciones nacionales oficiales encargadas de coordinar la gestión de la IG; en caso de no existir, esta representación será ejercida por los directores de las organizaciones competentes en el área, o de las entidades nacionales responsables del medio ambiente y el desarrollo sustentable.

El gobierno de cada país designa un representante único al Comité Permanente, que puede designar especialistas en la materia para apoyarlos y asistir a las reuniones.

El CP-IDEA cuenta actualmente con 24 países miembros de América del Sur, Caribe, América Central y América del Norte, conforme a la fig. 38.1.

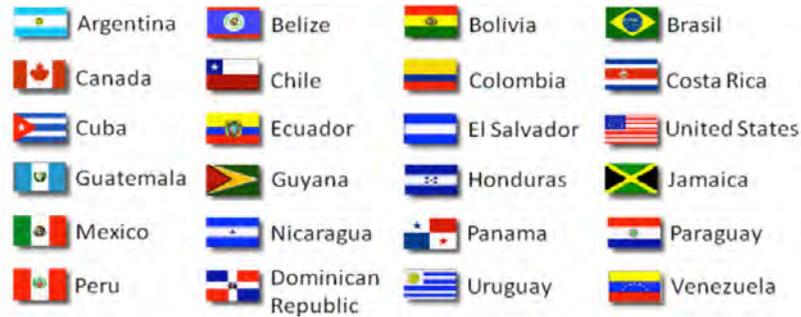


FIGURA 38.1: Países miembros de CP-IDEA (Fuente: Elaboración propia)

38.6 Estructura

Además de los miembros del Comité, CP-IDEA tiene en su estructura una Junta Directiva que está compuesta por un Presidente, un Vicepresidente, un Secretario Ejecutivo y cuatro Vocales. Los vocales deberán ser, en la medida de las posibilidades, representativos de las cuatro subregiones americanas, esto es, América del Norte, América Central, Caribe insular y América del Sur, buscando un equilibrio regional.

38.7 Relaciones de CP-IDEA con otras organizaciones

El reconocimiento del CP-IDEA es de importancia en el nivel nacional de cada país, ya que fija las pautas conceptuales para la puesta en práctica de las infraestructuras nacionales en un contexto de integración a la infraestructura regional y a la IDE global.

Como se dijo más arriba, uno de los objetivos declarados del CP-IDEA consiste en promover la creación de infraestructuras nacionales. Así, el cumplimiento de los objetivos regionales depende y debe ser congruente e inductor del cumplimiento de los objetivos nacionales.

Cabe hacer la observación de que la relación entre los contextos regional y el nacional es de integración cuando se va de lo nacional a lo regional; esto es, la infraestructura regional es la suma de las infraestructuras nacionales, en tanto que la relación se puede considerar en la vertiente de directrices conceptuales, de aprovechamiento de experiencias, de formulación de acuerdos y recomendaciones, y de monitorear el desarrollo cuando se considera la relación desde lo regional a lo nacional. Este concepto se ha venido desarrollando y fue objeto de la Sexta Conferencia sobre la Infraestructura Global de Datos Espaciales (Budapest, Hungría) con el lema de “De lo Global a lo Local”.

La estructura de jerarquía piramidal presentada y citada en la bibliografía (Nebert, 2004, y Rajabifard *et al.*, 2000) identifica la importancia de la interrelación entre los diferentes niveles de IDE (global, continental, nacional, regional, estatal, local) y la interdependencia entre sus componentes.

Un paso importante cuando se piensa en una IDE regional es la difusión de sus beneficios. Estos beneficios han de abordar las áreas de alta prioridad política, como la reducción de la delincuencia, la salud, la educación, la planificación, protección física, ambiental y acciones de prevención a los desastres naturales [408].

Actualmente existen otras iniciativas regionales centradas en la constitución de Comités Permanentes para IDE continentales similares a CP-IDEA, y también en proyectos tales como el GeoSUR (Red Geoespacial de América del Sur).

En Europa, la Directiva INSPIRE del Parlamento Europeo entró en vigor el 15 de mayo de 2007 con miras a la implantación de una IDE para los países de la Comunidad Europea, siendo considerada una de las principales iniciativas de construcción de una IDE regional en el mundo.

Cabe también destacar el PCGIAP (*Permanent Committee on GIS Infrastructure for Asia & the Pacific*). Este comité fue establecido por la Resolución 16 de la Versión N°13 de la Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico (Beijing 1994) y opera bajo la Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico.

El CP-IDEA mantiene contacto con estos organismos internacionales relacionados con el tema de la información geoespacial (fig. 38.2) y con otros tales como:

- GGIM (*United Nations Initiative on Global Geospatial Information Management*),
- GSDI (*Global Spatial Data Infrastructure Association*),
- EUROGI (*European Umbrella Organisation for Geographic Information*),
- AFREF (*African Geodetic Reference Frame*),
- Comité Técnico ISO 211
- ISCGM (*International Steering Committee for Global Mapping*),
- IPGH, (*Instituto Panamericano de Geografía e Historia*)
- SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas), etc.



FIGURA 38.2. Organismos internacionales relacionados con el tema de la información geoespacial con los cuales CP-IDEA mantiene contacto (Fuente: Elaboración propia)

38.8 Las IDE en las Américas

El uso de la información geoespacial produce una posibilidad directa o indirecta de una mayor eficiencia en todos los sectores públicos de la administración, en el proceso de toma de decisión política, así como en el sector privado. Las experiencias de los países ricos muestran que la información geoespacial afecta un 80% de la toma de decisión humana. Independientemente de la etapa de desarrollo, existen incontables aplicaciones para la información geoespacial. Las aplicaciones son las más variadas posibles, tales como: gestión, análisis estadístico, análisis socio-económico, seguimiento de los problemas ambientales y sus impactos, catastros, salud, gestión de desastres y riesgos, etc.

La gestión de la información geoespacial y su conocimiento tiene que ser reconocido como una importante tarea en países desarrollados y en desarrollo.

La implantación de IDE es una acción en marcha por parte de algunos gobiernos de países miembros del CP-IDEA. Este desarrollo es desigual en los diversos países americanos, encontrándose en fases diferentes de implantación. En la actualidad (mediados de 2011), ya existen Geoportales operativos en Brasil, México, Colombia, Chile, Estados Unidos y Canadá, entre otros. Son necesarios aún más esfuerzos en el sentido de construir una IDE para las Américas y, enseguida, acoplar esta infraestructura a las iniciativas globales para integración de este tipo de información.

38.9 Presente de CP-IDEA

En la novena Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para las Américas, patrocinada por la División de Estadística de las Naciones Unidas, fueron elegidas las nuevas autoridades para el período 2009-2013 y aprobadas las resoluciones que guían las actividades a ser desarrolladas por el CP-IDEA en este período, tales como:

- Preparación del plan de trabajo,
- La creación de grupos de trabajo para aplicación de este plan,
- El establecimiento de mecanismos para la construcción de IDE,
- Nuevo estudio sobre la situación de la cartografía por países y regiones,
- Creación de un foro para el intercambio de prácticas recomendadas en relación con las IDE,
- Organización de un evento para discutir la gestión del riesgo de desastres y las IDE, y
- El apoyo a las IDE en los países en desarrollo de América y en particular en la región del Caribe.

La nueva administración del CP-IDEA inició sus actividades mediante el desarrollo de un plan de trabajo que abarca las recomendaciones de las Naciones Unidas, así como la atención a las necesidades planteadas por sus miembros, que sería de suma importancia para el Comité y/o los países involucrados. A lo largo de todos los pasos del CP-IDEA, el desafío más grande es el de obtener fondos en forma permanente, a fin de que las actividades pre-

vistas puedan llevarse a cabo satisfactoriamente. Con el objetivo de superar esta barrera se están llevando a cabo varias acciones para buscar financiamiento y recursos provenientes de fuentes diversas para impulsar las actividades del Comité.

Durante la 5^a Reunión de la Junta Directiva celebrada en mayo de 2010 en Nueva York, fue creado el Grupo de Trabajo de Planificación (GTplan) encargado de la tarea de evaluar y detallar las recomendaciones de la novena Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para las Américas. Este grupo está conformado por representantes de Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Cuba, Guatemala y México, bajo la coordinación del representante de Chile apoyado en la colaboración de Canadá. La primera reunión del GTplan se realizó en Río de Janeiro, en las dependencias del Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística, en diciembre de 2010, con el patrocinio de la División de Estadísticas de las Naciones Unidas. En el marco de este encuentro se elaboró un plan de trabajo que da respuesta a lo estipulado en las tres primeras resoluciones de la mencionada novena conferencia y tiene como horizonte temporal el año 2013.

Las actividades y productos incluidos en el plan se agrupan en siete temáticas que están a cargo de los representantes de los países que forman parte del GTplan, según se describe a continuación.

- a. Creación de capacidades institucionales, educación y capacitación, a cargo de Colombia, donde se plantea elaborar una propuesta concreta para compartir capacidades entre los países miembros del CP-IDEA, de una manera sostenible en el tiempo y apuntando a las necesidades y temáticas relevantes en la región.
- b. Normas y especificaciones técnicas, a cargo de México, que sean aplicables a la región en su conjunto, más allá de las especificidades nacionales. Se pretende generar un “co-razón” normativo constituido por un mínimo común para los países de las Américas
- c. Prácticas recomendadas y lineamientos para el desarrollo de las IDE, a cargo de Canadá, que comprende levantamiento de buenas prácticas en las diversas materias involucradas en las IDE con el objetivo de elaborar una guía de apoyo al desarrollo de estas infraestructuras en los países de las Américas.
- d. Innovaciones en los organismos nacionales de cartografía en materias propias de su quehacer, a cargo de Brasil, donde se propone realizar un inventario referente a las innovaciones implementadas en los organismos cartográficos y geográficos nacionales que han contribuido a mejorar la gestión de estos organismos.
- e. Reunir conocimiento acerca de temas relevantes sobre las IDE para la región, a cargo de Guatemala, que considera la elaboración de un Observatorio de IDE, accesible desde el sitio Web del CP-IDEA que permita la descarga de documentos relevantes relacionados con datos, metadatos, temas de políticas, marcos legales, modelos de gestión y estándares.
- f. Evaluar el estado de desarrollo de las IDE en las Américas, a cargo de Cuba, que consiste en una evaluación sistemática y periódica de las IDEs de las Américas, sobre la base de un conjunto de criterios comunes.

- g. Implementación de medios tecnológicos para la discusión relacionada al acceso a datos geoespaciales y el rol de los gobiernos en la administración y disseminación de estos datos, a cargo de Chile, donde se plantea utilizar una herramienta del tipo foro virtual, para facilitar el intercambio de opiniones en relación a las temáticas señaladas y, en general, a múltiples aspectos propios de las IDE.

El desarrollo de este plan requerirá un trabajo colaborativo donde están involucrados todos los actores de CP-IDEA: representantes de países, coordinadores temáticos, vocales regionales y Secretaría Ejecutiva. Por lo anterior se espera un alto nivel de interacción entre todos ellos, con la expectativa de llevar a buen término las actividades programadas y dar satisfacción a los requisitos emanados de la novena Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para las Américas.

Es importante destacar que la mayoría de los productos que contempla este plan de trabajo se elaborará a partir del conocimiento y la experiencia de los países que forman parte del Comité Permanente, por lo cual será fundamental la participación y el compromiso de todos ellos en las tareas planificadas. La riqueza de los resultados de este plan será mayor cuanto más información se logre recabar acerca de las acciones que realiza cada país de las Américas en materia geoespacial. Lo que se pretende a través de este trabajo es propiciar de manera ordenada y sistematizada un intercambio permanente de conocimiento, información y buenas prácticas para contribuir con la implementación y desarrollo de las IDE de la región.

38.10 Conclusiones

Los progresos en la disponibilidad y accesibilidad de la información geoespacial mundial dependerán de la cooperación entre los países. La promoción internacional de la cooperación en el desarrollo de capacidades, el fortalecimiento institucional y la transferencia del conocimiento entre países es un desafío crucial para el desarrollo general. Los esfuerzos regionales, como los de la Unión Europea para crear infraestructuras de informaciones geoespaciales en Europa (INSPIRE) y los de los Comités para Américas y para Asia y Pacífico (CP-IDEA y PCGIAP), indican del valor de tales cooperaciones. Las diversas iniciativas nacionales, regionales y mundiales muestran la expansión del papel tradicional de la cartografía, en línea con la gestión de informaciones e infraestructura de datos espaciales. La nueva visión de la cartografía atiende a un número mayor de usuarios de informaciones, que exigen más que mapas. Actualmente lo que se quiere son bases de datos geoespaciales, aplicaciones y servicios, atendiendo a la cuestiones globales como cambios climáticos, desastres naturales, crisis de alimentos, respuestas a la epidemias, además de cuestiones relativas a la paz y la seguridad, asistencia humanitaria, que exigen fuerte apoyo de la información geoespacial en una escala global.

En respuesta a todas esas cuestiones, la ONU está proponiendo la creación de un Forum Global para la Gestión de Informaciones Geoespacial – GGIM [409]. Se trata de un

mecanismo multilateral/global que desempeñará un importante papel de liderazgo en la definición de la agenda para el desarrollo global de las informaciones geoespaciales y promoverá su utilización para enfrentar los principales desafíos globales, a través de la asociación y coordinación entre Estados-Miembros y organizaciones internacionales.

CAPÍTULO 39

PRÓXIMOS RETOS TECNOLÓGICOS Y POLÍTICOS DE LAS IDE

Tatiana Delgado Fernández¹, Rafael Cruz Iglesias², José Luis Capote Fernández³

¹Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, CUJAE, La Habana, Cuba

^{2,3}Agencia GeoMix, GEOCUBA, La Habana, Cuba.

¹tdelgado@udio.cujae.edu.cu, ²rcruz@geomix.geocuba.cu, ³capote@geomix.geocuba.cu

Resumen. Evaluar los desafíos tecnológicos y políticos de las IDE hasta el 2015 es un proceso complejo que hay que abordar con metodologías de análisis sobre diferentes perspectivas, con el objetivo de integrar una visión panorámica de su evolución. En este capítulo, se aborda esta problemática partiendo de la aplicación para las IDE del ciclo capacidades-tecnologías-modelos emergentes, propuesto por la compañía Gartner para las TIC. En este modelo, propuesto como previsible hasta el 2015, se estudian las interrelaciones entre «el qué» (las capacidades que están emergiendo como las IDE en la Nube), «el cómo» (las tecnologías, como las redes sociales o la computación ubicua) y el «para qué» (los modelos, entre los que destaca el modelo de Sociedades Espacialmente Capacitadas). A medida que se desarrolla esta metodología, se suministran algunos ejemplos en el contexto de América Latina y el Caribe. Interrelacionado con este análisis, se identifican los principales desafíos políticos para igual período, considerando aspectos institucionales, de nuevos roles entre proveedores y usuarios, y los generadores de información voluntaria, análisis de riesgo, formación en IDE, cooperación y gobernabilidad.

Palabras Clave: Infraestructura de Datos Espaciales, IDE, Web Semántica, Web 2.0, Computación en La Nube (*Cloud Computing*), Sociedades Espacialmente Capacitadas, SEC

39.1 Introducción

Las IDE están evolucionando empujadas por el vertiginoso desarrollo de las TIC, y en consecuencia, con las demandas de la sociedad.

Es un proceso complejo mirar al futuro próximo de las IDE para un mediano plazo, en este capítulo se asumen dos enfoques metodológicos que marcan tendencias. El primero, y en relación con los aspectos tecnológicos, está basado en las predicciones de algunas compañías como Gartner Inc. que investigan y difunden tendencias en tecnologías de información, complementadas con otros análisis estratégicos más centrados en el ámbito de las tecnologías de la geoinformación. La segunda aproximación, que pretende incidir en componentes más bien políticos, se hace partiendo de un grupo de criterios relacionados con la dinámica que se aprecia en la perspectiva de negocio (actividades, roles y políticas) de las IDE.

Bajo estas premisas, el propósito de este capítulo es ofrecer una mirada a los principales retos tecnológicos y políticos de las IDE en los años venideros, por lo que se ha estructurado este trabajo en varios epígrafes abarcando el análisis de las tendencias tecnológicas y los desafíos políticos, incluyendo algunos matices de su expresión en América Latina y el Caribe.

39.2 Tendencias tecnológicas de las IDE en el contexto de las TIC

La compañía Gartner, Inc.¹ propone una metodología para definir las tendencias de las TIC basada en el ciclo capacidades-tecnologías-modelos emergentes, en la que las capacidades se asocian con «el qué», las tecnologías definen «el cómo» y los modelos el «para qué». En su enfoque, Gartner establece un nuevo modelo que rompe con el pensamiento tradicional demostrando que las tendencias que se evidencian no solo tienen que ver con nuevas tecnologías, sino que se destaca la interrelación que debe existir entre capacidades, tecnologías y modelos emergentes.

En los apartados subsiguientes se resumirá esta metodología para proyectar las tendencias de las IDE hasta el 2015.

39.2.1 Capacidades emergentes de las IDE hasta el 2015

En correspondencia con las tecnologías emergentes asociadas a las IDE hasta el 2015, se pueden enumerar un grupo de capacidades emergentes, entre las que se destacan:

- Información geográfica voluntaria (VGI),
- IDE en la Nube (*Cloud Computing*),
- Modelo federativo de datos basado en la web de datos,
- IDE semánticas sociales,

(1) Gartner, Inc es una compañía líder en el mundo en investigación y consultoría sobre TIC. Su casa matriz está ubicada en Stanford, Connecticut, EE. UU., y tiene aproximadamente 4 300 asociados en todo el mundo.

- Observatorios inteligentes de datos espaciales,
- Distribución de sensores.

La dimensión de estas capacidades se comprenderá en su interrelación con las tecnologías emergentes que se explican a continuación.

39.2.2 Tecnologías emergentes de las IDE hasta el 2015

Asociadas a las capacidades emergentes mencionadas, se pueden identificar un grupo de tecnologías emergentes que están marcando las tendencias no sólo en las IDE, sino transversalmente en las TIC.

En el Simposio y Exposición anual de Gartner Inc. [410], celebrado en Orlando en octubre de 2010, esta compañía anunció las diez tecnologías principales que encabezarían la vanguardia de las TIC para el 2011.

Entre las tecnologías destacadas se incluye la computación en nube, así como las aplicaciones móviles que funcionarán en los conocidos *smartphones* u ordenadores móviles. Otras tecnologías que se tendrán que considerar, según el análisis de Gartner, son las que fomentarán las comunicaciones sociales (como las redes sociales tipo *Facebook*, *Myspace*, *LinkedIn*, etc.) y la colaboración (colaboraciones sociales como las proporcionadas por los wiki, blogs y mensajería instantánea; las publicaciones electrónicas y la retroalimentación social). Se predice que las tecnologías sociales se integrarán en la mayoría de las aplicaciones para 2016.

Entre las últimas tecnologías de la lista de Gartner aparece la llamada «computación ubicua», que llevará la potencia de cálculo a una serie de dispositivos gracias a tecnologías emergentes como las etiquetas RFDI (Sensores de Identificación por Radio-Frecuencia).

Incorporando estas tecnologías, emergen nuevos paradigmas de la web, entre los que se incluyen: la web semántica, la de sensores, la colaborativa o Web 2.0 y la de Datos, interrelacionándose todas ellas entre sí para conformar lo que se ha dado en llamar la web del futuro [411].

Un interrogante necesario sería plantearse entonces ¿cómo repercutirán estas tecnologías punteras en el desarrollo evolutivo de las IDE?

39.2.3 La nube y la IDE

Internet se presenta a menudo como una Nube y el término *Cloud Computing* surge de esta analogía (Warr, 2009). La «computación en la Nube» es una de las últimas tendencias en el mundo de las TIC (Smyth, 2009). Nace de la convergencia y evolución de varios conceptos desde la virtualización, el diseño de aplicaciones distribuidas, la computación paralela y la administración empresarial de las TIC que habilitan un enfoque más flexible para el despliegue y escalado de las aplicaciones (Bennett *et al.*, 2009).

El término describe un modelo que permite el acceso a través de la red a un conjunto compartido de recursos de computación configurables (redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones, y servicios), que pueden proveerse y liberarse rápidamente de administración

o de interacción con el proveedor del servicio con un mínimo esfuerzo (Mell y Grance, 2011; Boss *et al.*, 2007). Se basa fundamentalmente en la tecnología de virtualización, que permite ocultar las características físicas de los recursos de un ordenador mediante una capa de abstracción lógica denominada **hipervisor o monitor de máquina virtual** sobre la cual se crean máquinas virtuales que pueden ejecutar varias instancias de sistemas operativos con todas sus características, de forma completamente funcional en un mismo equipo.

El paradigma de computación en la Nube reemplaza el modelo de arquitectura multi-capa clásico de los servicios web y crea un nuevo conjunto de capas (Mell y Grance, 2011; [411]; Baranski *et al.*, 2011; Schäffer *et al.*, 2010; Armbrust *et al.*, 2009; Chahal *et al.*, 2010; Ludwig y Coetzee, 2010) como se aprecia en la fig. 39.1.

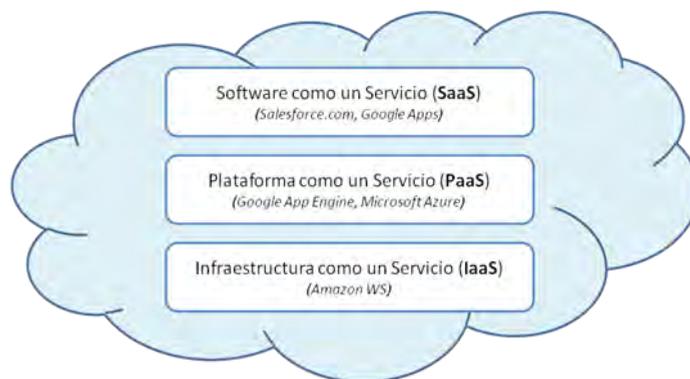


FIGURA 39.1. Modelos de servicios de la computación en la Nube. (Fuente: adaptado de Schäffer *et al.*, 2010)

Software como un servicio (Software as a Service - SaaS): SaaS, se encuentra en la capa más alta y caracteriza a una aplicación completa ofrecida como un servicio. El ejemplo de SaaS más conocido es Salesforce.com, pero existen otros como: *Google Apps*, mensajes instantáneos de AOL, *Yahoo* y *Google*, y Voz sobre IP (VoIP) de *Vonage* y *Skype*.

Plataforma como un servicio (Platform as a Service - PaaS): PaaS, constituye la capa media que contiene todos los componentes necesarios (servidor de aplicaciones, base de datos, *frameworks*, etc.) para que el usuario pueda desplegar y desarrollar sus aplicaciones, así como un ambiente de programación para crear aplicaciones nuevas o servicios de más alto nivel. Los ejemplos comerciales incluyen *Google App Engine* que ofrece la posibilidad de desarrollar aplicaciones en *Python* o Java, *Microsoft Azure* [412] y *Force.com* (que tiene su propio lenguaje), etc.

Infraestructura como un Servicio (Infrastructure as a Service - IaaS): IaaS, se encuentra en la capa inferior y es un medio para facilitar almacenamiento básico y capacidades de cómputo como servicios estandarizados en la red, para que los usuarios puedan desplegar y ejecutar sistemas operativos y aplicaciones [413], [414]. El ejemplo comercial más conoci-

do es *Amazon Web Services* [415], cuyos servicios *Amazon's Elastic Compute Cloud* (EC2) y *Simple Storage Service* (S3) ofrecen cómputo y servicios de almacenamiento esenciales. Otro ejemplo es *Joyent*, cuyo producto principal es una línea de servidores virtualizados, que proporcionan una infraestructura bajo demanda altamente escalable para manejar sitios web, incluyendo aplicaciones complejas escritas en *Ruby on Rails*, *PHP*, *Python*, y *Java*.

Las IDE tradicionales están basadas en un catálogo de metadatos, datos y servicios, con una arquitectura física rígida para los servidores de mapas. En el 2010 empieza a evaluarse la tecnología de la nube en iniciativas nacionales y regionales de IDE, y así se declara, por ejemplo, en la Conferencia 2010 de INSPIRE, donde la Profesora Jacqueline McGlade (Directora Ejecutiva de la Agencia Ambiental Europea) expuso entre los aspectos cambiantes de los SIG en la actualidad, el uso de la tecnología de nube [416]. Por su parte, el Comité Ejecutivo del FGDC, encargado de la IDE nacional de EE. UU., promovió el Taller de la Nube Geoespacial para hacer entender a sus miembros, los retos y riesgos asociados con la migración hacia dicha tecnología (Johnston y Miglarese, 2010).

En el seno de la IDE de la República de Cuba, se ha diseñado un modelo de IDE basada en la Nube (Cruz, 2011), construido para mejorar los niveles de desempeño y permitir la libertad suficiente como para que los servidores de mapas de los proveedores se puedan crear y alojar en la Nube de forma elástica, escalando sus capacidades de forma transparente tanto para los nuevos proveedores, como para los usuarios. **IDEaaS**, que debe su nombre a la combinación de IDE como un Servicio (sufijo aaS - *as a Service*), se ha implementado de forma experimental para medir las mejoras de desempeño en el sistema de gestión de flotas basado en IDE (aplicación *MovilWeb*, descrita en el cap. 32) habiéndose comprobado su efectividad en cuanto a la disponibilidad de los servicios, la reducción de los tiempos de respuesta y las prácticamente «ilimitadas» capacidades de escalamiento (Cruz, 2011).

39.2.4 La web del futuro y las IDE

La Web 1.0 era una web informativa; eran personas conectándose a la web donde alguien colocaba algo en páginas web para que otros lo leyeran. No había interacción posible entre el autor y el lector (a no ser mediante el correo electrónico del autor). Sin embargo, la Web 2.0 o web social, son personas conectándose con personas; es una web colaborativa a la que se añaden comunicaciones on-line, discusiones, wikis, redes sociales, *mashup*, protocolos abiertos, etc. Es una web enfocada a la interacción entre usuarios. En la Web 2.0 se fomenta la colaboración en línea y la distribución de la información [417], [418], [419], [420]. Se dice con razón que la Web 2.0 es más una actitud que una tecnología [411], [421].

La cultura de la Web 2.0 se ha ido diversificando en productos centrados en el usuario cada vez más populares (*Wikis*, *You Tube*, *Flickr*, *Blogs*, *BitTorrent*), y en los últimos años han surgido aplicaciones que han acercado varias de las funcionalidades de los SIG a millones de nuevos usuarios, elevando la conciencia de la importancia de localización y la geografía en todos los aspectos cotidianos (*Google Earth*, *Google Maps*, *OpenStreetMap*, *MapTube*, *WikiMap*, *ShapeWiki*) (Lemmens y Deng, 2008).

La web semántica es otra tendencia de la web y su meta original fue, y continúa siendo, construir una web global de datos entendibles (procesadas directa o indirectamente) por las máquinas. Como el proveedor de los medios para alcanzar dicha meta, aparece el término “datos enlazados” (Linked Data), referido a un conjunto de buenas prácticas para publicar y conectar estructuras de datos en la Web [422].

Las IDE con servicios semánticos embebidos están en una etapa aún incipiente, aunque ya empiezan a implementarse modelos de la web semántica en algunas iniciativas. Uno de los trabajos significativos que apunta a este esfuerzo, es el desarrollado por Capote en el marco de la IDE de Cuba (Capote, 2011), que habilita una fase superior en la recuperación de información basada en la semántica de los servicios, las fuentes de datos disponibles y sus atributos, lo cual mejora la interacción de los usuarios con las aplicaciones de las IDE.

39.2.5 Modelos emergentes de las IDE hasta el 2015

Para abordar los modelos emergentes, «el para qué» con miras al 2015, se empleará un concepto en evolución provisto por la iniciativa IDE Australiana que se ha dado en llamar «Sociedades Espacialmente Capacitadas (SEC)» (Williamson *et al.*, 2010), que ya han sido mencionadas en el cap. 36.

Se entiende como tales aquellas donde la ubicación y otras informaciones espaciales están disponibles para gobiernos, ciudadanos y organizaciones como medio para organizar sus actividades e informaciones (Capote, 2011).

Las IDE en su misma esencia de compartir IG son determinantes para habilitar espacialmente a la sociedad. Su impacto podría analizarse tanto en sectores claves, como en el alcance territorial y las interrelaciones jerárquicas de estas iniciativas.

En la perspectiva sectorial, las IDE son cada vez menos sectoriales y más transversales, evidenciándose un mayor acercamiento a otras esferas de la sociedad más allá de las organizaciones propiamente dedicadas a la cartografía. En el contexto de América Latina, por ejemplo, cabe mencionar las iniciativas de Uruguay (Zerpa y Resnichenko, 2010) y Perú [423], ambas coordinadas desde las respectivas agencias de gobierno encargadas de las llamadas «Sociedades de la Información». Un ejemplo más reciente del carácter transversal que cobran las IDE en las sociedades modernas de la región, es el caso de la iniciativa cubana, que a partir de la aprobación del Decreto 281 del 2011, empieza a formar parte de un Sistema de Información del Gobierno, en el marco de la información relevante de la nación y se integra en la infraestructura de información nacional y en el sistema nacional de estadística. Los casos de Brasil y México heredan este mismo carácter transversal de sus respectivas instituciones IBGE e INEGI, donde desde hace décadas la Cartografía marcha hermanada con la Estadística, con lo cual se refuerza también la IDE en su despliegue intersectorial.

Otra tendencia interesante en los modelos emergentes de IDE es el predominio de un enfoque *bottom-up* o de abajo a arriba. Las administraciones públicas de los gobiernos locales reconocen cada vez más la importancia de un gobierno conectado basado en una in-

fraestructura de IG, lo cual le ofrece un campo de aplicaciones importante a las IDE a nivel local, con mayor participación ciudadana. En los años venideros, deberán imponerse modelos híbridos que combinan por una parte un enfoque *bottom-up* (aporta heterogeneidad, aplicaciones personalizadas para la diversidad presente a nivel local), y el enfoque *top-down* (aporta marco legal, estandarización, servicios genéricos).

Las IDE en un modelo de SEC deberán impactar más eficientemente en las esferas prioritarias de la sociedad, como pudieran ser la gestión de riesgo ante desastres, adaptación al cambio climático, seguridad alimentaria y salud pública, entre otras.

La fig. 39.2 muestra el ciclo capacidades-tecnologías-modelos emergentes de las IDE en el período 2011-2015.

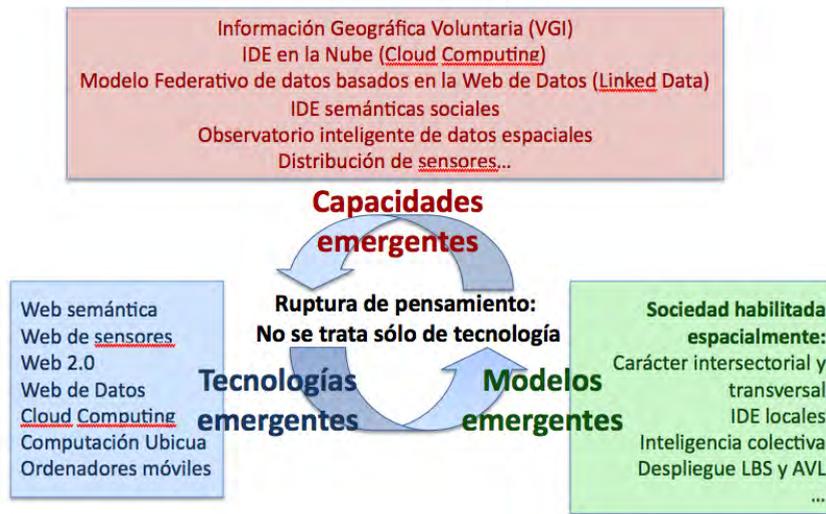


FIGURA 39.2. Tendencias de las IDE 2010-2015 basado en ciclo capacidades-tecnologías-modelos emergentes. (Fuente: Elaboración propia)

39.3 Desafíos políticos de las IDE

En un análisis prospectivo de las IDE para el 2015, juega un papel clave la perspectiva política, los arreglos institucionales y otros asuntos económicos y legales, que en conjunción con el ciclo **capacidades-tecnologías-modelos** emergentes visto en epígrafes anteriores. Esto ofrece una panorámica aproximada de las perspectivas de las IDE a medio plazo.

Algunos desafíos políticos de las IDE para el 2015 estarían relacionados con los elementos siguientes:

- **Acuerdos institucionales:** La tendencia en cuanto al marco legal y acuerdos institucionales, como se ha señalado en el epígrafe de modelos emergentes, apunta a una jerarquización de las IDE a un nivel superior en los poderes ejecutivos del Estado.

- **Cambio de roles en los actores de las IDE:** Los cambios que se están imponiendo a partir de las capacidades y tecnologías emergentes obligan a un cambio de roles entre proveedores y usuarios, principalmente en cuanto al despliegue de la VGI. Los usuarios se convierten en proveedores, lo cual conlleva cambios paradigmáticos en los componentes básicos de una IDE, como por ejemplo los metadatos que tienden a simplificar sus requisitos. Emergen nuevos roles de gestión de reputación asociados a la Web 2.0.
- Así mismo, se observan **nuevos actores «articuladores»** a nivel local, que se distinguen por el liderazgo ejecutivo, y cuyo desempeño lo juegan tanto la academia, como el sector privado o gubernamental.
- **Análisis de riesgos:** Los nuevos paradigmas que se imponen a nivel tecnológico están obligando a los gestores de IDE a analizar riesgos, como por ejemplo, el tema de computación en la nube, especialmente, en «Nubes Públicas», cuando el acceso es a través de Internet, lo que aumenta la posibilidad de acceso no autorizado e igualmente ocurre con el riesgo de delitos digitales.
- **Formación:** La formación en IDE debe consolidarse en los próximos años tanto al nivel de la enseñanza formal de las universidades y otros centros de educación, como en el seno de las propias iniciativas IDE. Se diversifican más los cursos presenciales y de enseñanza virtual disponibles en el mundo. Un reto interesante en el tema de formación, es su inclusión como parte de otros cursos orientados a temas como la Administración Pública, gobierno electrónico, gestión de proyectos, gestión de riesgos, medioambiente, cambio climático y seguridad alimentaria, entre otras esferas, como complemento de disciplinas que se sirven de infraestructuras de información.
- **Cooperación:** La cooperación se convertirá en el factor clave de éxito de las IDE del futuro, expresada tanto a nivel de actores, como de iniciativas.
- **Gobernabilidad:** El reto más importante, a juicio de estos autores, lo constituye lograr la gobernabilidad de las IDE, manteniendo un equilibrio entre la visión, los resultados a medio alcance, los planes anuales, los presupuestos financieros, los indicadores de evaluación y monitoreo, la gestión de riesgo y la integración de las lecciones aprendidas.

39.4 Conclusiones

El análisis del comportamiento del ciclo capacidades-tecnologías-modelos emergentes permite revelar una panorámica de las próximas tendencias de las IDE. Con el objetivo de satisfacer el modelo de «Sociedades espacialmente capacitadas», se identifican capacidades emergentes, entre las que se destacan la VGI, las IDE en la Nube, acceso federativo de datos basado en la web de datos, IDE semánticas sociales, Observatorios inteligentes de datos espaciales y Redes de sensores. Las tecnologías emergentes que están básicamente referidas a la web del futuro y al *Cloud Computing*, cierran el ciclo para mostrar la posible evolución de las IDE hasta el 2015.

Entre los principales desafíos políticos, está lidiar con la gobernabilidad de estas iniciativas fortaleciendo los aspectos administrativos, financieros y de monitoreo que permitan mitigar los riesgos y aprender de las lecciones obtenidas durante la implementación.

Algunos estudios en curso, como el levantamiento de aspectos estructurales y desde múltiples perspectivas de las IDE en la región de las Américas, que está desarrollando el CP-IDEA (tratado en el cap. 38), aportarán interesantes elementos para actualizar las tendencias y principales retos de las IDE en el continente americano en la próxima década.

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1: Mapamundi de la superficie por medio del valor actual de la población ..	32
Figura 2.1: Esquema del modelo cliente-servidor.	49
Figura 2.2: Esquema de peticiones del modelo cliente-servidor.	50
Figura 2.3: Acceso de un mismo cliente a diferentes servidores	51
Figura 4.1: Relación geoide-elipsoide.....	74
Figura 4.2: Condición de tangencia entre elipsoide y geoide.....	76
Figura 4.3: Proyecciones cartográficas.....	79
Figura 4.4: Grilla UTM. A modo de ejemplo se indica la zona F17	80
Figura 4.5: Ejemplo de una zona UTM.....	80
Figura 4.6: Ejemplo del factor de escala en UTM 30 N.....	81
Figura 5.1: Representación clásica de una red geodésica.	86
Figura 5.2: Teodolito de alta precisión T02.	86
Figura 5.3: Distanciómetro electrónico.	86
Figura 5.4: Nivel electrónico de alta precisión N03.	86
Figura 5.5: Constelación de satélites NAVSTAR-GPS.	87
Figura 5.6: Determinación de las coordenadas de los puntos con GNSS.	87
Figura 5.7: Taquímetro electrónico.	87
Figura 5.8: Receptor GNSS.	87
Figura 5.9: Relación entre el geoide y el elipsoide.	88
Figura 5.10: Escala de la fotografía aérea.	89

Figura 5.11: Ejemplo de un fotoplano.	90
Figura 6.1: Conexiones a fuentes de IG y generación de nuevos productos.	97
Figura 6.2: Evolución de los SIG	99
Figura 6.3: Primitivas geométricas vectoriales: punto, línea y área.	99
Figura 6.4 (a) y (b). Diferentes representaciones geométricas del Metro de Madrid....	100
Figura 6.5: Imagen raster.	102
Figura 6.6: Combinación IG vectorial y raster.	105
Figura 7.1: Representación esquemática del formato raster.	111
Figura 7.2: Modelo entidad-relación simplificado.	116
Figura 8.1: Proceso de identificación de patrones geoespaciales.....	120
Figura 8.2: Identificar elementos en pantalla sobre el objeto de interés.	122
Figura 8.3: Selección por medio de un rectángulo.	122
Figura 8.4: Selección de objetos por consulta de atributos.	122
Figura 8.5: Misma variable, distintos método de clasificación.	123
Figura 8.6: Mismas variable y rampa de colores con siete clases en ambos casos.	123
Figura 8.7: Áreas de influencia.	125
Figura 8.8: Intersección de polígonos, el resultado en color lila.	125
Figura 8.9: Atributos de los polígonos de entrada.	125
Figura 8.10: Atributos de polígonos, resultado de intersección.	125
Figura 8.11: Intersección de polígonos con líneas.	126
Figura 8.12: Unión de capas.	126
Figura 8.13: Corte de capas, polígonos con polígonos.	127
Figura 8.14: Borrado de polígonos.	127
Figura 8.15: Actualización.	127
Figura 8.16: Red de calles clasificada.	128
Figura 8.17: Geocodificación de un domicilio.	129
Figura 9.1: Proyecciones cartográficas.	133
Figura 9.2: Comparación de proyecciones.	134
Figura 9.3: Aplicación de las distintas variables visuales a un mismo mapa.	136

Figura 9.4: Representación de escala nominal.	138
Figura 9.5 (a) y (b): Representación cuantitativa sobre otra ordenada.	138
Figura 9.6: Ejemplo de aplicación de variables.	139
Figura 9.7 (a) y (b): Representación de fenómenos continuos y discretos.	139
Figura 9.8: Representación errónea y su solución.	141
Figura 9.9: Inadecuada utilización de la variable visual orientación.	141
Figura 9.10: Aplicación adecuada de una variable ordenada.	141
Figura 9.11: Uso inadecuado de un mapa de coropletas.	142
Figura 9.12: Utilización incorrecta de variables.	142
Figura 11.1: Acceso a la IG a través de servicio CSW.	164
Figura 12.1: La toponimia permite identificar y localizar entidades geográficas.	169
Figura 12.2: Portada del Nomenclátor Compuesto de la Antártida.	172
Figura 12.3: Servicio de nomenclátor del Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC).	175
Figura 13.1: Consulta al Asistente Virtual de Renfe referida a tiempo cronológico. ...	182
Figura 13.2: Consulta al Asistente Virtual de Renfe referida a tiempo atmosférico. ...	183
Figura 13.3: Estructura del descriptor “Forma terrestre”. Tesoro de la UNESCO. ...	185
Figura 13.4: Esquema de la definición de una ontología.	186
Figura 13.5: Vista de un fragmento de la ontología.	187
Figura 14.1: Diferencias entre “exactitud” y “precisión”.	194
Figura 14.2: Problemas de la transformación afín.	196
Figura 15.1: Esquema de funcionamiento del uso de claves públicas y privadas.	209
Figura 15.2: Esquema de funcionamiento de una firma digital.	210
Figura 16.1: Sección de la interface de información del sistema Ushahidi.	224
Figura 16.2: Fotografía de los componentes básicos del Grassroot mapping kit.	225
Figura 17.1: Modelo de interoperabilidad conceptual.	235
Figura 18.1: Proceso de creación de los distintos modelos de datos.	241
Figura 18.2: Plano catastral de una manzana.	243
Figura 18.3: Los datos del mapa guardados en una base de datos jerárquica.	244
Figura 18.4: Base de datos en red: estructura de almacenamiento.	245

Figura 18.5: Relación entre atributos de entidades almacenadas en tablas distintas. ...	246
Figura 18.6: Representación del mapa orientada a objetos.	247
Figura 18.7: Principales conceptos del modelo Entidad-Relación extendido.	247
Figura 18.8: Modelo entidad-relación de las unidades administrativas en Argentina.	248
Figura 18.9: Tipos de Diagramas de UML.....	249
Figura 18.10: Modelo de clases UML de las unidades administrativas de Argentina. .	251
Figura 18.11: Jerarquía de las clases de geometría en la norma ISO 19107.	252
Figura 19.1: Áreas principales de normalización de información geográfica.	255
Figura 20.1: Clasificación de los estándares OGC.	268
Figura 20.2: Arquitectura de referencia de OGC para servicios de catálogo.	273
Figura 21.1: Ejemplo del uso de servicios, protocolos y lenguajes.	277
Figura 21.2: Ejemplo de un documento XML.	279
Figura 21.3: Ejemplo de (a) una geometría, (b) su información descriptiva (convencional) y (c) documento GML que incluye toda la información.	281
Figura 21.4: Parte del documento GML con la definición parcial de Galicia.	282
Figura 21.5: Ejemplo del contenido típico de un KML.	284
Figura 22.1: Modelo de la arquitectura C/S.	289
Figura 22.2: Un servidor puede comunicarse con otros servidores.	290
Figura 22.3: Geoportales vinculando servidores distribuidos con múltiples clientes. ..	291
Figura 22.4: Geoportales de la IDERC en Cuba y de ICDE en Colombia.	297
Figura 23.1: Modelo de referencia funcional de los servicios en SOA.	301
Figura 23.2: Pila de tecnologías de los servicios web.	304
Figura 24.1: Mapa conceptual del libre.....	313
Figura 24.2: Imagen de la interfaz de gvSIG Desktop.....	317
Figura 24.3: Imágenes de la interfaz de gvSIG Mobile en una PDA.	318
Figura 24.4: Geoportal de la IDE de Venezuela, enteramente con libre.	319
Figura 25.1: Entornos de desarrollo, preproducción y producción.	327
Figura 27.1. Ejemplos de interfaces.	347
Figura 27.2. Caso de uso de GetDomain.....	348

Figura 27.3. Hipotético escenario de recolección automática de metadatos.	349
Figura 27.4. Ejemplo de consulta GetMap y resultado.	350
Figura 27.5. Ejemplo de consulta GetFeatureInfo a un servicio WMS.....	351
Figura 27.6. Ejemplo de tesela para distintos niveles de escala.	352
Figura 27.7. Mecanismo de copias temporales de Internet.	352
Figura 27.8. Interacciones entre clientes (WMS y CSW).....	353
Figura 27.9. Cliente GeoExplorer utilizando OpenLayers.	354
Figura 27.10. Integración del cliente de catálogo.	355
Figura 28.1. Disponibilidad de los servicios OGC para compartir la IG.	359
Figura 28.2. Evolución del estándar WFS.	360
Figura 28.3. Los perfiles definidos en el estándar WFS 2.0.0	363
Figura 28.4. Ejemplo de conexión WFS con el Quantum GIS.	364
Figura 28.5. Evolución del estándar WCS.	366
Figura 28.6. Ejemplo de conexión a servicio WCS con el cliente gvSIG.	367
Figura 29.1. Concepto de la Web de sensores.	376
Figura 29.2. Diagrama de secuencia de un diálogo típico de uso de SOS.	378
Figura 30.1. Servicio de geocodificación inversa.	389
Figura 30.2. Uso del servicio MDT.	389
Figura 31.1. DCU: Modelo de proceso.....	396
Figura 31.2. Funcionalidad para el cambio de escala.	401
Figura 31.3. Funcionalidad para configuraciones de contenidos.	401
Figura 32.1. Visualizador de mapas de DINAMA.	409
Figura 32.2. Aplicación web para la consulta de metadatos.	409
Figura 32.3. Relación entre los tres niveles del SIA y la IDEMA.	411
Figura 32.4. Arquitectura de servicios para el SIA y la IDE empleando las VM.	412
Figura 32.5. Visor de datos espaciales.	413
Figura 32.6. Flujo de información en MovilWeb.	414
Figura 32.7. Aspecto del visor de mapas de MovilWeb	414
Figura 32.8. Resumen del uso de los servicios de la IDERC por meses.	415

Figura 32.9. Aspecto del portal de CartoVirtual.	417
Figura 32.10. Visor de mapas. Acceso a la información espacial.	417
Figura 32.11. Búsqueda en el servicio de catálogo.	419
Figura 32.12. Visualizador de la IDE de Gijón.	420
Figura 32.13. Servicio de autobuses en tiempo real.....	421
Figura 33.1. Esquema del sistema normalizado de navegación aérea.	425
Figura 33.2. Concepto Gate to Gate. Fases de vuelo.	426
Figura 33.3. Carta de radionavegación del espacio aéreo holandés (extracto).	427
Figura 33.4. Esquema conceptual del Perfil Específico de Metadatos Aena-UPM.	430
Figura 33.5. Catálogo de Información GeoAeronáutica Aena-UPM.	431
Figura 33.6. Servicios de ATM esperados en el futuro concepto AIM.....	432
Figura 33.7. Integración de distintas capas de información.....	433
Figura 37.1. Interacción entre geoservicios regionales y nacionales. GeoSUR.	466
Figura 37.2. Portal de América del Sur desarrollado por GeoSUR.	467
Figura 37.3. Perfil de elevación disponible en el SPT.	470
Figura 38.1. Países miembros de CP-IDEA	477
Figura 38.2. Organismos internacionales con los que CP-IDEA mantiene contacto ..	478
Figura 39.1. Modelo de servicios en la Nube	486
Figura 39.2. Tendencias de las IDE 2010-2015	489

LISTADO DE TABLAS

Tabla 7.1: Formatos en que generalmente se almacena y disemina la IG.	109
Tabla 11.1: Núcleo de metadatos que define ISO 19115.	159
Tabla 18.1: Atributos de las parcelas de la fig. 18.2.....	243
Tabla 18.2: Tipos de relaciones en el Diagrama de Clases de UML.	250
Tabla 22.1: Resumen de la consulta efectuada a los veinticuatro países de CP-IDEA.	293
Tabla 22.2: Acceso a geoservicios a través de los geoportales de Latinoamérica y España. ...	298
Tabla 28.1: Operaciones permitidas en el servicio web de entidades geográficas.	361
Tabla 28.2: Operaciones básicas en el Servicio web de Coberturas.	366
Tabla 28.3: Algunos servicios de datos WFS, WCS y WMS.	368
Tabla 30.1: Ejemplo de servicios web de OGC.	384
Tabla 35.1: Aspectos de evaluación para la caracterización de una IDE.	447
Tabla 35.2: Estudios de coste-beneficio y eficiencia.	448

ACRÓNIMOS

ACRÓNIMO	CAPÍTULO	ESPAÑOL	INGLÉS
AC	15	Autoridades Certificadoras	
ACQUILEX	13		<i>Acquisition of Lexical Knowledge (Computational Lexicography and Lexicology)</i>
ADN	24	Ácido Desoxirribonucleico	
AENOR	3, 10, 11	Asociación Española de Normalización y Certificación	
AFREF	38		<i>African Geodetic Reference Frame</i>
AGESIC	36	Agencia para el Desarrollo del Gobierno de Gestión Electrónica y la Sociedad de la Información y del Conocimiento (Uruguay)	
AIGA	9		<i>American Institute of Graphic Arts</i>
AIM	33		<i>Aeronautical Information Management</i>
AIP	33		<i>Aeronautical Information Publications</i>
AIS	33		<i>Aeronautical Information Service</i>
AIXM	33		<i>Aeronautical Information Exchange</i>
AJAX	33		<i>Asynchronous JavaScript And XML</i>

ACRÓNIMO	CAPÍTULO	ESPAÑOL	INGLÉS
AP	30		<i>Application Profile</i>
API	1, 16, 19, 20		<i>Application Programming Interface</i>
ArcGIS	6, 22, 28, 30, 37		<i>Geographic Information System (GIS) software products produced by Esri</i>
ASCII	29		<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
ASHTAM	33		<i>Ash to Airmen (Information about Ashes)</i>
ASTER	5, 7, 37		<i>Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (an imaging instrument on Terra satellite)</i>
ATM	33		<i>Air Traffic Management</i>
AWWA	35		<i>American Water Works Association</i>
BBOX	27		<i>Bounding Box</i>
BD	7, 18	Base de Datos	
BOE	15	Boletín Oficial del Estado	
BSD	24		<i>Berkeley Software Distribution License</i>
CAD	6, 7, 27		<i>Computer-Aided Design</i>
CAE1M	30	Servicio Información Calles-/ Direcciones Postales	
CAF	2, 37	Confederación Andina de Fomento	
CAN	37	Comunidad Andina de Naciones	
CARICOM	37		<i>Caribbean Community</i>
CatMDEdit	11		<i>Multi-platform and Multilingual Metadata Editor Tool focused on the description of Geographic Information</i>
CEDEDET	36	Centro de Educación a Distancia para el Desarrollo Económico y Tecnológico	
CEN	3, 13	Comité Europeo de Normalización	

ACRÓNIMO	CAPÍTULO	ESPAÑOL	INGLÉS
CEN/TC	1, 3, 11	Comité Europeo de Normalización/Comité Técnico	
CGI	27		<i>Common Gateway Interface</i>
CIGE	36	Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico	<i>Ibero-American Charter of Electronic Government</i>
CLAD	17, 36	Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo	
COMPASS	5		<i>Comprehensive Assembler (Satellite Navigation System)</i>
CP-IDEA (o PC-IDEA)	1, 2, 22, 34, 36, 38	Comité Permanente de las Infraestructuras de Datos Espaciales de las Américas	
CPS	30		<i>Coverage Portrayal Service</i>
CRC	15		<i>Cyclic Redundancy Check</i>
CRS	4, 27, 30		<i>Coordinates Reference System</i>
CSG	3, 34	Consejo Superior Geográfico	
CSI	19		<i>Communication Service Interface</i>
CSW	3, 10, 11, 20, 22, 23, 26, 27, 28, 30, 32, 33, 37		<i>Catalogue Services for the Web</i>
CTIC	36	Centro Tecnológico de la Información y la Comunicación	
CVE	15	Código de Verificación Electrónica	
DCU	31	Diseño Centrado en el Usuario	
DEM	7		<i>Acronym of Digital Elevation Model format from ESRI</i>
DGC	15	Dirección General del Catastro de España	
DGN	7, 24		<i>Contraction of "Design" Microstation Design Files from Bentley Systems Inc.</i>
DNS	2, 22		<i>Domain Name Server</i>
DWF	7		<i>Design Web Format</i>
DWG	7, 24		<i>Contraction of "Drawing" format from Autodesk</i>
DWG	20		<i>Domain Working Group</i>

ACRÓNIMO	CAPÍTULO	ESPAÑOL	INGLÉS
DXF	7, 24		<i>Drawing exchange File</i>
ebRIM-CIM AP	27		<i>e-Business Registry Information Model - Cataloguing of ISO Metadata Application Profile</i>
ebRIM-EO AP	27		<i>e-Business Registry Information Model - Earth Observation Application Profile</i>
ECW	1, 24		<i>Enhanced Compression Wavelet</i>
EE. UU.	2, 5, 7, 14, 26, 31, 34, 37, 39	Estados Unidos de América	
EEA	13		<i>European Environment Agency</i>
EPSG	4, 27		<i>European Petroleum Survey Group</i>
EROS	37		<i>Earth Resource and Observation Science</i>
ESMF	30		<i>The Earth Science Modeling Framework</i>
ESO	34	Educación Secundaria Obligatoria	
ESRI	1, 6, 7, 30, 37		<i>Environmental Systems Research Institute</i>
EUROGI	38		<i>European Umbrella Organisation for Geographic Information</i>
FAA	33		<i>Federal Aviation Administration (US)</i>
FAO	24, 26, 27, 32		<i>Food and Agriculture Organization- United Nations</i>
FE	20		<i>Filter Encoding</i>
FGDC	11, 14, 35, 37, 39		<i>Federal Geographic Data Committee</i>
FTP	3, 23, 25, 28,		<i>File Transfer Protocol</i>
FUD	24		<i>Fear, Uncertainty and Doubt</i>
GB	1, 32		<i>Gigabytes</i>
GDAL	21, 27		<i>Geospatial Data Abstraction Library</i>
GDAS	20		<i>Geographic Data Attribute Set</i>
GDEM	37		<i>Global Digital Elevation Model</i>
GE	36	Gobierno Electrónico	

ACRÓNIMO	CAPÍTULO	ESPAÑOL	INGLÉS
GEALC	36	Gobierno Electrónico de América Latina y el Caribe	
GEMET	13		<i>General Multilingual Environmental Thesaurus</i>
GeoPQL	21		<i>Geographical Pictorial Query Language</i>
geoRSS	16		<i>GML Really Simple Syndication</i>
GeoSUR	2, 37, 38	Red Geoespacial de América del Sur y el Caribe	
GGIM	38		<i>United Nations Initiative on Global Geospatial Information Management</i>
GIF	3, 23, 26		<i>Graphic Interchange Format</i>
GINIE	2, 32, 34, 38		<i>Geographic Information Network in Europe</i>
GIS	*		<i>Geographic Information System</i>
GITA	35		<i>Government Information Technology Agency</i>
GLONASS	5		<i>Global Orbiting Navigation Satellite System</i>
GML	2, 3, 6, 13, 19, 20, 21, 22, 24, 28		<i>Geographic Markup Language</i>
GML-SF	20		<i>GML Simple Features Profiles</i>
GNSS	4, 5, 14, 16		<i>Global Navigation Satellite System</i>
GOES	5, 14		<i>Geostationary Operational Environmental Satellite</i>
GOS	31		<i>Geospatial One Stop</i>
GPL	24		<i>General Public Licence</i>
GRASS	14, 21		<i>Geographic Resources Analysis Support System</i>
GSDI	1, 2, 3, 7, 10, 11, 34, 38		<i>Global Spatial Data infrastructure</i>
GT IDEE	2	Grupo de Trabajo de la IDE de España	
GvSIG	14	Generalitat Valenciana Sistema de Información Geográfica	
HTI	19		<i>Human Technology Interface</i>

ACRÓNIMO	CAPÍTULO	ESPAÑOL	INGLÉS
HTML	3, 20, 21, 22, 27, 28		<i>HyperText Markup Language</i>
HTTP	3, 10, 20, 21, 22, 23, 28, 30		<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IA	33	Información Aeronáutica	
laaS	39		<i>Infrastructure as a Service</i>
IABIN	37		<i>Inter-American Biodiversity Information Network</i>
IBGE	37, 39	Instituto Brasileño de Geografía y Estadística	
IBM	14		<i>International Business Machines</i>
ICDE	22, 26, 28, 37	Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales	
ICOS	12	Consejo Internacional de Ciencias Onomásticas	<i>International Council of Onomastic Sciences</i>
IDE	*	Infraestructura de Datos Espaciales	
IDEaaS	39	IDE como un Servicio	<i>SDI as a Service</i>
IDEC	35		<i>Infraestructura de Dades Espacials de Catalunya</i>
IDECAN	26, 32	Infraestructura de Datos Espaciales de la Comunidad Andina	
IDECanarias	30	Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias	
IDEE	2, 3, 7, 11, 21, 22, 28, 30, 34	Infraestructura de Datos Espaciales de España	
IDEMA	32	Infraestructura de Datos Espaciales del Medio Ambiente (Cuba)	
IDENA	31	IDE de Navarra	
IEDCYT	13	Instituto de Estudios Documentales sobre Ciencia y Tecnología de España	
IEEE	13		<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IERS	4		<i>International Earth Rotation Service</i>
IG	*	Información Geográfica	
IGA	4, 33		<i>International Geodetic Association</i>

ACRÓNIMO	CAPÍTULO	ESPAÑOL	INGLÉS
IGA	33	Información Geográfica Aero-náutica	
IGAC	11, 37	Instituto Geográfico Agustín Codazzi	
IGM	7, 37	Instituto Geográfico Militar	
IGN	11, 30, 34, 37	Instituto Geográfico Nacional	
IGT	32	Instituto de Geografía Tropical (Cuba)	
IGV	4, 16, 31	Información Geográfica Voluntaria	
IIRSA	37	Integración de la Infraestructura Regional Suramericana	
INDE	22, 34	Infraestructura Nacional de Datos Espaciales de Brasil	
INE	1	Instituto Nacional de Estadística	
INEGI	39	Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México	
INSPIRE	*		<i>Infrastructure for Spatial Information in Europe</i>
IP	2, 21, 22, 26, 39		<i>Internet Protocol</i>
IPGH	1, 2, 11, 17, 19, 34, 37, 38	Instituto Panamericano de Geografía e Historia	
ISCGM	38		<i>International Steering Committee for Global Mapping</i>
ISI	19		<i>Information Service Interface</i>
ISO	1, 2, 3, 4, 10, 11, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 32, 33, 37, 38		<i>International Standardization Organization</i>
ISO/TC	1, 17, 18, 19		<i>International Standardization Organization/Technical Committee</i>
ITRF	4		<i>International Terrestrial Reference Frame</i>
ITRS	4		<i>International Terrestrial Reference System</i>
JPEG, JPG, JP2	3, 7, 11, 23, 26		<i>Joint Photographic Experts Group</i>
KML	6, 20, 21, 24, 28		<i>Keyhole Markup Language</i>

ACRÓNIMO	CAPÍTULO	ESPAÑOL	INGLÉS
KVP	20, 28, 30		<i>Key-value pairs</i>
KWS	30		<i>Kepler scientific Workflow System</i>
LAMP	2, 11		<i>LatinAmerican Metadata Profile</i>
LANDSAT	5, 7, 14, 28		<i>Land Satellite</i>
LGPL	24		<i>Lesser General Public License</i>
LIDAR	5		<i>Laser Imaging Detection and Ranging</i>
LISIGE	2, 31	Ley de las Infraestructuras y Servicios de Información Geográfica en España	
LSA	36		<i>Latent Semantic Analysis</i>
MBB	21		<i>Minimum Bounding Box</i>
MDE	6, 37	Modelo Digital de Elevación	
MDT	2, 5, 6, 7, 11, 28, 30	Modelo Digital del Terreno	
MDT25	28	Modelo Digital del Terreno 1:25.000 de España	
METAR	33		<i>Meteorological Aerodrome Reports</i>
METEOSAT	14		<i>Meteorological Satellite</i>
MIF/MID	7		<i>MapInfo Interchange File format</i>
MIME	20, 28		<i>Multipurpose Internet Mail Extensions</i>
MIT	16		<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MSN Virtual Earth	24		<i>MicroSoft Network Virtual Earth</i>
MT	13	Microtesauro	
NASA	4		<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NAVSTAR-GPS	5, 14		<i>Navigational Satellite Timing and Ranging--Global Positioning System</i>
NEM	2, 11, 33	Núcleo Español de Metadatos	
NIMBUS	14		<i>Networked Information Management Client Based User Service</i>
NOAA	5, 11		<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
NOTAM	33		<i>Notice to Airmen</i>

ACRÓNIMO	CAPÍTULO	ESPAÑOL	INGLÉS
NSDI	1, 34, 35		<i>National Spatial Data Infrastructure</i>
NSSDA	14		<i>National Standard for Spatial Data Accuracy</i>
O&M	20, 29		<i>Observation and Measurements</i>
OACI-ICAO	2, 33	Organización de Aviación Civil Internacional	<i>International Civil Aviation Organization</i>
OAI-PMH	21, 37	Iniciativa de Archivos Abiertos para la Recolección de Metadatos	<i>Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting</i>
OCL	19		<i>Object Constraint Language</i>
OGC	*		<i>Open Geospatial Consortium</i>
OGR	27		<i>OpenGIS Simple Features Reference Implementation Library</i>
ONU/UN	7, 12, 26, 38	Organización de las Naciones Unidas	<i>United Nations</i>
OOGQL	21		<i>Object Oriented Geographical Query Language</i>
OpenLS	29, 30		<i>Open Location Services Interface Standard</i>
OS	14		<i>Ordnance Survey, UK</i>
OSE	19		<i>Open System Environment</i>
OSGeo	1, 24, 26, 34		<i>Open Source Geospatial Foundation</i>
OSM	16, 24, 26		<i>OpenStreetMap</i>
OVC	15	Oficina Virtual de Catastro de España	
OWS	20, 23, 30		<i>OGC Web Services Common Standard</i>
PaaS	39		<i>Platform as a Service</i>
PBL	34		<i>Problem Based Learning</i>
PCGIAP	38		<i>Permanent Committee on GIS Infrastructure for Asia and the Pacific</i>
PDA	22, 24		<i>Personal Data Assistant</i>
PI	35		<i>Performance Indicator</i>
PKI	15		<i>Public Key Infrastructure</i>
PNG	3, 23, 26		<i>Portable Network Graphics</i>
PNOA	1	Plan Nacional de Ortofotografía Aérea de España	

ACRÓNIMO	CAPÍTULO	ESPAÑOL	INGLÉS
PNT	1	Plan Nacional de Teledetección de España	
POL	34		<i>Project Oriented Learning</i>
PREDECAN	37	Proyecto "Prevención de Desastres de la Comunidad Andina"	
ProMEP	14	Programa de Mejora de Exactitud Planimétrica	
PVR	32	Peligro, Vulnerabilidad y Riesgos	
PyWPS	30		<i>Python Web Processing Server</i>
QGIS	28,		<i>Quantum GIS</i>
R3IGeo	34	Red Iberoamericana de Infraestructuras de Información Geográfica	<i>Ibero-American Infrastructures Network on Geography Information</i>
RAE	12	Real Academia de la Lengua	
RENFE	13	Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles	
REST	20, 23		<i>Representational State Transfer</i>
RFID	29		<i>Radio Frequency Identification</i>
ROI	35		<i>Return of Investment</i>
RSE	1	Responsabilidad Social Empresarial	
RSS	16		<i>Really Simple Syndication</i>
SaaS	39		<i>Software as a Service</i>
SAS	29		<i>Sensor Alert Service</i>
SE	9, 20		<i>Symbology Encoding</i>
SEC	36	Sociedades Espacialmente Capacitadas	
SensorML	20		<i>Sensor Model Language</i>
SERVIR	32	Sistema Regional de Visualización y Monitoreo	
SGBD	6, 7	Sistema Gestor de la Base de Datos	
SGBDOR	7	Sistemas de Gestión de Base de Datos de Objetos-Relacionales	
SGBDR	7	Sistemas de Gestión de Base de Datos Relacionales	
SGML	21	<i>Lenguaje de Mercado Generalizado Estándar</i>	<i>Standard Generalized Markup Language</i>

ACRÓNIMO	CAPÍTULO	ESPAÑOL	INGLÉS
SIA	32	Sistema de Información Ambiental de Uruguay	
SHP	6, 7, 24	Shape File, un formato de archivo de datos propio de la compañía ESRI	
SIC	36	Sociedad de la Información y el Conocimiento	
SICA	37	Sistema de Integración Centroamericana	
SIG	*	Sistema de Información Geográfica	
SIGOO	7	SIG Orientados a Objetos	
SIOSE	1	Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España	
SIRGAS	4, 38	Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas	
SITMUN	30	Sistema de Información Municipal de Barcelona	
SLD	3, 9, 20, 22, 24, 27, 29		<i>Styled Layer Descriptor</i>
SMTP	23		<i>Send Mail Transport Protocol</i>
SNIT	7, 22, 37	Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial de Chile	
SNOWTAM	33		<i>Snow to Airmen (Information on Snow)</i>
SOA	22, 23	Arquitectura Orientada a Servicios	
SOAP	1, 3, 20, 21, 22, 23, 27, 28		<i>Simple Object Access Protocol</i>
SOS	20, 22, 24, 29		<i>Sensor Observation Service</i>
SPOT	5, 7		<i>Système Probatoire d'Observation de la Terre (satélite)</i>
SPS	29		<i>Sensor Planning Service</i>
SPT	37	Servicio de Procesamiento Topográfico	
SQL	7, 24, 32	Structured Query Language	
SRTM	5, 26, 37		<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
SSL	15		<i>Secure Socket Layer</i>

ACRÓNIMO	CAPÍTULO	ESPAÑOL	INGLÉS
SWE	20, 29		<i>Sensor Web Enablement</i>
TCP	25		<i>Transmission Control Protocol</i>
TE	13	Términos Específicos	
TIC	10, 16, 34, 35, 37, 39	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones	
TIG	4, 5	Tecnologías de Información Geográfica	
TJS	20		<i>Table Joining Services</i>
TLS	15		<i>Transport Layer Security</i>
TML	29		<i>Transducer Model Language</i>
TR	13	Término Relacionado	
UDDI	23		<i>Universal Description Discovery and Integration</i>
UML	11, 13, 18, 19		<i>Unified Modeling Language</i>
UNASUR	37	Unión de Naciones Suramericanas	
UNEP	24		<i>United Nations Environment Programme</i>
UNESCO	13		<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
UNEGGN	12		<i>United Nations Group of Experts on Geographical Names</i>
UN-OCHA	24		<i>United Nation Office for the Coordination of Humanitarian Affairs</i>
URI	21		<i>Uniform Resource Identifier</i>
URL	3, 20, 26, 28, 30		<i>Uniform Resource Locator</i>
USGS	31, 35, 37		<i>U.S. Geological Survey</i>
UTM	4	Proyección Universal Transversa de Mercator	
VGI	16, 31, 39		<i>Volunteered Geographic Information</i>
VoIP	39		<i>Voice on Internet Protocol</i>
W3C	2, 20, 28, 33		<i>World Wide Web Consortium</i>
WCPS	20		<i>Web Coverage Processing Service</i>

ACRÓNIMO	CAPÍTULO	ESPAÑOL	INGLÉS
WCS	3, 4, 20, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 37		<i>Web Coverage Service</i>
WCTS	22, 30		<i>Web Coordinate Transformation Service</i>
WFP	24		<i>World Food Programme</i>
WFS	3, 4, 6, 11, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 32, 37		<i>Web Feature Service</i>
WFS-T	21, 22, 26		<i>Web Feature Service-Transactional</i>
WGS84	20, 27		<i>World Geodetic System 84</i>
WMC	24		<i>Web Map Context</i>
WMS	3, 4, 6, 9, 11, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 37		<i>Web Map Service</i>
WMS-C	27		<i>Web Map Service - Cached</i>
WMS-Tiled	27		<i>Web Map Service - Tiled</i>
WMTS	20, 22, 27		<i>Web Map Tile Service</i>
WNS	29		<i>Web Notification Service</i>
WPS	11, 20, 22, 23, 28, 29, 30, 33		<i>Web Processing Service</i>
WSDL	23, 27		<i>Web Services Description Language</i>
XML	3, 11, 13, 19, 20, 21, 23, 27, 28, 30		<i>Extended Markup Language</i>
XSD	20		<i>XML Schema Definition</i>

REFERENCIAS A GLOSARIOS DE TÉRMINOS

Diferentes organizaciones han elaborado glosarios de términos que pueden ser de interés para los lectores de esta obra. Se citan algunos:

- (En inglés) **Diccionario de abreviaturas y acrónimos en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección**. By Philip Hoehn and Mary Lynette Larsgaard (Librarian Emeritus, Map & Imagery Laboratory, University of California, Santa Barbara Library). Designed by John Creaser. http://www.lib.berkeley.edu/EART/abbreviations_A-K
- (En español e inglés) **Glosario de Terminología Informática**. Por José Luis Prieto. Recoge aquellos términos que se emplean en el campo de la informática y otras ciencias que le son afines. Contiene una parte importante de la terminología empleada en áreas de software, hardware y campos en los que se aplica. <http://www.tugurium.com/gti/contenidos.asp>
- **Siglas y expresiones equivalentes entre inglés y español**, recopiladas por el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y recomendadas por ISO/TC 211 http://www.isotc211.org/Outreach/ISO_TC_211_Standards_Guide_Spanish.pdf
- **Traducción no oficial al español del Glosario de Términos del Open Geospatial Consortium** realizada por la Red LatinGEO <http://redgeomatca.rediris.es/libroIDE/glosarioOGC>

AUTORES

FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	Alejandra Sánchez Maganto <asmaganto@fomento.es> Ingeniero en Geodesia y Cartografía (UPM) Ingeniero Geógrafo de la Administración General del Estado de España. Jefe de Sección de Sistemas Informáticos de Infraestructura de Información Geográfica del CNIG. Miembro del Grupo de Trabajo de la IDE de España. Coordinadora del Subgrupo de metadatos y editora del Núcleo Español de Metadatos.	3, 11
	Alejandro Rodríguez Alvarado. (Dic. 1943 - Nov. 2011). Doctor en Geofísica. Ingeniero Civil. Fundador y director General del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). Fue el primer secretario ejecutivo del Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPRENAC) y ha trabajado para distintos organismos como el Banco Mundial.	21
	Alfonso Rodrigo Tierra Criollo <atierra@espe.edu.ec> Doctor en Ciencias Geodésicas (Universidade Federal do Paraná, Brasil, 2003). Máster en Ciencias Geodésicas (Universidade Federal do Paraná, Brasil, 1993). Ingeniero Geógrafo (Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador, 1989). Catedrático de Cálculo de Compensación, Geodesia Geométrica, Geodesia Física, Geodesia Espacial, GNSS. Miembro del Directorio del IPGH de la Sección Nacional del Ecuador. Miembro del Grupo III de SIRGAS. Coordinador de la línea de investigación Estudios Geoespaciales.	5

FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	Alicia Noemí Duarte <aduarte@santafe.gov.ar> Ingeniera en Sistemas de Información (2002) y Analista Universitario de Sistemas (2000) ambos por la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Nacional Tecnológica, Argentina. Realizando tesis de la Especialización en Teledetección y SIG aplicados al Estudio del Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires, Argentina. Integrante del Grupo de Desarrollo de la IDESF-Infraestructura de Datos Espaciales de Santa Fe, Argentina. Interesado en investigación sobre servicios OGC.	17
	Alvaro Anguix Alfaro <aanguix@gvsig.com> Ingeniero Técnico en Topografía (Universidad Politécnica de Valencia, España). Director General de la Asociación gvSIG. Miembro del Board de gvSIG. Miembro del Comité Científico de las Jornadas Internacionales de gvSIG. Miembro del Grupo de Trabajo para la definición y el desarrollo de la Infraestructura de Datos Espaciales Española. Interés en Geomática Libre.	24
	Alvaro Monett Hernández <amoneth@mbienes.cl> Geógrafo de la Pontificia Universidad Católica de Chile y se desempeña en la Secretaría Ejecutiva del SNIT, IDE de Chile, radicada en el Ministerio de Bienes Nacionales. Dentro de ésta, coordina el área de Gestión Estratégica IDE, enfocada en apoyar la implementación de la IDE nacional, a través de la investigación, difusión, relaciones internacionales y evaluación de desempeño IDE. En el ámbito internacional, posee el rol de coordinador del Grupo de Trabajo de Planificación del CP-IDEA.	38
	Amilcar Morales Gamas <amilcar@centrogeo.org.mx> Maestro en Ciencias Computacionales (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey). Ingeniero Industrial en Electrónica (Instituto Tecnológico de Puebla). Investigador Tecnólogo y Profesor del Programa de Posgrado en Geomática del CentroGeo. Interesado en Infraestructuras de Datos Espaciales, Bibliotecas Digitales Geoespaciales, GeoWeb y Recursos Educativos Abiertos para el aprendizaje móvil y repositorios de Objetos de Aprendizaje como apoyo a la enseñanza en Geomática.	8
	Ana Elena Lambert Hernández <lambertthdez@gmail.com> Máster en Gestión Ambiental (INTEC, 2009). Licenciado en Educación en la Especialidad de Geografía (Instituto Superior Pedagógico EJV, Cuba, 1993). Investigador Agregado. Interesado en IDE, Visualización de la IG, Cartotecas Virtuales, Dirección de proyectos de Investigación vinculado a visores de mapas en Web. Desarrollado en el Instituto de Geografía Tropical. CITMA, Cuba.	32
	Analía Isabel Argerich <anargerich@tecn.unca.edu.ar> Doctora en Agrimensura (UNCa, 2000). Especialista en Docencia Universitaria de Disciplinas Tecnológicas (UNCa, 1999). Ingeniera Agrimensora (UNCa, 1986). Profesora de Ingeniería en Agrimensura, Profesora de Postgrado y Directora Académica del Doctorado en Agrimensura de la Universidad Nacional de Catamarca. Directora de LatinGEO Argentina y Vicepresidente de la Red LatinGEO. Interesada en IDE, en el análisis y aplicación de la serie ISO 19100.	19

FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	Antonio Vázquez Hoehne <antonio.vazquez.hoehne@upm.es> Doctor en Geografía (Universidad Complutense de Madrid, 1994). Licenciado en Geografía e Historia (UCM, 1981). Profesor Titular de EU (Universidad Politécnica de Madrid). Interesado en Toponimia, Nomenclátors, IDE, Geomorfología, Geografía, Arqueología. Coordinador de Programa de Doctorado de Ingeniería Geográfica y del Máster en Ingeniería Geodésica y Cartografía. Docencia en Geomorfología, Cartografía Geomorfológica, Toponimia, Geografía Física, Cartografía Aplicada a la Arqueología.	12, 13
	Antonio Felipe Razo Rodríguez <antrazo@gmail.com> Ingeniero en Sistemas Computacionales (UDLAP 1999). Maestro en Ciencias especialidad en Sistemas Computacionales (UDLAP 2001). Especialidad en IDE (UPM 2007) Profesor de la Universidad de las Américas Puebla UDLAP (2011). Jefe del Dpto. de Integración de Bases de Datos en el Instituto de Catastro del Estado de Puebla ICEP (2007-10). Interesado en Sistemas de Información Espacial, Visualización, Modelado y Animación 3D, Mapas por Internet e IDE.	22
	Antonio Federico Rodríguez Pascual <afrodriguez@fomento.es> Licenciado en Ciencias Físicas (Universidad Complutense de Madrid, 1983). Profesor Asociado (Universidad Politécnica de Madrid, 2004). Trabaja en el Instituto Geográfico Nacional de España desde 1986. Actualmente Jefe de Área de la IDE y Secretario del Consejo Directivo de la IDEE. Ha sido Secretario de AEN/CTN 148 y representante de AENOR en CEN/TC 287 e ISO/TC211. Experiencia en Cartografía, MDT, SIG, Modelado, Normalización, Calidad, Metadatos, servicios web e IDE.	1, 2, 3, 11
	Ayar Rodríguez de Castro <ayar.rodriguez@upm.es> Licenciado en Geografía (Universidad Complutense de Madrid, 2003). Doctorando en Ingeniería Geográfica en la E.T.S.I. de Topografía, Geodesia y Cartografía de la Universidad Politécnica de Madrid. Interesado en toponimia, nomenclátors, paisaje e imaginarios urbanos. Colabora en la impartición de asignaturas E-learning vinculadas al campo de la Cartografía Temática.	12
	Carlos Granell <carlos.granell@uji.es > Doctor por la Universitat Jaume I de Castellón, 2006. Centra su investigación en SIG, IDE, composición y reutilización de servicios Web, servicios de geo-procesamiento, modelado de sistemas de información medioambiental. Ha realizado diversas estancias de investigación en centros europeos como SINTEF (Noruega), la Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation de la Universidad de Twente (Holanda) y el Center for Geospatial Science de la Universidad de Nottingham (Reino Unido).	23, 27
	Carlos G. Giorgetti <carlos.giorgetti@gmail.com> Ingeniero Químico (Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ingeniería Química, Santa Fe, Argentina – UNL-FIQ). Diplomado Superior en Educación a Distancia, Universidad Blas Pascal, Córdoba, Argentina. Profesor Adjunto de la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Santa Fe (UTN-FRSF). Cátedra: Sistemas de Información Geográficos, del 5to año de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información.	18

FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	Carlos Manuel López Vázquez <carlos.lopez@thedigitalmap.com> Doctor en Geoinformática (Royal Institute of Technology, Estocolmo, Suecia, 1997). Magister en Mecánica de los fluidos aplicada (1993) e Ingeniero Industrial-opción Mecánica (1987), ambos por la Universidad de la República, Uruguay. Investigador Nivel I de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación. Senior Member de la IEEE. Director-Gerente de The Digital Map Ltda. Profesor Universidad ORT, Montevideo. Encargado del Laboratorio LatinGEO-Uruguay.	14, 15, 26
	Carolina Morera Amaya <cmoreraa@gmail.com> Magister en Geomática (Universidad Nacional de Colombia - UNAL, 2011). Ingeniera Catastral y Geodesta (Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", Colombia, 2003). Integrante del Grupo de Infraestructuras de Datos Espaciales y Gestión de Información Geográfica. Investigadora en Infraestructuras de Datos Espaciales.	35
	Cintia Bernardita Andrade Leiva <candrade@igm.cl> Ingeniero de Ejecución en Geomensura (Universidad de Santiago, 1997). Investigadora en materias geomáticas aplicadas a la generación de cartografía. Ha ejercido docencia en la Universidad Bernardo O'Higgins, Escuela Ciencias de la Tierra y Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Miembro activo Grupo de Información Territorial Básica de la IDE nacional (SNIT), miembro activo del Proyecto Elaboración de Normas Chilenas de Información Geoespacial.	7
	Claudia Coronel Enríquez <ccoronel@centrogeo.org.mx> Maestro en Geomática (CentroGeo). Estudiante del programa de Doctorado en Geomática en CentroGeo, México. Líneas de investigación, Funcionamiento ecosistémico y Manejo adaptativo del paisaje o territorio, Descubrimiento de patrones y Gestión de información Geográfica. Profesor investigador asociado impartiendo cursos de Análisis Espacial y Percepción Remota en CentroGeo. Asesor de tesis en la Maestría en Gestión de datos geoespaciales (INEGI-CentroGeo, México).	8
	Cristina Zerpa <cristina.zerpa@agesic.gub.uy> Analista Programador y de Computación (Univ. de la República Uruguay). Master en Computación (Univ. ORT Uruguay), Diploma in Computing and Information Systems (Oxford Univ.), PMP (Project Management Professional). DEA en Gobernanza de TI (UPM. España). Consultora en Gestión de Proyectos, Gobierno Electrónico y Gobernanza de TI. Directora de PMA. Docente en Univ. ORT. Doctorado conjunto ORT-UPM. Presidente fundadora del Capítulo Montevideo-Uruguay del Project Management Institute (PMI).	36
	Diana Ivonne Benavides <dii.benavides@gmail.com>, Estudiante de Doctorado en Ingeniería Geográfica (Universidad Politécnica de Madrid). Máster Oficial en Tecnologías de la Información Geográfica (Universidad de Alcalá, 2008). Ingeniera Catastral y Geodesta (Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, 2007). Interesada en IDE, Visualización de la Información Geográfica, Servidores de Mapas y Sistemas de Información Geográfica.	10

FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	Diego Alfonso Erba <derba@lincolinst.edu> Doctor en Agrimensura (UNCa, AR, 1998). Magister Ing. Agrícola (UFMS, BR, 1993) y Magister Ing. Civil (UFSC, BR, 1995). Post-Doctor en SIG (Shiga University, Japón, 2000 y Clark University US, IDRISI Project, 2003). Fellow del Programa para América Latina y el Caribe del Lincoln Institute of Land Policy donde desarrolla investigaciones y publicaciones en temas relacionados con Catastro Territorial y los SIG. Miembro del Grupo de Trabajo "Catastro 3D" de la FIG.	17
	Domingo J. Gallego <dgallego@edu.uned.es> Dr. Filosofía y Letras (1986, UCM Madrid). Master Tecnología Educativa y Comunicaciones, (1972, Columbia Univ.). Miembro Consejo Rector Extremadura Business School, Profesor Tecnología Educativa, Formación en Instituciones y Empresas y Psicología Social y de las Organizaciones, UNED. Coordinador Master Estrategias y Tecnologías para la función docente en la sociedad multicultural. Coordinador para España Master Erasmus Mundus Euromime. Coordinador de la celula de Gestión del Conocimiento Madrid-UNED, CISC. Ha dirigido 64 tesis doctorales.	36
	Dora Inés Rey Martínez. <direy@igac.gov.co>. Agróloga (UJTL, 1983). Master en Administración de Empresas (Uniandes, 1996), Especialista en Sistemas de Información Geográfica (UDistrital, 2005). Fue Directora del CIAF y actualmente es Directora de Planeación del IGAC, Colombia. Más de 10 años de experiencia en Infraestructuras de Datos Espaciales. Gestora de la IDE de Colombia (ICDE). Ha sido Secretaria Ejecutiva de las IDE de Colombia (ICDE) y de la de las Américas (CP IDEA). Asesora en varias de estas iniciativas en la región.	35
	Doris Mejía Ávila <dorism@sinu.unicordoba.edu.co> Doctora en Ingeniería Geográfica (Universidad Politécnica de Madrid, 2011). Ingeniero Forestal (1991). Especialista en SIG (1996), ambos por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá-Colombia. Docente de los curso de cartografía y SIG en la Universidad de Córdoba-Colombia. Interesada en IDE, SIG, Interoperabilidad semántica, Ontologías. Miembro de los Grupos de Investigación Mercator (UPM), Geografía y Ambiente y SIMA (Universidad de Córdoba)	13
	Elzbieta Malinowski <elzbieta.malinowski@ucr.ac.cr> Doctora por la Universidad Libre de Bruselas (Bélgica). Maestrías en el Instituto Electrotécnico de San Petersburgo (Rusia), en la Universidad de Florida (USA) y en la Universidad Libre de Bruselas (Bélgica). Profesora catedrática en la Escuela de Ciencias de la Computación e Informática de la Universidad de Costa Rica y consultora profesional en bases y almacenes de datos. Autora de numerosas publicaciones internacionales y miembro de varios comités editoriales de revistas internacionales.	21
	Emilio López Romero <elromero@fomento.es>, Ingeniero en Informática (U. de Málaga). Funcionario del cuerpo Superior de Sistemas y Tecnologías de la Información de la AGE. En 2003, perteneció al IGN como Técnico Superior de Proyectos Informáticos en el proyecto IDEE y en 2006 a la Subdirección General de Política de Suelo del antiguo Ministerio de Vivienda como Consejero Técnico, responsable del Proyecto Sistema de Información Urbana. Actualmente es el Jefe del Área de Informática del CNIG.	25

FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	Emma Dinorah Flores de Cuellar <dflores@cnr.gob.sv>, Arquitecta. Especialista en Administración de Tierras y Manejo de Proyectos. Gerente de Sistemas Territoriales de la Dirección del Instituto Geográfico y del Catastro Nacional /Centro Nacional de Registros de El Salvador. Responsable de los datos nacionales para SIG e IDE, así como la coordinación de políticas y planes relacionados con el acceso a la IG con otras instituciones. Coordinadora del Comité Geográfico para la conformación de la IDE de El Salvador.	4
	ERIC VAN PRAAG <evanpraag@caf.com> Ingeniero en Computación y M.Sc. en Administración de Recursos Ambientales. Actualmente es Coordinador Regional del Programa GeoSUR (www.geosur.info) que adelanta la CAF – banco de desarrollo de América Latina. Trabajó durante siete años con el Servicio Geológico de los EE. UU. y durante dos años con el PNUMA. Trabajó también como consultor para diversas organizaciones internacionales como el PNUD, el Banco Mundial, el Instituto de Recursos Mundiales, la OEA y el Centro de Monitoreo de Conservación Mundial (WCMC).	37
	Ernesto Fidel Bal Calderón. <ebal@mef.gob.pa>. Licenciado en Tecnología de Programación y Análisis de Sistemas. (UTP, Panamá, 2002). Master en SIG (2007) y DEA (2008) en Universidad Pontificia de Salamanca, España. Presidente Infraestructura Panameña de Datos Espaciales (2009). Representante del MEF para el Proyecto IPDE (2011). Coordinador de la Unidad de Información Geográfica. Interesado en IDE (Servicios Web) y Arquitectura de Participación.	16
	Federico-Vladimir Gutiérrez <fv.gutierrez@upm.es> Ingeniero en Computación (UNI, Nicaragua). Diploma de Estudios Avanzados en el programa de Doctorado de Ingeniería Geográfica (UPM, España, 2011) donde actualmente se encuentra escribiendo su Tesis Doctoral sobre Modelos para la Predicción de la Producción Energética Mediante Inteligencia Artificial y el uso de las IDE como su fuente información y desmanación de los resultados. Responsable de la Unidad SIG Geo-RIESGOS de INETER (Nicaragua), con permiso para realizar el doctorado en la UPM.	21
	Fernando Raúl Alfredo Bordignon <fernando.bordignon@unipe.edu.ar> Master en Tecnologías Integradas y Sociedad del Conocimiento (UNED, 2011). Magister en Redes de Datos (UNLP, 2005). Licenciado en Sistemas de Información (UNLu, 1992). Director del Laboratorio de Investigación y Formación en Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Educación de la UNIPE. Interesado en IDE, visualización de datos geográficos y cibercultura y educación. Investigador del Centro Regional de Geomática (CEREGEO) de la Universidad Autónoma de Entre Ríos.	16
	Francisco García Cepeda <francisco.gcepeda@upm.es> Doctor en Geodesia y Cartografía (U.P.M., España, 2009). Ingeniero en Geodesia y Cartografía (U.P.M., España, 2003). Ingeniero Técnico en Topografía (Universidad Politécnica de Madrid, 1972). Profesor Asociado. Interesado en IDE, Visualización de la IG, Fotogrametría y Tratamiento digital de imágenes. Miembro del Grupo de Investigación Mercator (UPM). Docencia en Fotogrametría y Catastro.	6

FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	Francisco Escobar <francisco.escobar@uah.es> Dr. en Geografía. Profesor Titular (Dep. de Geografía de la Universidad de Alcalá) desde 2003. Profesor invitado en la Universidad de Estrasburgo en 2004 y en 2005 y Experto Nacional Destacado en el JRC de 2007 a 2010. Desde 1996, desempeñó su carrera investigadora en las universidades de Melbourne y RMIT. Trabaja en aplicaciones y desarrollo de SIG y en nuevas formas de representación y difusión de la información geográfica. Su página web www.geogra.uah.es/patxi recoge los detalles.	9
	Freddy Saavedra Cruz <fsaavedra@ine.gob.bo> Licenciado en Arquitectura (Universidad Mayor de San Andrés); Postgrado en Tecnologías de Información Geográfica (Universidad Loyola); diferentes cursos de SIG, Teledetección, Cartografía Automatizada e IDE (Cooperación Española e Instituto Geográfico Agustín Codazzi); Responsable de la Unidad de Cartografía e Infraestructura Espacial del INE de Bolivia; Director del departamento de La Paz para el Censo 2001.	6
	Gabriel Carrión Rico <gcarrion@gvsig.com> Ingeniero Superior en Informática (Universidad Politécnica de Valencia, España). Director de estrategia de la Asociación gvSIG. Coordinador General del Comité Científico de las Jornadas Internacionales de gvSIG. Asesor ad honorem en materia de SIG y Software Libre del Centro Nacional de Tecnologías de Información CNTI de Venezuela. Miembro del Grupo Técnico Asesor del proyecto Geosur. Miembro del Grupo de Trabajo para la definición y el desarrollo de la Infraestructura de Datos Espaciales Española.	24
	Graciela Metternicht <graciela.metternicht@unep.org> Doctora en Ciencias (Geografía, summa cum laude) de la Universidad de Gent (Bélgica) Desde el 2008, es Coordinadora Regional para América Latina y el Caribe de Evaluaciones Ambientales y Alerta Temprana del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Anteriormente se desempeñó por 12 años como académica (Catedrática en Ciencias Geo-espaciales) en investigación y educación en Universidades de Australia. .	8
	Guillermo González Suárez <guille@geocuba.cu> Master en Ciencias de la Computación (Universidad Central de Las Villas, 2005, Cuba). Licenciado Matemática y Computación, Instituto Superior Pedagógico, Cuba, 1996. Estudiante de doctorado, especialidad Hidrografía y Geodesia (GEOCUBA, Cuba). Líneas de interés de su tesis IDE, servicios web para IDE, geo-procesamiento en web, redes de sensores en web. Pertenece al grupo de desarrollo tecnológico de la IDE de Cuba.	32
	Héctor Carlos Rovera Di Landro <dsgm@ejercito.mil.uy> Coronel del Arma de Ingenieros, (2006). Operador Geógrafo, título otorgado por el Poder Ejecutivo de la República Oriental del Uruguay (2008). Director del Servicio Geográfico Militar (agencia cartográfica nacional). Delegado Jefe de la Comisión Técnica Demarcadora de Límites Uruguay-Brasil. Miembro del Consejo Asesor Honorario en Sistemas Georeferenciados, (IDEuy). Presidente de la Sección Nacional del IPGH.	14

FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	Homero Fonseca Filho <homeroff@usp.br> Doctor en Geociencias (Universidade Estadual Paulista, Brasil, 1999). Maestría en Ingeniería Agronómica (Universidade de São Paulo - USP-, Brasil, 1993), Especialista en IDE y su puesta en marcha con herramientas open source (Universidad Politécnica de Madrid, España, 2010), Certificación en Educación Virtual (Simon Fraser University, Canada, 2006) Ingeniero Agrónomo (USP, 1984). Profesor Doctor en la USP. Interesado en IDE. Docencia en Cartografía y IDE. Miembro del Comité de INDE (CINDE/CONCAR), Brasil.	34
	Indalecio Fructuoso Bezos Cibulsky <bezos@fich.unl.edu.ar>, Ingeniero en Informática (Universidad Nacional del Litoral, República Argentina - 2008). Profesor Universidad Nacional del Litoral - RA. Interesado en Interoperabilidad de la IG (Geo-Semántica), Geo Estadísticas, IDE. Imparte asignaturas SIG e IDE. Integrante del Comité Técnico de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Santa Fe –IDESF. Integrante del Equipo Coordinador de la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina - IDERA.	13
	Javier Moya Honduvilla <j.moya@upm.es> Ingeniero Técnico en Topografía e Ingeniero en Geodesia y Cartografía. (Universidad Politécnica de Madrid). Estudiante de doctorado en Ingeniería Geográfica (UPM). Interesado en la comunicabilidad de la expresión gráfica y en el estudio de los factores humanos aplicados a la provisión de Información Geográfica Aeronáutica (IGA). Colabora en la docencia de las asignaturas de Diseño cartográfico y de Geoinformación para la navegación aérea en el Máster en Ingeniería Geodésica y Cartografía (UPM).	9, 33
	Jayson-Enrique Fernández Rivas <Jayson_fr@hotmail.com>. Ingeniero Catastral y Geodesta (Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2003). Máster Oficial en Tecnologías de la Información Geográfica (Universidad de Alcalá, 2007). Ingeniero Técnico en Topografía (MEC, España, 2008). Interesado en IDE, SIG, Teledetección, Cartografía Aérea, Fotogrametría, generación de modelos digitales de terreno de alta precisión obtenidos a partir de tecnología LIDAR. Doctorando Ingeniería Geográfica (UPM).	30
	Jesús Celada Pérez. <jcelada@fomento.es>. Ingeniero Técnico en Topografía (1999) e Ingeniero en Geodesia y Cartografía (2004) por la UPM (España). Ingeniero Geógrafo del IGN (Ministerio de Fomento, 2005). Jefe de Sección de Sistemas Informáticos (IGN, 2007). Miembro del Grupo de Expertos en Calidad del Dato Geográfico (ExQG) de Eurogeographics. Representante del IGN en el GT de la Base Topográfica Normalizada (BTA) de la Comisión Nacional de Normas Cartográficas del Consejo Superior Geográfico.	6
	Joan Masó Pau <joan.maso@uab.es> Licenciado en Física e Ingeniería Electrónica (Universitat Autònoma de Barcelona). Investigador del Centro de Investigación Ecológica y de Aplicaciones Forestales (CREAF). Profesor del master de SIG y teledetección del CREAF. Desarrollador de MiraMon desktop y Servidores y Clientes de Mapas. Editor del OGC 07-057r7 Web Map Tiling Service 1.0.0 y del OGC 10-180 Web Map Service Candidate 2.0.0. Fundador del Foro Ibérico y Latinoamericano del OGC (ILAF). Representante español en el TC211 de la ISO. Coordinador del proyecto GeoViQua.	20

FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	Joan Capdevila Subirana <joan.capdevila@mpt.es> Doctor en Geografía (2011), Licenciado en Ciencias Físicas y en Geografía por la Universidad de Barcelona. Perteneció al Cuerpo de Ingenieros Geógrafos y trabaja en el Instituto Geográfico Nacional español. Es vocal del Consejo Directivo de la Infraestructura de Información Geográfica de España (CODIIGE) y de varias comisiones del Consejo Superior Geográfico. Es responsable de las tareas de seguimiento e informe de INSPIRE y miembro fundador del Foro Ibérico y Latinoamericano del OGC.	20
	Jordi Guimet Perenya <jguimet@icc.es> Doctor Ingeniero Industrial y diplomado en Administración de Empresas por la EAE. Funcionario en excedencia del Cuerpo Superior de TIC de la AGE. Desde 2002 a cargo de la IDE de Catalunya. Director del Master en Tecnologías y Sistemas de IG de la Fundación Politécnica de Cataluña y profesor en diversos cursos y masters. Autor de diversos libros sobre materias relacionadas con los Sistemas de Información y SIG. Fundador de la AESIG (1990). Presidente desde 2008 de la Asociación Catalana de Tecnologías de la Información Geográfica (ACTIG).	35
	José Alfredo Santos Mondragón <amondragon@cocesna.org> Jefe del Servicio de Información Aeronáutica (AIS) de la Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea (COCESNA). Presidente del subgrupo de los Servicios de Información Aeronáutica y de Cartas Aeronáuticas de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)	33
	José María Lazo <jlazo@adinet.com.uy>, Especializado en Gobierno Electrónico y Administración Digital (Universitario Autónomo del Sur, Uruguay, 2003) Ingeniero Militar en Informática (IMES, Uruguay, 2003) Analista Programador (Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, Uruguay, 1989). Gerente de la IDE de Uruguay en la Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información (Uruguay, 2011). Director y SubDirector del Servicio Geográfico Militar (Uruguay, 2004-2010) Interesado en IDE, Toponimia, Atlas, Superficies territoriales.	7
	José Luis Capote Fernández <capote@geocuba.cu> Máster en Ciencias, Sistemas Computacionales (Universidad Central de las Villas, 2006, Cuba). Ing. en Automática (Universidad Central de las Villas, 1998, Cuba). Estudiante de doctorado, especialidad Hidrografía y Geodesia. Líneas de interés: Web Semántica Geoespacial e IDEs. Jefe del Departamento de Infraestructuras de Datos Espaciales en la Agencia de Software de la Empresa GEOCUBA. Ha estado vinculado al desarrollo de software para la Geoinformática durante los últimos 12 años.	39
	Juan Ernesto Rickert <jerickert@gmail.com>. Ingeniero en Informática (Argentina, EST, 1998), especialista en Criptografía y Seguridad Juan Rickert.jpg en Sistemas Teleinformáticos (Argentina, EST 2002), Especialista en Infraestructura de Datos Espaciales (España, UPM 2006), Docente del Curso de IDEs a distancia (UPM – IGN, España) y del Curso presencial de IDEs (UPM-IGN, España), Docente del Curso de IDEs (EST, Argentina). Miembro de Honor de la Asociación Red LatinGEO. Miembro de la Asociación gvSIG.	25

FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	Juan Miguel Hernández Faccio <hernande@fcien.edu.uy> Doctor en Géographie et Aménagement (Paris III, 1993). Diplôme d'Etudes Approfondies, DEA (Paris III, 1989). Licenciado en Ciencias Geográficas (Universidad de la República, Uruguay, 1987). Enólogo (Universidad del Trabajo, Uruguay, 1974). Jefe del Departamento de Geografía de la Facultad de Ciencias de la Udelar, Uruguay, (2010). Profesor Adjunto del Departamento de Geografía de la Facultad de Ciencias Udelar, Uruguay (1994).	4
	Juan Martín Aguilar Villegas <agularv@uas.uasnet.mx> Doctor en Monitoreo Aerocósmico de la Tierra, Fotogrametría (Universidad Estatal de Geodesia y Cartografía de Moscú, Rusia, 2008). Magister en Fotogrametría (Instituto de Ingeniería en Geodesia, Aerofotogeodesia y Cartografía de Moscú, Rusia, 1992). Ingeniero Topógrafo-Geodesta (Universidad Autónoma de Sinaloa, México, 1984). Profesor investigador en la Universidad Autónoma de Sinaloa. Coordinador de posgrado de la Facultad de Ciencias de la Tierra, U.A.S.	5
	Julia Rosa González Garcíandía <julia@geotech.cu> Master en Ciencias en "Estudios de Población" (UH, Cuba, 1999). Master Profesional en "Gestión de la geoinformación en la planificación y manejo urbano" (ITC, Holanda, 2003). Licenciada en Geografía (UH, Cuba, 1988). Investigador auxiliar del Instituto de Geografía Tropical de Cuba. Profesor asistente de la Facultad de Geografía de la UH. Interesada en IDE, aplicaciones de los SIG. Participa en la dirección de proyectos de investigación vinculada a IDE en la Agencia de Medio Ambiente, Cuba.	32
	Laura Díaz <laura.diaz@uji.es> Doctora por la Univ. Jaume I de Castellón (2010), Ingeniera de Informática (2000) y Master en Sistemas Inteligentes (2008) por la Universidad de Valencia.. Investigación y Desarrollo en Instituto de Robótica (Valencia), Geodan (Amsterdam) Iver TI (Valencia) en temas SIG. Actualmente (INIT, Univ. Jaume I) investigación sobre integración de IG, Geoprocésamiento, Interoperabilidad en IDE. Estancias en Institute for Environment and Sustainability (IES) del JRC (Italia) e Institut für GeoInformatik, Univ. Münster (Alemania).	23, 30
	Lilia Patricia Arias Duarte <liliaparias@yahoo.es> Candidato a Ph D en Informática (Universidad Pontificia de Salamanca, España). Especialista en Sistemas de Información Geográfica (2005). Especialista en Ingeniería de Software (1998). Ingeniera Catastral y Geodesta (1995). Experiencia en coordinación e implementación de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, políticas y estándares de información geográfica, metadatos y geoportales. Directora de Innovación Tecnológica. Vicepresidenta de la Sociedad Geoespacial Internacional, IGS	10
	Lola Benilda Jiménez Calderón <jimenezloly@clirsen.gob.ec> Ingeniera Geógrafa y del Medio Ambiente (Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador, 2006). Especialista en Bases de Datos Espaciales (Universitat de Girona, España, 2010). Estudiante de Doctorado en Ingeniería Geográfica (Universidad Politécnica de Madrid). Responsable del Grupo de Trabajo "Datos Fundamentales, Catalogo de Objetos y Topónimos" (Consejo Nacional de Geoinformática-Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales). Responsable de la Sección Geosemántica (CLIRSEN, Ecuador).	13

FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	Luciana Estrada León <l.estrada@icep.gob.mx> Ingeniero en Sistemas Computacionales (ITSTB 2006). Especialidad en Teledetección Aplicada (UPM 2010). Especialidad en Infraestructura de Datos Espaciales (UPM 2007) Analista Técnico del Departamento de Geomática del Instituto de Catastro del Estado de Puebla ICEP (2011). Analista Técnico del Departamento de Desarrollo de Sistemas del ICEP (2008-11). Interesada en Sistemas de Información Geográfica en Línea, Infraestructura de Datos Espaciales IDE, Percepción Remota. Lider del proyecto GeoPuebla.	22
	Luciana C. Ballejos <lballejos@santafe-conicet.gov.ar> Doctora en Ingeniería en Sistemas de Información, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe (UTN-FRSF), Argentina, 2009. Ingeniera en Sistemas de Información (UTN-FRSF, 1999). Profesora Adjunta Dedicación Exclusiva, Departamento Ing. en Sistemas de Información, UTN-FRSF. Docente de las Cátedras Ingeniería de Software y Sistemas de Información Geográficos (ayudante). Temas: Análisis y desarrollo de SIG, representación y modelado espacio-temporal de información geográfica.	18
	Lucio Colaiacomo <l.colaiacomo@eusc.europa.eu>, PhD, is the Chief Technology Officer in the Information Technology Department at EUSC, the European Union Satellite Centre in Torrejon de Ardoz Air Base, Spain. He is dealing with applications integration based on OGC/ISO standards in the defense and intelligence sector. Interested in projects dealing with adaptation of legacy systems using business processes techniques, usage of information mining and analysis techniques and in geospatial information processing and spatial data infrastructures.	28
	Luis E. Bermudez <lbermudez@opengeospatial.org> Doctor en Ingeniería Civil (Informática Ambiental) por la Universidad de Drexel, Filadelfia. Director de Certificación de Interoperabilidad del OGC. Profesor de Maestría del curso Servicios Web Geoespaciales e Interoperabilidad (Universidad de Maryland; UMBC). 15 años en coordinación y desarrollo de software geoespacial y de la web semántica. Fue director técnico de investigaciones costeras en Southeastern University Research Association (SURA) y del proyecto Interoperabilidad de Metadatos Marinos (MMI).	20
	Luiz Paulo Souto Fortes <luiz.fortes@ibge.gov.br> Doctor en Ingeniería Geomática (Calgary, Canadá, 2002), Maestría en Sistemas de Computación (IME, 1997), Ingeniero Cartógrafo, Instituto Militar de Ingeniería (IME, Brasil, 1981). Trabaja en el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística desde 1982. Actualmente ejerce la función de Director de Geociencias. Desde 2009 es Presidente del Comité Permanente para la Infraestructura de Datos Espaciales de las Américas (CP-IDEA). Es profesor adjunto de la Universidad del Estado de Río de Janeiro.	38
	Mabel Álvarez <mablop@speedy.com.ar> Doctora por la UNED, España (2012). Diploma Estudios Avanzados-DEA (UNED, 2007). Esp. en Sistemas de Inf. Territorial (ITC, Holanda, 1990), Agrimensora, Universidad Nac. del Sur , 1975. Prof. en Matemáticas y Cosmografía1, Prof. en Física2, Inst. Sup. del Profesorado Juan XXIII (1 y 2, 1974). Prof. Titular, Investigadora I y Directora del Grupo de Investigación Tecnologías de la Inf. y la Comunicación e Inf. Geoespacial, Universidad Nac. de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina. Presidenta de la Sociedad Geoespacial Internacional, IGS.	36

FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	<p>Marcela Montivero <mmontivero@tecnoc.unca.edu.ar> Ingeniera Agrimensora. Especialista en Evaluación de Proyectos de Inversión (2006). Especialista en Infraestructura de Datos Espaciales (2008). Experto Universitario Internacional en Catastro Inmobiliario (2010). Experto Universitario Internacional en Valuación Inmobiliaria (2011). Docente de Ingeniería en Agrimensura. Alumna del Doctorado en Agrimensura de la Universidad Nacional de Catamarca.</p>	19
	<p>María Ester Gonzalez <ester.gonzalez@upm.es> Doctora en Ingeniería Geográfica (UPM, España). Licenciada y Profesora en Geografía (Universidad Nacional de la Patagonia, Argentina). Especialista en IDE (UPM, España). Experta Universitaria en Diseño Instruccional para e-learning (Universidad Tecnológica Nacional, Argentina). Interesada en formación en materia de IDE e IG; e-learning; IDE y Educación Secundaria Obligatoria. Miembro del Grupo del Innovación Educativa INNGEO y del Grupo de Investigación Mercator (UPM).</p>	34
	<p>María-Teresa Manrique Sancho <maria.teresa.manrique@upm.es> Diplomada en Estudios Avanzados de Doctorado en Ing. Geográfica (Univ. Politécnica de Madrid, 2011). Máster en Dirección de Proyectos (Cámara de Comercio de Madrid, 2007). Ing. en Geodesia y Cartografía (Univ. Alcalá de Henares, 2001). Ing. Técnico en Topografía (UPM, 1996). Coordinadora del Centro GEOI+D y del Laboratorio LatinGEO de la UPM. Miembro de la Red LatinGEO. Interesada en: Usabilidad e información geográfica voluntaria. Colabora en docencia universitaria sobre Usabilidad.</p>	31
	<p>Ma. Victoria Álvarez Gamio <valvarez@adinet.com.uy> Licenciada en Sistemas de Información (Universidad ORT Uruguay, 2004), actualmente cursando MSc en Ingeniería orientada a los Sistemas de Información Geográfica. Profesora de la Cátedra de la Teoría de la Computación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad ORT Uruguay. Imparte asignaturas de Algoritmos y Estructuras de Datos. Analista Informática del Servicio de Geomática de la Intendencia de Montevideo. Integrante del Grupo de Trabajo IDE Uruguay.</p>	15
	<p>Mario Ledesma Arreola <mledesma@centrogeo.org.mx> Estudiante de Maestría en Geomática (Centro Geo), Especialista en Geomática (Centro Geo 2005). Profesor Investigador Tecnólogo (Centro GEO) Interesando en GeoWEB, IDE, Análisis Espacial, Bases de Datos Geo-Espaciales, Geo Computo e Interoperabilidad. Ha Trabajado en Temas Geo-Espaciales por más de 20 años. Participo en proyectos para SGI, CONACYT, Seguridad Pública, CONAGUA, INE. Participa en el grupo de investigación de Infraestructura de datos Geo-Espaciales y Geo Web (Centro Geo).</p>	8
	<p>Marta Lidia Stiefel <mstiefel@santafe.gov.ar> Licenciada en Edafología, Master en SIG. Jefe de Proyecto del Sistema Provincial de Informática, a cargo del Grupo de Desarrollo de la IDE de Santa Fe (IDESF). Integrante del Comité Técnico de la IDESF desde su creación. Investigadora y docente de grado y posgrado de la Universidad Católica de Santa Fe, docente en cursos de posgrado de la Universidad Nacional de Entre Ríos. Activa participación en reuniones científicas e institucionales, congresos y seminarios sobre gestión de la IG, TIC, SIG e IDE.</p>	15, 17

FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	<p>Mauricio Edilberto Rincón Romero <mauricio.rincon@correounivalle.edu.co> Doctor en Geografía (Universidad de Londres, King's College London, 2001). Magister en Ingeniería de Sistemas (Universidad del Valle, 1994) e Ingeniero Catastral y Geodesta (Universidad Distrital, 1988), los dos últimos realizados en Colombia. Docente investigador en el área de Geomática de la facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle. Director del Grupo de Investigación en Simulación y Modelación Dinámica Espacial – GISMODEL.</p>	28
	<p>Miguel Montesinos <mmontesinos@prodevelop.es>. Es Ingeniero Superior en Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Valencia y MBA por la Universidad Católica de Valencia. Trabajando en la industria geoespacial desde 1993. Es socio y director técnico de la firma Prodevelop, especializada en tecnologías geoespaciales. Ayudó al establecimiento del capítulo hispanohablante de OSGeo. Presidente de la Asociación gvSIG y de Asolival (Asociación Valenciana de empresas de software libre).</p>	29
	<p>Miguel-Angel Bernabé Poveda <ma.bernabe@upm.es> Doctor en Ciencias de la Educación (UNED, 1994). Licenciado en Bellas Artes (Universidad de la Laguna, España, 1982). Ingeniero Técnico en Topografía (Universidad Politécnica de Madrid, 1969). Catedrático de EU. Interesado en IDE, Visualización de la IG, Cartotecas Virtuales, Cartografía Aérea y Representación del tiempo cronológico. Director del Grupo de Investigación Mercator (UPM) y Presidente de la Red LatinGEO. Docencia en Diseño Cartográfico e IDE.</p>	1, 2, 3, 9,34
	<p>Miguel-Angel Manso Callejo <m.manso@upm.es> Doctor por la UPM (2009) Ingeniero de Telecomunicación (UPM, 2002). Profesor Titular de EU (UPM). Interesado en IDE, generación automática y catalogación de metadatos, Geo-Servicios aplicados a la planificación y la toma de decisiones, evaluación de las IDE y de las iniciativas de IG voluntaria y nuevas aplicaciones de las WSN en monitorización y explotación en la Web. Imparte asignaturas de Bases de datos espaciales, IDE y Servicios basados en localización. Miembro del Grupo de Inv. Mercator (UPM).</p>	27, 31
	<p>Moema José De Carvalho Augusto <moema.augusto@ibge.gov.br> Graduada en Ingeniería Cartográfica por la Universidad Estatal de Río de Janeiro (UERJ, 1981). Postgraduada en Administración Pública por la Fundación Getúlio Vargas (FGV, 2001). Actúa desde 2008 como asistente de la Dirección de Geociencias del IBGE. Desde 2003 al 2005 se encargó de la Coordinación de Cartografía. Participa en la Comisión Nacional de Cartografía (CONCAR) representando al IBGE como suplente. Es miembro del grupo de expertos de las Naciones Unidas en Nombres Geográficos, participando en 2006 y 2007.</p>	38
	<p>Octavio Enrique Carrasquilla Salas <oecspty@gmail.com>. Especialista en SIG (IG Agustín Codazzi Bogotá, Colombia 2001) Esp. en SIG y Percepción Remota (Universidade Federal da Paraíba, Brasil 1999) Ingeniero Forestal y Licenciado en Ciencias Agropecuarias (Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil 1998, 1999). Programa de Doctorado en Tecnologías de la Información Geográfica Universidad de Alcalá, España. Interesado en Enseñanza de la Ciencia de la Información Geográfica. Consultor de la FAO, PNUMD y PNUMA.</p>	35

FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	Oscar-Ignacio Abarca <abarcao@yahoo.com> Dr. en Ingeniería Geográfica (UPM, España, 2010). MSc en Desarrollo de Recursos de Aguas y Tierras (Univ. de Los Andes-CIDIAT, Venezuela, 1991). Ingeniero Agrónomo (Univ. Central de Venezuela, 1987). Presidente de la Academia de Ciencias Agrícolas de Venezuela (Ministerio de Agricultura y Tierras, 2011). Profesor Asociado de la Univ. Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Dpto. de Ingeniería Agrícola (1992-2010). Interesado en IDE, SIG, Teledetección, Modelos de Geoprocesamiento.	30
	Paloma Abad Power <pabad@fomento.es> Ingeniero en Geodesia y Cartografía por la Universidad Politécnica de Valencia y perteneciente al cuerpo de Ingenieros Geógrafos de la Administración General del Estado de España. Actualmente Jefe de Servicio de Infraestructura de Información Geográfica del Centro Nacional de Información Geográfica, representante de AENOR en el Comité Técnico 287 del CEN y miembro de la Comisión Estándar de la ICA titulada "Spatial Data Standards". Miembro del Grupo de Trabajo de la IDE de España del Consejo Superior Geográfico.	2
	Rafael Cruz Iglesias <rcruz@geocuba.cu> Master en Ciencias, Computación Aplicada (Universidad Central de la Villas, Cuba, 1995). Ingeniero Electrónico (UCLV, 1989). Profesor Auxiliar (UCLV, 2005). Estudiante de doctorado en temas relacionados con las Infraestructuras de Datos Espaciales, y los retos de la Web 2.0 y Cloud Computing. Director de la Agencia de Software de la Empresa GEOCUBA La Habana.	39
	Ricardo Ramón Mansilla <rmansilla@ign.gov.ar> Técnico del Servicio Geográfico (IGN, Argentina, 1992). Asesor Técnico del Departamento Normalización del IGN. Integrante del Equipo Tecnología de IDERA (Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina). Profesor de la Universidad de Morón, Argentina. Encargado de la División Sistema de Información Geográfica del IGN (2004 a 2008). Secretario del Comité Técnico del PROSIGA (Proyecto de SIG de la República Argentina) (2006 a 2008). Docente en SIG y Teledetección.	19
	Rodolfo Alex Stuyen Ramírez , <rstuyenr@igm.cl>, Coronel Oficial de Ejército del Arma de Infantería, Subdirector de Ingeniería y General del IGM-Chile (2010-11), Directiva de Cartografía Urbana de Chile (2011), Jefe Proyecto Cartografía de Chile 1:25.000 (2009), Master Degree en Ciencias de la Geoinformación y Observación de la Tierra (ITC, Holanda 2008), Curso de Teledetección e interpretación de Imágenes Satelitales (CLIRSEN, Ecuador 2004), Ingeniería en Geografía (Academia Politécnica del Ejército, Chile 1998-2002)	22
	Rodrigo Barriga Vargas <rbarriga@docente.ubo.cl> Doctor en Geografía (Universitat de Barcelona, 2010). Magíster en Gestión Internacional de Negocios (Universidad Gabriela Mistral, Chile 1999). Ingeniero Politécnico Militar mención Geografía (Academia Politécnica Militar, Chile 1991). Licenciado en Ciencias de la Ingeniería (Academia Politécnica Militar, Chile 1990). Presidente Comisión de Cartografía Instituto Panamericano de Geografía e Historia entre 2003 y 2006. Profesor de Geodesia Universidad Bernardo O'Higgins. Interesado en IDE.	7

FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	Santiago Borrero Mutis <sborrero@ipgh.org> Maestro en Ciencias (Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Estados Unidos, 1978). Director, Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia (1994-2002); Presidente, Infraestructura Global de Datos Espaciales (GSDI); Presidente Inaugural, Comité Permanente para el Desarrollo de la Infraestructura de Datos Espaciales de las Américas (CPIDEA) y de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE). Desde 2003, Secretario General del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH).	37
	Sebastián Mas Mayor . <smas@fomento.es> Doctor Ingeniero Geógrafo (1976). Licenciado en Matemáticas (UCM). Director del Centro Nacional de Información Geográfica de España. Profesor Titular de Universidad. Representante de España en la Comisión sobre Normas para la transferencia de Datos Espaciales de la ACI. Presidente del Comité Técnico de Normalización AEN/CTN 148 "Información Geográfica Digital" de AENOR. Vicepresidente de la Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica (AESIG).	1
	Tatiana Delgado Fernández <tatiana.tsp@gmail.com> Doctor en Ciencias Técnicas (ITM, Cuba, 2005). Máster en Optimización y Toma de Decisiones (Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría – CUJAE, Cuba, 1997). Ing. en Sistemas Automatizados de Dirección (CUJAE, 1989). Profesor Titular de Universidad (CUJAE). Interesada en IDE, Gobierno Electrónico, Web Semántica Colaborativa. Imparte asignaturas relacionadas con IDE. Presidenta del Comité Técnico de Normalización 113 (Geomática) adscrito a la Oficina Nacional de Normalización en Cuba.	39
	Tiojari Dagoberto Guzmán Galindo <tiohary@uas.uasnet.mx> Doctor especialista en Recursos Naturales, Maestro en Ciencias Geodésicas (2006) y Lic. en Ing. Geodésica (U. Autónoma de Sinaloa, México). Profesor Investigador (U.A. Sinaloa). Docencia en Topografía y asignaturas relacionadas, Sec. Gral. del Colegio de Ing. Geodestas de Culiacán, Miembro activo de la UGM y SELPER.	5
	Valenty González Navarro <vgonzalez@gvsig.com>, Ingeniero Civil (UNEFM, 1996). Consultor Tecnologías de la Información Geográfica. Premio Internacional SAG ESRI (2004). Fundador y CEO de CRETIVA. Coordinador del Proyecto Implantación del Geoportal IDE de Venezuela. Miembro fundador, responsable de formación y Director para Latinoamérica y el Caribe de la Asociación gvSIG. Miembro del TSC (Comité de Dirección Técnica) de gvSIG. Director del Portal de Formación a Distancia gvSIG-Training.	26
	Valéria Oliveira Henrique de Araújo <valeria.araujo@ibge.gov.br> Ingeniera Cartógrafa por la Universidad del Estado de Río de Janeiro (UERJ, 1990), MBA en Gestión de la Administración Pública por la Fundación Getúlio Vargas (FGV, 2011). Trabaja en el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística desde 2001, ejerciendo actualmente la función de asistente de la Dirección de Geociencias. Desde 2009 es la Secretaria Ejecutiva del Comité Permanente para la Infraestructura de Datos Espaciales de las Américas (CP-IDEA).	38

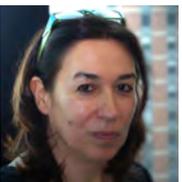
FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	<p>Víctor Olaya. <volayaf@gmail.com>. Ingeniero de Montes (UPM, 2002). Desarrollador principal y creador de SEXTANTE, una biblioteca de código abierto para el análisis de datos espaciales utilizada por varias aplicaciones tanto libres como propietarias. Ha estado involucrado en los SIG y el desarrollo de software de código abierto desde el comienzo de su carrera profesional.</p>	29
	<p>Virginia Fernández Ramos. <vivi@fcien.edu.uy> Máster Profesional UNIGIS en Gestión de SIG (Universitat de Girona, España, 2002). Licenciada en Geografía (Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay, 1994). Profesora Adjunta efectiva en Tecnologías de la Información Geográfica en la Universidad de la República, Uruguay. Asesora en TIG para la Dirección General de la Presidencia de la República y encargada del Sistema de Información del Sistema Nacional de Emergencias.</p>	26
	<p>Wenseslao Plata Rocha <wenses@uas.uasnet.mx> Doctor en Cartografía, SIG y Teledetección (UAH, España, 2010). Maestría en Ciencias Geodésicas (2000) y Lic. en Ingeniería Geodésica (1998) en la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), México. Profesor e Investigador de Tiempo Completo Titular B (UAS). Interesado en Cartografía, Análisis de los cambios de usos de suelo, Modelos estadísticos espaciales, Simulación de escenarios de crecimiento urbano. Director de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Sinaloa, México.</p>	5
	<p>Willington Siabato <wsiabato@upm.es> Máster en SIG (UPSAM, 2006), Ingeniero Catastral y Geodesta (Universidad Distrital, 2001), Certified Computer Professional (Aptech, 2003), Técnico en Electricidad y Electrónica (CDB, 1994). Profesor Asistente (UPM), Asistente de Investigación (Centro Geo I+D). Interesado en Razonamiento temporal y espacio-temporal, Tiempo en SIG, Geosemántica, GIR, Lenguajes de Marcado y Cartotecas Virtuales. Finalizando su tesis doctoral en colaboración con el King's College London. Docencia en Servicios Distribuidos e IDE.</p>	28, 33
	<p>Yoel Cuzán Fajardo <yoelc@geotech.cu> Doctor en Ciencias de Geodesia y Cartografía (ITM, 2006). Ingeniero Fototopógrafo (EAFAR Camilo Cienfuegos, Cuba, 1988). Diplomado de Estudio de Impacto Ambiental (ISCTN). Profesor adjunto de la Facultad de Geografía de la UH, 2000. Investigador Agregado del Instituto de geografía Tropical, Cuba. Interesado en IDE, automatización del diseño cartográfico digital, aplicaciones de los SIG, Cartografía ambiental y los Sistemas de Información Ambientales. Jefe del Centro de datos Espaciales del Medio Ambiente (IGT).</p>	32
	<p>Yola Georgiadou <georgiadou@itc.nl> Doctora de Ingeniería Geodésica (Universidad de Stuttgart, 1984). Ingeniera en Geodesia (Aristoteles Universidad Thessaloniki, 1980). Profesora Titular de la Universidad Twente. Cátedra Geo-información y Gobernanza. Interesada en IDE, Uso de geo-información en políticas públicas. Pertenece al Comité Ejecutivo de la Sociedad Internacional para la Tierra Digital. Imparte asignaturas de gobernanza de tecnologías de información y comunicación.</p>	16

FOTO	NOMBRE Y BREVE CURRÍCULUM	CAP.
	<p>Yuri Resnichenko <yresni@fcien.edu.uy>. Licenciado en Geografía (Universidad de la República, Uruguay, 2000). Especialista em Sensoramiento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brasil, 2003). Magister en Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (Universidad de la República, Uruguay, 2010). Docente en Cartografía y SIG e investigador del Departamento de Geografía de la Facultad de Ciencias, Universidad de la República</p>	32

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 1

- Ariza López, F.J. y Rodríguez Pascual, A. F. (eds.) (2008). Introducción a la Normalización en Información Geográfica: la familia ISO 19100. (230 pp.). *Grupo de Investigación en Ingeniería Cartográfica*. Universidad de Jaén.
- Bachelet, M. (2005). Programa de Gobierno 2006-2010. (102 pp.). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.bcn.cl/elecciones/pdf/programa-MB.pdf>
- Canas Torres, J.A. (2001). La cartografía como infraestructura de las infraestructuras. En *El campo de las ciencias y las artes*. 138, 23-46
- Clinton, W. (1994). Orden Ejecutiva 12906 de creación de la NSDI (EEUU). (4 pp.) Recuperado el 15 de Junio de 2011, <http://www.archives.gov/federal-register/executive-orders/pdf/12906.pdf>
- Ferrán, A. (2008). *Las promociones gratuitas y de venta opcional en la prensa: el caso del Periódico de Catalunya y ADN*. (49 pp.). Trabajo de fin de carrera. Departament de Ciències de la Comunicació, Universitat Abat Oliba CEU.
- Friedman, T.H. (2005). *The World Is Flat: A Brief History of the Twenty-First Century*. (488 pp.). Farrar, Straus and Giroux.
- Garret, L. (2007). The challenge of global health. *Foreign Affairs*, 86, 1, 14-38
- Gore, A. (1998). The Digital Earth: Understanding our planet in the 21st century. *Conferencia en el California Science Center (Los Angeles)*. (4 pp.). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=6210
- Gutiérrez Puebla, J., Gould, M. (1994). SIG: *Sistemas de Información Geográfica*. (251 pp.). Madrid: Síntesis.
- Himmanen, P. (2002). *La ética del hacker y el espíritu de la era de la información*. (257 pp.). Madrid: Destino.
- Manso, M.A., Wachowicz, M., Bernabé, M.A. (2009). Towards an integrated Model of Interoperability for Spatial Data Infrastructures. *Transactions in GIS*, 13, 1, 43-67.

- Melle Hernández, M. (2007). La responsabilidad social dentro del sector público. *Ekonomiaz. Revista vasca de economía*. 65, 84-107
- Moreira Madueño, J. M. (2006). El sistema de información geográfica-ambiental de Andalucía. Del SINAMBA a la Red de Información Ambiental de Andalucía, *GeoFocus* (Recursos), 6, 4-10
- Muñoz, J., Felicísimo, A. M., Cabezas, F., Burgaz, A. R. y Martínez, I. (2004). Wind as a Long-Distance Dispersal Vehicle in the Southern Hemisphere, *Science*. 304, 5674, 1144-1147
- Oliva Santos, R. y Quesada Orozco, E. (2006). Los metadatos geográficos: actualidad y estándares. *Mapping*. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://www.mappinginteractivo.com/prin-an-re2.asp?id_periodes=128
- Pratt, M.L. (2007). Globalización, desmodernización y el retorno de los monstruos. *Revista de Historia*, 156, 13-29
- Roldán, C., Vázquez, A. y Rivarosa, A. (2009). Las representaciones gráficas en tareas académicas universitarias. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra. *VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 1932-1936*
- Rovira, A. y Trías de Bes, F. (2004). *La buena suerte*. (125 pp.). Empresa Alcira.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 2

- Béjar, R., Latre, M. A., Nogueras-Iso, J., Muro-Medrano, P. y Zarazaga-Soria, J. (2009). Systems of Systems as a Conceptual Framework for Spatial Data Infrastructures. *International Journal of SDI Research*. 4, 201-217. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://ijmdir.jrc.ec.europa.eu/index.php/ijmdir/article/view/124>
- GINIE. (2003). *GI in the Wider Europe*. Cap. 7. Lessons learned. (145 pp.). Proyecto Geographic Information Network in Europe (GINIE). Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.ec-gis.org/ginie/>
- GSDI. (2009). GSDI Cookbook. (150 pp.). Edición wiki y pdf. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.gsdi.org/gsdicookbookindex>
- Gutiérrez Puebla, J. (2010). Las tecnologías de la información geográfica en la planificación urbana y la ordenación del territorio: viejos retos, nuevas direcciones. *Ciudad y Territorios. Estudios Territoriales*, XLII., 165-166, 431-444. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.eukn.org/dsresource?objectid=226122>
- INSPIRE (2007). Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:ES:PDF>
- LAMP (2011). Perfil de metadatos de Latinoamérica. (126 pp.). Recuperado el 31 de Julio de 2011, de http://www.icde.org.co/web/guest/foros/-/message_boards/message/133283
- LEY 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España. BOE (163). Recuperado el 31 de julio de 2011, de http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?id=BOE-A-2010-10707
- Núcleo Español de Metadatos. (NEM). (2005). Versión 1.0. (149 pp.) Consejo Superior Geográfico. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.idee.es/resources/recomendacionesCSG/NEM.pdf>
- Potti Manjavacas, H., Juanatey, M. y Abad Power, P. (2011). La LISIGE y el SIG Libre. *En V Jornadas de SIG Libre*. (10 pp.). Universidad de Girona. Recuperado el 1 de agosto de 2011 de <http://dugi-doc.udg.edu/bitstream/10256/3409/1/art38.pdf>

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 3

- DECRETO 141/2006, de 18 de julio, por el que se ordena la actividad cartográfica en la Comunidad Autónoma de Andalucía. *BOJA* (núm. 154). Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://www.idee.es/resources/leyes/Regionales/d1.pdf>
- DECRETO 208/2004, de 28 de enero, por el cual se modifica la estructura del Instituto Geográfico Agustín Codazzi y se dictan otras disposiciones. *BOCOL* (núm. 45444). Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://diario-oficial.vlex.com.co/vid/decreto-208-43203606>
- DECRETO 82/2008, de 4 de diciembre, de ordenación de la cartografía en Castilla y León. *B.O.C y L.* (núm. 238). Recuperado el 17 de mayo de 2011, de http://www.idee.es/resources/leyes/Regionales/Decreto_Ordenacion_Cartografia.pdf
- ISO 19119:2005. Geographic information – Services. Recuperado el 17 de mayo de 2011, de http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39890
- LEY 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España. *BOE* (núm. 163). Recuperado el 17 de mayo de 2011, de http://www.idee.es/resources/leyes/Ley_LISIGE.pdf
- LEY 16/2005, de 27 de diciembre, de la información geográfica y del Instituto Cartográfico de Cataluña. *BOE* (núm. 30). Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://www.idee.es/resources/leyes/Regionales/A04340-04350.pdf>
- REAL DECRETO 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional. *BOE* (núm. 287). Recuperado el 17 de mayo de 2011, de http://www.idee.es/resources/leyes/RD_Sistema_Cartografico.pdf
- REAL DECRETO 4/2010, de 8 de enero, por el que se regula el Esquema Nacional de Interoperabilidad en el ámbito de la Administración Electrónica. *BOE* (núm. 25). Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://www.boe.es/boe/dias/2010/01/29/pdfs/BOE-A-2010-1331.pdf>
- RESOLUCIÓN de 1 de junio de 2010, de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, por la que se publica el Convenio de colaboración con el Departamento de Política Territorial, Justicia e Interior, de la Comunidad Autónoma de Aragón, por el que la Comunidad Autónoma se integra en el Sistema Cartográfico Nacional y se establecen los contenidos del Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, que afectan a dicha integración. *BOE* (núm. 147). Recuperado el 17 de mayo de 2011, de http://www.idee.es/resources/leyes/Regionales/BOE_A_2010_9590.pdf

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 4

- Aronoff, S. (1993). *Geographic information systems: a management perspective*. WDL, WDL Publications. (294 pp.).
- Beguín, M. (1994). *La représentation des données géographiques*. (191 pp.). París: A. Colin.
- Bernhardsen, T. (2002). *Geographic Information Systems. An Introduction*. (3ª ed.). (448 pp.) Noruega: John Wiley & Sons, Inc.
- Cano, M. (2010). Sistemas convencionales de referencia. *X Curso GPS en geodesia y cartografía*. Montevideo. Ministerio de Fomento. España, (43 pp.). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://www.aecidcf.org.uy/index.php/documentos/doc_download/234-sistemas-convencionales-de-referencia

- Castillo, L. e Iturbe, A. (2006). Calidad de bases de datos geográficos digitales. *Caos Conciencia*, 1, 41-49.
- Chorley, R. (1987). *Handling geographic information: report to the Secretary of State for the Environment of the Committee of Enquiry into the Handling of Geographic Information / chairman, Lord Chorley*. (208 pp.). Londres: HMSO.
- Chuvieco, E., Bosque, J., Pons, X., Conesa, C., Santos, J. M., Gutiérrez, J., Salado, M. J., Martín, M. P., de la Riva, J., Ojeda, J. y Prados, M. J. (2005) ¿Son las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) parte del núcleo de la geografía? *Boletín de la A.G.E.*, 40, 35-55.
- Craglia, M. y Campagna, M. (2010). Advanced Regional SDI in Europe: Comparative cost-benefit evaluation and impact assessment perspectives. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 5, 145-167.
- Domínguez, M. y Belda, M. (2009). *Topografía y sistemas de información geográfica*. (425 pp.) Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Frank, A. (2003). El mercado europeo de información geográfica sólo puede emerger cuando sea definido el papel de los organismos nacionales de cartografía. *GeoFocus*, 3, 1-4.
- Gomasasca, M. (2010). Basics of Geomatics. *Applied Geomatics*, 2, 137-146.
- Goodchild, M. (2007). Citizens as voluntary sensors: Spatial data infrastructure in the world of web 2.0. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 2, 24-32
- Goodchild, M. (2009). Neogeography and the nature of geographic expertise. *Journal of Location Based Services*, 3(2), 82-96.
- Huerta, E., Mangiaterra, A. y Noguera, G. (2005). GPS: *posicionamiento satelital*. (138 pp.). Universidad Nacional de Rosario. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://www.fceia.unr.edu.ar/gps/GGSR/libro_gps.pdf
- Mackern Oberti, M. (2003). *Materialización de un Sistema de Referencia Geocéntrico de alta precisión mediante observaciones GPS*. (246 pp.). Tesis doctoral. Universidad Nacional de Catamarca, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas.
- Metternicht, G. (2006). Consideraciones acerca del impacto de Google Earth en la valoración y difusión de los productos de georrepresentación. *GeoFocus*, 6, 1-10
- Moreno, A. (2004). Nuevas tecnologías de la información y revalorización del conocimiento geográfico. *Geo Crítica/Scripta Nova*. Vol. VIII, 170(62). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-170-62.htm>.
- Moreno, A. (2008). *Sistemas y análisis de la Información Geográfica*. (940 pp.). Ra-ma.
- Olaya, V. (2011). *Sistemas de Información Geográfica*. Versión 1.0. Rev. 24 de Marzo de 2011. (915 pp.). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG
- Robinson, A., Sale, R. Morrison, J. L. y Muehrcke, P. C. (1987). *Elementos de cartografía*. (541 pp.). Barcelona: Omega.
- Santos Preciado, J. (2002). *El tratamiento informático de la información geográfica*. (380 pp.). Madrid: UNED.
- Sevilla de Lerma, M. (2008). *Sistemas de referencia e identificadores geográficos* (ISO 9111, ISO 19112, ISO 6709). *Mapping Interactivo Revista Internacional de Ciencias de la Tierra*, nº123.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 5

- Bosque Sendra, J. (2000). *Sistemas de Información Geográfica*. (451pp.). España: Ediciones Rialp S. A.
- Bosque Sendra, J. y García, R. C. (2001). Métodos de interpolación para la elaboración de un modelo digital de elevaciones. *Estudios geográficos*, LXII, 245, 605-620.
- Chuvienco Salinero, E. (2008). *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio*. (594pp.). Ariel Ciencia, 3ª ed.
- Felicísimo, M. A. (1994). Modelos Digitales del Terreno. Introducción y aplicaciones en las Ciencias ambientales. (222pp.). Oviedo: Pentalfa.
- Heiskanen W. A. y Moritz H. (1985). Geodesia Física. (371 pp.). Instituto Geográfico Nacional e Instituto de Astronomía y Geodesia, Madrid, España.
- Leick, A. (1995). *GPS satellite surveying*. (560pp.). John Wiley & Sons.
- Lerma García, J. L. (2002). *Fotogrametría moderna: analítica y digital*. (550pp.). Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Mena Berrios, J. B. (2008). Geodesia Superior. (700pp.). CNIG, IGN, Ministerio de Fomento, Madrid. España. Vol. 1.
- Peñafiel, J., Zayas, J. (2001). Fundamentos del sistema GPS y aplicaciones en la Topografía. *Publicaciones del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía* (135 pp.) Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://eia.unex.es/EI/IAA/GPS/GPS%20avanzado.pdf>
- Ruiz Morales, M. (2006). *Departamento de expresión gráfica en arquitectura y en la ingeniería. Área de ingeniería cartográfica, geodésica y fotogramétrica* (2ª parte). Recuperado el 15 de junio de 2011, http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1341
- Vanicek P. y Krakiwsky E. (1986). *Geodesy: The Concepts*. (697pp.). Elsevier Science Publishers. 2ª ed.
- Weibel, R. y Heller, M., (1991). Digital terrain modelling, En *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. Maguire, D.J., Goodchild, M. F. y Rhind, D.W. (Eds.). Inglaterra: Longman Scientific & Technical, Vol. 2, 269-297.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 6

- Bernhardsen, T. (2009). Capítulo 62: Geographic Information Systems. En *The Global Environment: Science, Technology and Management*. (1329 pp.). Brune, D., Chapman, D. V., Gwynne, M., Pacyna, J. M. (Ed.). Wiley-VCH.
- Bigdely Shamlo, N. (2005). *Matlab Toolbox for High Resolution Vector Field Visualization with Application in Improving the Understanding of Crack Propagation Mechanisms*. Tesis, M. Sc. San Diego State University. (64 pp.). Recuperado el 4 de julio de 2011, en <http://es.scribd.com/bigdelys/documents>
- Burrough, P. A. y McDonnell, R. A. (2000). *Principles of Geographical Information Systems*. (356 pp.). Oxford University Press.
- Madden, M. (Ed.) (2009). *Manual of Geographic Information Systems*. (1330 pp.) ASPRS Pubs.
- Watt, A. (2000). *3D Computer Graphics*. (570 pp.) Addison-Wesley

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 7

- Alonso, F., Martínez, L. y Segovia, F.J. (2005). *Introducción a la Ingeniería de Software: Modelos de Desarrollo de Programas*. (542 pp.) Madrid: Delta Publicaciones Universitarias.
- de By, R. A.; Georgiadou, P.Y., Knippers, R.A., Kraak, M.J., Sun, Y., Weir, M.J.C. y van Westen, C.J. (2004). *Principles of geographic information systems: an introductory textbook*. (232 pp.) R. A., de By (Ed.) Enschede: ITC Educational Textbook Series 1.
- del Río San José, J. (2010). *Introducción al Tratamiento de datos espaciales en hidrología*. (348 pp.) España: Bubok.
- Organización de las Naciones Unidas (2010). *Manual de infraestructura geoespacial en apoyo de actividades censales*. (296 pp.). Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas. Serie F, No. 103. Nueva York: Naciones Unidas.
- Ordóñez Galán, C. y Martínez-Alegría López, R. (2003). *Sistemas de Información Geográfica, aplicaciones prácticas con Idrisi32 al análisis de riesgos naturales y problemáticas medioambientales*. (227 pp.). Madrid: RA-MA.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 8

- Andrienko, N., Andrienko, G. (2006). *Exploratory Analysis of Spatial and Temporal Data. En A Systematic Approach*. (703 pp.) Springer-Verlag.
- Anselin, L. (2005). *Exploring Spatial Data with GeoDa™: A Workbook*. (244 pp.). Spatial Analysis Laboratory. Department of Geography, University of Illinois, Urbana – Champaign, USA.
- Birkin, M., Clarke, G., Clarke, M., Wilson, A. (1996). *Intelligent GIS. Locations decisions and strategic planning*, Cambridge GeoInformation International, Cambridge, (292 pp.), ISBN 0470236140
- Chrisman, N. (2002). *Exploring Geographic information systems*, John Wiley & Sons Inc., Nueva York, (320 pp.), ISBN: 0471314250.
- Davis Jr., C. A., Fonseca, F. y Borges, K. A. V. (2005). A Flexible Addressing System for Approximate Geocoding. In *V Brazilian Symposium on GeoInformatics (GeoInfo 2005)*. Campos do Jordão (SP). (8 pp.).
- de Mers, M. (2002). *GIS Modeling in raster*, John Wiley & Sons Inc., Nueva York, (208 pp.), ISBN 0471319651.
- Fotheringham, A., Brunsdon, C., Charlton, M. (2002). *Quantitative Geography. Perspectives on Spatial Data Analysis*. (270 pp.). London, UK: SAGE Publications
- Gahegan, M., Wachowicz, M., Harrower, M. y Rhyne, T.M. (2001). The integration of Geographic Visualization with Knowledge Discovery in Databases and Geocomputation. *Cartography and Geographic Information Science*, 28(1), 29-44.
- Goldberg, D. (2008). A Geocoding Best Practices Guide, Springfield, IL. *North American Association of Central Cancer Registries (NAACCR)*. (286 pp.). Recuperado el 15 de Junio de 2011, en http://www.chib.org/projects/ehss01/geocoding%20resources/NAACCR_2008_Geocoding_Best_Practices_guide.pdf
- Goodchild, M. y Haining, R. (2005). SIG y análisis especial de datos: perspectivas convergentes. Investigaciones regionales, Sección Panorama y Debates. 6, 175-201. Recuperado el 17 de Junio de 2011, en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/289/28900609.pdf>

- Haggett, P. (1965). *Locational Analysis in Human Geography*. (339 pp.). John Wiley & Sons Inc.
- Longley, P. A. y Godchild, M. F. (2001) *Geographic Information Systems and Science*, John Wiley & Sons Inc., Chichester, (472 pp.), ISBN: 0471892750.
- Longley, P., Goodchild, M.E., Maguire, D.J. y Rhind, D.W. (1999). *Geographic Information Systems: Principles, Techniques, Applications and Management*. (2ª Edición). Vol. 1. John Wiley & Sons Inc. (1296 pp.)
- Luaces, M., Paramá, J., Naveiras, D. (2007). Servicio web de análisis de redes en sistemas de información geográfica. En *Jornadas Técnicas de la IDE de España, Santiago de Compostela, 17-19 de Octubre*, (11 pp.)
- MacEachren, A., Wachowicz, M., Edsall, R., Haug, D. y Masters, R. (1999). Constructing knowledge from multivariate spatiotemporal data: integrating geographical visualization with knowledge discovery in database methods. *International Journal of Geographical Information Science* 13, 4, 311–334.
- McHarg, I. (1995). Design with Nature. En *Wiley Series in Sustainable Design*, (208 pp.)
- Ratcliffe, J. H. (2001). On the accuracy of TIGER-type geocoded address data in relation to cadastral and census areal units. *International Journal of Geographical information science*, 15, 473-485
- Reyes, M. (2005). Cybercartography from a Modeling Perspective. En *Cybercartography: Theory and Practice*. Taylor, F. (ed.). Elsevier, 63-98

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 9

- Anson, R.W., Ormeling, J.A. (Eds.) (1996). International Cartographic Association (ICA). Communication, design and visualization, .Basic Cartography for students and technicians. 3, 71-83.
- American Institute of Graphic Arts (AIGA). (1981). Símbolos de señalización. G, Gili (Ed.). Barcelona, España
- Bertin, J. (2010). Semiology of graphics: Diagrams, Networks, Maps. De *The original Semiology of Graphics* (436pp.). Mouton, Francia: ESRI Press, 1967.
- Cauvin, C., Escobar, F, y Aziz, S. (2010). A permanent phase: The semiotic Transformation. (Cap. 7). *Thematic Cartography and Transformations*, (496 pp.). Inglaterra, Londres: Wiley-ISTE
- Cauvin, C., Escobar, F, y Aziz, S. (2010). Cartographic Transformations: The representation Modes (Cap. 8). *Thematic Cartography and Transformations*, (496 pp.). Inglaterra, Londres: Wiley-ISTE
- Cauvin, C., Escobar, F, y Serradj, A. (2010). *Cartography and the Impact of the Quantitative Revolution*. (432 pp.) Inglaterra, Londres: Wiley-ISTE.
- De Man, E. (2011), Spatial Data Infrastructuring: praxis between dilemmas. Manuscrito no publicado, *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, (6). Recuperado el 9 de junio de 2011, de <http://ijsdir.jrc.ec.europa.eu/index.php/ijsdir/article/view/176/239>
- Dent, B.D. (1985). *Principles of thematic map design* (413 pp.). Addison-Wesley.
- Dent, B.D., Torguson, J., Hodler, T.W. (2008). *Cartography: Thematic map design*, (368pp.). McGraw-Hill Higher Education

- Gurr, C.A. (1999). Effective diagrammatic communication: Syntactic, Semantic and Pragmatic Issues. *Journal of Visual Languages and Computing*, 10, 4, 317-342.
- Kraak, M.J. (2000). Access to GDI and the function of visualization tools. En Groot, R. y McLaughlin, J. *Geospatial Data Infrastructure*, (286 pp.). New York, EE.UU: Oxford University Press Inc.
- McEachren, A.M. (1994). Some truth with maps: a primer on symbolization and design. Association of American Geographers, (129 pp.)
- McEachren, A.M. y Kraak, M.J. (2001). Research challenges in geovisualization. *Cartography and Geographic Information Science*, 28 (I), 1-11
- Monmonier, M. (1993). *Mapping it out*. The University of Chicago Press. (301pp.) Chicago.
- Monmonier, M. (1996). *How to lie with maps*. (222 pp.) The University of Chicago Press.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 10

- AENOR. (2003). UNE EN ISO 19115:2003. Información Geográfica. Comité Técnico AEN/CTN 148. Información Geográfica Digital.
- Ahonen-Rainio, P. (2005). *Visualization of Geospatial Metadata for Selecting geographic datasets*. En Cartografía y Geoinformática. (124pp.). Helsinki University of Technology.
- Albertoni, R., Bertone, A., De Martino, M. (2003). A Visualization-Based Approach to Explore Geographic Metadata. *Visualization and Computer Vision*. (4pp.). *11th International Conference in Central Europe on Computer Graphics*.
- Giles, J., Cummings, M., Denman, J., Gale, R., Greenall, C., Laughton, A., Turner, M. (2002). *The Principles of Good Metadata Management. Intra-governmental Group on Geographic Information – IGGI*. (30pp.). Recuperado el 5 de agosto de 2011, de <http://bccohrngis.pbworks.com/f/BP+Principles+of+Good+Metadata+Guide+2002.pdf>
- GSDI. (2009). *The Spatial Data Infrastructure Cookbook*. Recuperado el 3 de agosto de 2011, de http://memberservices.gsd.org/files/?artifact_id=655
- Information Management Branch. (2004). *Metadata Resources Guide*. (33pp.). Government of Alberta, Canadá. Recuperado el 5 de agosto de 2011, de <http://www.im.gov.ab.ca/publications/pdf/MetadataResGuide.pdf>
- Manso Callejo, M.A., Wachowicz, M., Bernabe Poveda, M.A. (2010). The design of an automated workflow for metadata generation. (108pp.). S. Sánchez Alonso and I.N. Athanasiadis (Eds.). *The 4th Metadata & Semantic research conference*. MTSR 2010, CCIS, Springer, Heidelberg, 275-287.
- Nebert, D. Whiteside, A. y Vretanos, P. P. (2007). OpenGIS® Catalogue Service Specification, versión 2.0.2. OGC 07-006r1. (218pp.). Recuperado el 5 de agosto de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20555
- Nogueras Iso, J., Barrera, J., Rodríguez-Pascual, A.F., Recio, R., Laborda, C., Zarazaga-Soria, F.J. (2009). *Development and deployment of a services catalog in compliance with the INSPIRE metadata implementing rules. SDI Convergence: Research, Emerging Trends, and Critical Assessment*. The Netherlands Geodetic Commission (NGC), 21-34

- Nogueras Iso, J., Zarazaga Soria, F.J., Béjar, R., Álvarez, P.J., Muro-Medrano, P.R. (2005). OGC Catalog Services: a key element for the development of Spatial Data Infrastructures. *Computers and Geosciences*. 31, 2, 199-209.
- Rackham, L., Walker, R. (2011). *Metadata Guidelines for Geospatial Data Resources - Part 3 Metadata quality*. (89pp.) Association for Geographic Information. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.agi.org.uk/storage/standards/uk-gemini/MetadataGuidelines3.pdf>
- Rajabifard, A., Kalantari, M., Binns, A. (2009). SDI and Metadata Entry and Updating Tools. SDI Convergence. Research, Emerging Trends, and Critical Assessment. B. van Loenen, J.W.J. Besemer, J.A. Zevenbergen (Eds.). *Netherlands Geodetic Commission* 48, 121-135. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.gsdi.org/gsdiconf/gsdi11/papers/pdf/165.pdf>
- Rodríguez, A., Abad, P., Alonso, J., Sánchez, A. (2006). La Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE): Un proyecto colectivo y globalizado. *En Avances en las Infraestructuras de Datos Espaciales*, Grannell, C., Gould, M. (Eds.). Universidad Jaume I, Servicio de comunicación y publicaciones, 15-30.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 11

- AENOR. (2003). UNE-EN ISO 19115:2003. Información Geográfica. Comité técnico AEN/CTN 148. Información Geográfica Digital.
- AENOR. (2007). UNE-EN ISO 19119:2007. Información Geográfica. Comité técnico AEN/CTN 148. Información Geográfica Digital.
- AENOR. (2011). UNE-EN ISO 19115-2:2011. Información Geográfica. Comité técnico AEN/CTN 148. Información Geográfica Digital.
- Crespo, M., Criado, M., Sánchez, A. y Soteres, C. (2010). Metadata Plans of Action: a strategy to promote the metadata creation in Spain. *En Anales de GSDI 2011*, (7 pp.). Recuperado el 26 de septiembre de 2011, de <http://www.gsdi.org/gsdiconf/gsdi11/papers/pdf/289.pdf>
- Duval, E., Hodgins, W., Sutton, S. and Weibel, S.L. (2002). Metadata principles and practicalities, D-Lib Magazine, 8, 4. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.dlib.org/dlib/april02/weibel/04weibel.html>
- GSDI. (2009). *The Spatial Data Infrastructure Cookbook*. (150pp.). Recuperado el 3 de agosto de 2011, de http://memberservices.gsdi.org/files/?artifact_id=655
- ISO 15836: 2003. *Dublin Core Metadata Initiative*.
- Kresse, W. y Fadaie, K. (2004). ISO standards for geographic information. (322pp.).Springer.
- Manso Callejo, M. A., Wachowicz, M., Bernabé Poveda, M. A. (2009). Towards an Integrated Model of Interoperability for Spatial Data Infrastructures. *Transactions in GIS*, 13, 1, 43-67
- Manso Callejo, M.A., Wachowicz, M., Bernabé Poveda, M.A. (2010). The design of an automated workflow for metadata generation. *The 4th Metadata & Semantic research conference*. (108pp.). S. Sánchez-Alonso and I.N. Athanasiadis (Eds.): MTSR 2010, CCIS. Springer, Heidelberg, 275-287.
- Nebert, D. Whiteside, A. y Vretanos, P. P. (2007). *OpenGIS® Catalogue Service Specification*, versión 2.0.2. OGC 07-006r1. (218pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.open-geospatial.org/files/?artifact_id=20555

- Nogueras Iso, J., Barrera, J., Rodríguez Pascual, A.F., Recio, R., Laborda, C., Zarazaga Soria, F.J. (2009). *Development and deployment of a services catalog in compliance with the INSPIRE metadata implementing rules*. SDI Convergence: Research, Emerging Trends, and Critical Assessment. The Netherlands Geodetic Commission (NGC), 21-34.
- Nogueras Iso, J., Zarazaga Soria, F.J., Béjar, R., Álvarez, P.J., Muro Medrano. P.R. (2005). OGC Catalog Services: a key element for the development of Spatial Data Infrastructures. *Computers and Geosciences*. 31, 2, 199-209.
- Nogueras Iso, J., Zarazaga Soria, P.J., Muro Medrano. (2005). *Geographic information metadata for spatial data infrastructures*. (286pp.). Springer.
- Rajabifard, A., Kalantari, M., Binns, A. (2009). SDI and Metadata Entry and Updating Tools. SDI Convergence. Research, Emerging Trends, and Critical Assessment. B. van Loenen, J.W.J. Besemer, J.A. Zevenbergen (Eds.). *Netherlands Geodetic Commission* 48, 121-135. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.gsdi.org/gsdiconf/gsdi11/papers/pdf/165.pdf>
- Rodríguez, A., Abad, P., Alonso, J., Sánchez, A. (2006). La Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE): Un proyecto colectivo y globalizado. En Granell, C., Gould, M. (Eds.). *Avances en las Infraestructuras de Datos Espaciales*. Universidad Jaume I, Servicio de comunicación y publicaciones, 15-30. Recuperado el 26 de septiembre de 2011, de [http://www.cuenca.es/GeoCuenca/documents/2007/Comunicacion%20IDEE%20\(Antonio%20Rodriguez\)%20.pdf](http://www.cuenca.es/GeoCuenca/documents/2007/Comunicacion%20IDEE%20(Antonio%20Rodriguez)%20.pdf)
- Sánchez Maganto, A., Rodríguez Pascual, A., Abad Power, P., López Romero, E. (2005). El Núcleo español de metadatos, perfil mínimo de metadatos recomendado por España. (11pp.). Comunicaciones de las JIDEE 2005. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 26 de septiembre de 2011, de http://www.idee.upm.es/jidee05/descargas/sesion_04_02.pdf

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 12

- Alcázar, A. y Azcárate, M. (2005). Toponimia: Normas para el MTN25. Conceptos básicos y terminología. *Instituto Geográfico Nacional. Publicación Técnica N° 42*. (133 pp.) Madrid: Centro Nacional de Información Geográfica.
- Arroyo Ilera, F. (2010). Creciente interés geográfico por la toponimia. *Estudios Geográficos*, Vol. LXXI, 299-309.
- de Carvalho, M. (2006). Proyecto nombres geográficos del Brasil. *XXIII Periodo de Sesiones del Grupo de Expertos de las Naciones Unidas en Nombres Geográficos*. Austria: Viena, (9 pp.). Recuperado el 13 de junio de 2011, de <http://unstats.un.org/unsd/geoinfo/UNGEGN/docs/23-gegn/wp/gegn23wp13.pdf>
- Jordan, P. (2009). Some considerations on the function of place names on maps. *Exposición Cartográfica Internacional*. (10 pp.). Recuperado el 13 de junio de 2011, de http://icaci.org/documents/ICC_proceedings/ICC2009/html/nonref/12_2.pdf
- Kadmon, N. (ed.). (2002). *Glosario de términos para la normalización de los nombres geográficos*. (286 pp.) Nueva York: Organización de Naciones Unidas. Recuperado el 13 de junio de 2011 de <http://unstats.un.org/unsd/geoinfo/UNGEGN/docs/glossary.pdf>
- Kerfoot, H. (ed.). (2006). *Manual para la normalización nacional de los nombres geográficos*. (172 pp.). ONU: Grupo de Expertos de las Naciones Unidas en Nombres Geográficos. Recuperado el 13 de junio de 2011, de http://unstats.un.org/unsd/publication/seriesm/seriesm_88s.pdf

- Mas, S., Rodríguez, A. F., Abad, P., Sánchez, A., González, C., Soteres, C., Juanatey, M., Fernández, X., Ramos, V., Castellanos, O., Bejar, R. y Laiglesia, S. (2010). La disponibilidad de servicios Web de Información Geográfica a través del Geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE). *TECNIMAP*, Zaragoza, (11 pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://administracionelectronica.gob.es/recursos/pae_000006639.pdf
- Orth, D. J. (1990). Organization and functions of a National Geographical Names Standardization Programme: A Manual. *World Cartography*, Vol. XXI. 11-40. Nueva York: Naciones Unidas.
- Parker, J. R. (2001). The importance of Geographic Names in a Spatial Data Infrastructure. *7th United Nations Regional Cartographic Conference for the Americas*, 11 pp. Nueva York.
- Rodríguez Adrados, F. (2002). Hacia una teoría de la ciencia toponímica. *Revista Española de Lingüística*, (32), 1, 33-52
- Vilches, L. M., Ramos, J. A., Corcho, O., Capdevila, J. (2008). Hacia una armonización semántica de la información geográfica. *Segon Congrés Català de Geografia*. Barcelona, 727-736. Recuperado el 13 de junio de 2011, de <http://oa.upm.es/5131/>

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 13

- Alcina A, Valero E, Rambla E. (2009). Terminología y sociedad del conocimiento. Peter Lang Pub Inc., (408 pp.), ISBN 9783039115938.
- Baker, T. y Keizer, J. (2010). Linked data for fighting global hunger: Experiences in setting standards for agricultural information management. En *Linking Enterprise Data 2010*, Springer. ISBN 9781441976642 e ISBN 9781441976659, 177-201
- Bechhofer S, Goble C, Horrocks I. (2001). DAML+ OIL is not enough. En *Proceedings of the International Semantic Web Working Symposium (SWWS)*, Standford University, California USA, July 30-Aug. 1, 2001, 151-159
- Berners-Lee T, Hendler J. y Lassila O. (2001). The semantic web. *Scientific American*, 284, 5, 28-37
- Brodeur, J., y Bédard, Y. (2001). Geosemantic proximity, a component of spatial data interoperability. En *The international workshop on semantics of enterprise integration*, ACM conference on OOPSLA, 14-18
- Cui, Z., Jones, D. y O'Brien, P. (2001). Issues in ontology-based information integration. In *Proceedings of IJCAI* Seattle, USA, 141-146
- Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M., Corcho, O. (2004). Ontological engineering: With examples from the areas of knowledge management, e-commerce and the semantic web. (415 pp). Springer Verlag.
- Gruber, T. R. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. *International Journal of Human Computer Studies*, 43, 5-6, 907-928
- Hart, G., Dolbear, C., Goodwin, J., Kovacs, K. (2007). Domain ontology development. Ordnance Survey Research labs. Technical report I-0003
- Harvey, F., Kuhn, W., Pundt, H., Bishr, Y., Riedemann, C. (1999). Semantic interoperability: A central issue for sharing geographic information. En *The Annals of Regional Science*. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, 33, 2, 213-232
- Hasselbring W. (2000). Information system integration. *Communications of the ACM*, 43, 6, 32-38

- IEEE (1997). IEEE Standard glossary of data management terminology. (72pp.) ISBN: 1559370394
- Lancaster, F. W. (2002). *El control del vocabulario en la recuperación de información*. Universidad de Valencia servicio de publicaciones. (290 pp.). ISBN: 8437054443
- Lassila, O., Swick, R. R. (Eds). (1999). Resource description framework (RDF) model and syntax specification. Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://www.w3.org/TR/1999/REC-rdf-syntax-19990222>
- Madin, J. S., Bowers, S., Schildhauer, M. P., Jones, M. B. (2008). Advancing ecological research with ontologies. En *Trends in Ecology & Evolution*. Elsevier Ltd., 23, 3, 159-168
- Manso-Callejo, M. A. (2009). El uso de los metadatos para el desarrollo de un modelo de interoperabilidad para las Infraestructuras de Datos Espaciales. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. (177 pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://oa.upm.es/1870/>
- Mejía A. (2011). Modelos ontológicos para la evaluación del estado de conservación de la biodiversidad a diferentes niveles espaciales. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. (En elaboración)
- Nowak, J., Noguera-Iso, J., Peedell, S. (2005). Issues of multilinguality in creating a European SDI-the perspective for spatial data interoperability. En *Proceedings of the 11th EC-GI & GIS workshop - ESDI: Setting the framework*, Alghero, Sardinia (Italy). (9 pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://www.ec-gis.org/Workshops/11ec-gis/papers/309nowak.pdf>
- Portele C. (2007). *OpenGIS® Geography Markup Language (GML) Encoding Standard*, versión 3.2.1. OGC 07-036. (437 pp.). Recuperado el 9 de julio de 2011, de http://portal.openeospatial.org/files/?artifact_id=20509
- Raskin, R. G. (2006). Guide to SWEET ontologies. NASA/Jet Propulsion Lab, Pasadena, CA. (4 pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://sweet.jpl.nasa.gov/guide.doc>
- Raskin, R. G., Pan, M. J. (2005). Knowledge representation in the semantic web for earth and environmental terminology (SWEET). *Computers & Geosciences*, 31, 9, 1119-1125
- Roe, S. K., Thomas, A. R. (2004). The thesaurus: Review, renaissance, and revision. (209 pp). Ed. Routledge.
- Shekar, S. (2004). Spatial data mining and geo-spatial interoperability. In *Report of the NCGIA specialist meeting on spatial webs*, Santa Barbara. Goodchild, M., Kyriakidis, P., Rice, M. y Schneider, P. (Eds.). (62-63). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/nga/docs.2004/final_report.pdf
- Sheth, A. P. (1998). Changing focus on interoperability in information systems: From system, syntax, structure to semantics. Interoperating Geographic Information Systems. M. Goodchild, M. Egenhofer, R. Fegeas, and C. Kottman, Eds. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers, 1999, 165-180
- Ureña, L. (2002). Resolución de la ambigüedad léxica en tareas de clasificación automática de documentos. Monografías de La Sociedad Española para el Procesamiento del Lenguaje Natural. Editorial Club Universitario, Alicante, España. (156 pp.)
- Vilches-Blázquez L.M, Rodríguez-Pascual A. F. y Bernabé-Poveda M.A. (2006). Ingeniería ontológica: El camino hacia la mejora del acceso a la información geográfica en el entorno web. En *Avances en las Infraestructuras de Datos Espaciales*. Coll.: Treballs d'Informàtica i Tecnologia, 26. Universitat Jaume I. Castellón. ISBN 8480215909, 95-103

- Vilches-Blázquez L.M., Bernabé-Poveda M. A., Suárez-Figueroa, M.C., Gómez-Pérez A., Rodríguez Pascual A.F. (2007). Townology & hydronology: Relationship between urban and hydrographic features in the geographic information domain. *Ontologies for Urban Development*, 73-84
- Vilches-Blázquez, L. M., Corcho, O., Rodríguez-Pascual, A. F. y Bernabé-Poveda, M. A. (2008). Web Semántica e información geográfica: Una interrelación necesaria ante las problemáticas actuales. *Revista Mapping*, Vol 125, 76-81
- Williams R.J., Martínez N. D., Golbeck J. (2006). Ontologies for ecoinformatics. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 4, 4, 237-242.
- Wilson, R. A., Keil, F. C. (1999). *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*. MIT Press. (1096 pp.)

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 14

- Brennan, P. (2008). OGC® OWS-5 *Conflation Engineering Report*, versión 0.1.0, OGC 07-160r1, (35 pp.) Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=30064
- Casado, M. L. (2006). Some Basic Mathematical Constraints for the Geometric Conflation Problem, En *Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences*, M. Caetano y M. Painho (Eds.), 264-274
- Federal Geographic Data Committee* (FGDC). (1998). Geospatial Positioning Accuracy Standards, Part 3. (28 pp.). Washington, D.C.: National Standard for Spatial Data Accuracy, FGDC-STD-007.3.
- Gielsdorf, F., Gruendig, L., y Aschloff, B. (2004). Positional accuracy improvement: A necessary tool for updating and integration of GIS data. En *Proceedings of the FIG Working Week 2004*, Athens: Greece, (14 pp.).
- Goodchild, M. F. (2008). Spatial accuracy 2.0. In *Spatial Uncertainty, Proceedings of the Eighth International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences*, J. X. Zhang y M. F. Goodchild (Eds.), 1, 1-7
- Hope, S. (2008). *Integration of Vector Datasets, PhD Thesis, Dept. of Geomatics*. (314 pp.). University of Melbourne, Australia.
- Hope, S., Kealy A., y Hunter, G. (2006). Improving positional accuracy and preserving topology through spatial data fusion, En *Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences*. M. Caetano y M. Painho (Eds.), (10 pp.).
- Kucera, G. y Clarke, B. (2005). Accelerating Conflation Capability for the US government, *National Technology Alliance*, (53 pp.).
- López, C. y González, C.H. (2009). Comparación de algoritmos para la conflación geométrica de información vectorial. *VI Jornadas Técnicas de la Infraestructura de Datos Espaciales de España JI-DEE'09, Murcia, España*, (15 pp.).
- Lynch, M. P. y Saalfeld, A. (1985). Automated Map Conflation – A Video Game Approach, *Proceedings of 7th International Symposium on Computer-Assisted Cartography (AutoCarto 7)*, Washington D.C., 343-352

- Rönsdorf, C. (2004). Positional Integration of Geodata. *EuroSDR*, 48, 8.
- Saalfeld, A. (1993). Conflation: *Automated Map Compilation*, Ph.D. Thesis, (133 pp.), University of Maryland, College Park, Maryland.
- Saalfeld, A. (1988). Conflation: Automated map compilation. *International Journal of Geographical Information Systems* 2, 217–28
- Timms, T., D'Souza, G. y Kalra, R. (2003). Positional Accuracy Improvement: what it means and what to do. *GI News*, 52-56
- Usery, E. L., Finn, M. P., y Starbuck, M. (2005). Integrating Data Layers to Support the National Map of the United States, En *Proceedings International Cartographic Conference*, A Coruña, España, (9 pp.).

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 15

- Cao, J., Li, A., Lv, G. (2010). Study on multiple Watermarking Scheme for GIS Vector Data, *18th International Conference on Geoinformatics, Beijing, China*, 1-6
- Epstein, E. F., Hunter, G. J., Agumya A. (1998). Liability insurance and the use of geographical information. *International Journal of Geographical Information Science*, 12, 3, 203-214
- Haouzia, A. Noumeir, R. (2008). Methods for image authentication: a survey. *Multimedia Tools and Applications*, Springer Computer Science, 39, 1, 1-46
- Horness, E., Nikolaidis, N. y Pitas, I. (2007). Blind City Watermarking utilizing roads width information. In *Proceedings of 15th EUSIPCO 2007, Poznan, Poland*. (5 pp.)
- Lafaye, J., Béguec, J., Gross-Amblard, D. y Ruas, A. (2007). *Geographical Database Watermarking by Polygon Elongation. Technical Report CEDRIC*. N° 1138, (37 pp.).
- López, C. (2002). Watermarking of digital geospatial datasets: A review of technical, legal and copyright issues. *International Journal of Geographic Information Science*, 16, 6, 589-607
- López, C. (2004). Un protocolo para protección contra piratería de mapas digitales utilizando marcas de agua, *VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía*. Madrid, España. (7 pp.).
- Lynch, C. (2000). Authenticity and Integrity in the Digital Environment: An Exploratory Analysis of the Central Role of Trust. *Authenticity in a Digital Environment*. The Council on Library and Information Resources, Washington, EEUU, 32-50
- McGlamery, P. (2001). Issues of authenticity of spatial data. *INSPEL* 35, 2, 137-144
- Niu, X. M., Shao, C. Y. y Wang, X. T. (2006). A survey of digital vector map watermarking, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 2, 6, 1301-1316
- Potdar, V. Han, S. Chang, E. (2005). A survey of digital image watermarking techniques, *3rd International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 709-716
- Schneier, B. (1996). *Applied Cryptography: protocols, algorithms, and source code in C*. Wiley. (675 pp.)
- Tóth, K. (2006). First steps towards the Environmental Spatial Data Infrastructure in Europe from point of view of cartography. *EC-Joint Research Centre INSPIRE, International conference on cartography and GIS*, (6 pp.).

- Tripton, F. y Krause, M. (1998). Handbook of Information Security Management, *Auerbach Publications CRC Press LLC*, (752 pp.). Recuperado el 13 de marzo de 2011, de <http://www.ccert.edu.cn/education/cissp/hism/ewtoc.html>
- Wang, X. T., Shao, C. Y., Xu, X. G. y Niu, X.M. (2007). Reversible Data-Hiding Scheme for 2-D Vector Maps Based on Difference Expansion, *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 2, 3, 311-320
- Wu, B., Wang, W. Peng, Z. y Du, D. (2009). A New Algorithm for Watermarking Building Polygons, *ICDIP, 2009 International Conference on Digital Image Processing*, 366-370
- Zheng, L., Li, Y., Feng, L. y Liu, H. (2010). Research and Implementation of Fragile Watermark for Vector Graphics, *2nd International Conference on Computer Engineering and Technology (IC-CET)*, 522-525
- Zheng, L. y You, F. (2009). A Fragile Digital Watermark Used to Verify the Integrity of Vector Map. *Conference on E-Business and Information System Security (EBISS '09)*, 1-4
- Zimmermann, P. (1999). *An Introduction to Cryptography*. Network Associates Inc. (88 pp.). Recuperado el 21 de mayo de 2011, de ftp://zedz.net/pub/crypto/pgp/pgp_pdf_files/IntrotoCrypto.pdf

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 16

- Álvarez Álvarez, M., Delgado Fernández, T. y Cruz Iglesias, R. (2010). Social networks and Web 2.0 tools as a good complement to the local SDI's. *GSDI 12 World Conference*. Singapur, (14 pp.).
- Brando, C. y Bucher, B. (2010). Quality in User Generated Spatial Content: A matter of specifications. *13th International Conference on Geographic Information Science (AGILE'10)*. Portugal: Guimarães, (8 pp.).
- Careem, M. De Silva, C. De Silva, R., Raschid, L. y Weerawarana, S. (2006). Sahana: Overview of a disaster management system. *Proceedings of the IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA)*. 361-366
- Castells, M. (1997). La era de la información: economía, sociedad y cultura. Vol.1, (590 pp.). Madrid: Alianza Editorial.
- Cobo Romani, C. (2006, 10 de junio). Las multitudes inteligentes de la era digital. *Revista Digital Universitaria en línea*, 7(6), 2-17. Recuperado el 6 de junio de 2011, de http://www.revista.unam.mx/vol.7/num6/art48/jun_art48.pdf
- Coleman, D. (2010). Volunteered Geographic Information in Spatial Data Infrastructure: An Early Look At Opportunities And Constraints. *GSDI 12 World Conference*. Singapur, (28 pp.).
- Coleman, D. J., Georgiadou, Y. y Labonte, J. (2009). Volunteered geographic information: The nature and motivation of producers. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 4, 332-358. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://ijsdir.jrc.ec.europa.eu/index.php/ijsdir/article/viewFile/140/223>
- Coote, A. y Rackham, L. (2008). Neogeographic data quality – is it an issue? *AGI Geocommunity Conference*, Chicago, (17 pp.).
- Flanagin, A. y Metzger, M. (2008). The credibility of VGI. *Geojournal* 72, 3-4, 137-148.
- Galloway, A. (2004). Intimations of everyday life: Ubiquitous computing and the city. *Cultural Studies*, 18, 2-3, 384-408.

- Georgiadou, Y., Budhathoki, N. R. y Nedovic-Budic, Z. (2011). *An Exploration of SDI and Volunteered Geographic Information in Africa*. En N-B. Zorica, J. Crompvoets y Y. Georgiadou (Eds.). *Spatial Data Infrastructure in Context: North and South*. Londres: Taylor & Francis - CRC Press. (288 pp.).
- Goodchild, M. (2007). Citizens as voluntary sensors: Spatial data infrastructure in the world of Web 2.0. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 2, 24–32. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://ijsdir.jrc.ec.europa.eu/index.php/ijsdir/article/viewFile/28/22>
- Goodchild, M. y Glennon, J. (2010). Crowdsourcing geographic information for disaster response: a research frontier. *International Journal of Digital Earth*, 3, 3, 231–241. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.geog.ucsb.edu/~good/papers/495.pdf>
- Haklay, M. (2010). How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37, 4, 682–703.
- Kerckhove, D. (1999). *Inteligencias en conexión, hacia una sociedad de la web*. Barcelona: Gedisa. (256 pp.).
- Lanier, J. (2010). *You Are Not a Gadget*. Nueva York: Knopf. (224 pp.).
- Lévy, P. (1997). *Collective intelligence: Mankind's emerging world in cyberspace*. New York: Plenum. (312 pp.).
- Priedhorsky, R., Masli, M. y Terveen, L. (2010). Eliciting and Focusing Geographic Volunteer Work. *ACM*, 61-70.
- Surowiecki, J. (2004). *The Wisdom of Crowds: Why the many are smarter than the few and how collective wisdom shapes business, economies, societies, and nations*. EEUU: Random House. (290 pp.).
- Turner, A. (2006). Introduction to neogeography. *O'Reilly Media*, (54 pp.).
- Oort, P.A.J. van., Hazeu, G.W., Kramer, H., Bregt, A.K., Rip, F.I. (2010). Social networks in spatial data infrastructures. *GeoJournal*, 75, 1, 105-118.
- Walsh, J. (2008). The beginning and end of neogeography. *GEOconexion International Magazine*, 28-30.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 17

- Ariza López, A., Rodríguez Pascual, A. F. (2008). *Introducción a la normalización en Información Geográfica: la familia ISO 19100*. (230 pp.). Universidad de Jaén. IGN-España. Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://coello.ujaen.es/Asignaturas/pcartografica/Recursos/IntroduccionNormalizacion_IG_FamiliaISO_19100_rev1.pdf
- Antonovic, V. y Novak, I. (2006). GISOSS - One-Stop-Shop GIS. *Shaping the Change, XXIII FIG Congress*, Munich, Germany, October 8-13, 2006. (15 pp.). Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://www.fig.net/pub/fig2006/papers/ts37/ts37_02_antonovic_novak_0569.pdf
- Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo (CLAD). (2006). *Código Iberoamericano de Buen Gobierno*. (15 pp.) Recuperado El 15 de junio de 2011, de <http://www.clad.org/formacion/documentos/declaraciones/codigoiber.pdf>
- Comissão Nacional de Cartografia. (CONCAR). (2010). *Plano de ação para Implantação da Infraestrutura nacional de Dados espaciais*. (203 pp.). Recuperado El 15 de junio de 2011, de <http://www.concar.ibge.gov.br/arquivo/PlanoDeAcaoINDE.pdf>

- Dekkers, M. (2007). Metadata and modelling for Interoperability. En *Anales del Caribbean Digital Libraries Workshop*. Julio 10-13, 2007. Port of Spain, Trinidad. (10 pp.)
- INSPIRE (2007). *Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de marzo de 2007*. (14pp.). Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:ES:PDF>
- Instituto Panamericano de Geografía e Historia. (IPGH). (2010). Guía de Normas en español. *Comité ISO/TC 211 Información Geográfica / Geomática. Grupo Consultivo de Desarrollo*. (116 pp.). Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.ipgh.org/Publicaciones/Files/Ocasionales/PO-0541.pdf>
- Manso, M. A. (2009). El uso de los metadatos para el desarrollo de un modelo de interoperabilidad para las Infraestructuras de Datos Espaciales. *Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid*. (189 pp.). Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.topografia.upm.es/~m.manso/publicaciones/TesisManso.pdf>
- Percivall, G. (2002). ISO 19119 and OGS Service Architecture. En *FIG XXII International Congress, Washington, D.C. EE. UU.*, (12 pp.). Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://www.fig.net/pub/fig_2002/JS4/JS4_percivall.pdf
- Pridmore, J. y Rumens, D. (1989). Interoperability-how do we know when we have achieved it? *Command, Control, Communications and Management Information Systems*, 192-205.
- Turnitsa, C. y Tolk, A. (2006). Battle Management Language: A Triangle with Five Sides. En *Proceedings of the Simulation Interoperability Standards Organization (SISO) Spring Simulation Interoperability Workshop (SIW)*, Huntsville, AL, 2-7. (11 pp.). Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://redgeomatica.rediris.es/Turnitsa-Battle_Management_Language.doc

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 18

- Bernhardsen, T. (2002). *Geographic Information Systems. An Introduction*. (448pp.). 3ª ed., New York: John Wiley & Sons.
- Cascasés Torres, C.N. y Pereda Hernández, S. (2004). *Una metodología para el diseño del modelo conceptual inicial de un SIG dinámico*. Curso Internacional sobre Manejo de Información para la Mitigación de Desastres, Lima, 8-26 Noviembre de 2004. (23 pp.). Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc15734/doc15734.htm>
- Fowler, M. (2004). *UML Distilled. A Brief Guide to the Standard Object Modelling Language*. (175pp.). 3ª ed. Pearson Education.
- Khatri, V., Ram, S., Snodgrass, R. T. (2004). Augmenting a Conceptual Model with Geospatiotemporal Annotations. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 16, 11, 1324-1338
- Mocanu A-M., Velicanu, M. (2011). Building a Spatial Database for Romanian Archeological Sites. *Database Systems Journal*, Vol. II, 1, 3-12.
- Rigaux, P., Scholl, M. Voisard, A. (2001). *Spatial Databases: With Application to GIS*. (556pp.). Morgan Kaufmann/Elsevier (Eds.). California: San Francisco.
- Salvemini, M. (2010). Reflections about a global forum for GI management. En *Segunda Reunión Preparatoria del Proyecto de las Naciones Unidas sobre el Comité Global de Gestión de Información Geográfica, 10 al 11 de mayo de 2010, Nueva York*. (4 pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://ggim.un.org/docs/meetings/May2010/papers/SALVEMINI_UN052010.pdf

Valdés Bravo, M., Moya Honduvilla, J., Bernabé Poveda, M. A. (2010). Aplicación de las TIG a la Información Aeronáutica. Actas del 1er. *Congreso Internacional de Ordenamiento Territorial y TIG* (CD-ROM). 11-16 octubre 2010. Tegucigalpa. Honduras. (16 pp.).

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 19

- Argerich, A Barrera, M. Montivero, M. (2009) Avances para una aplicación generalizada de normas de información geográfica. *V Jornadas de Ciencia y Tecnología de las Facultades de Ingeniería del NOA*, Salta, Argentina. Tomo I. Capítulo V, 12-17
- Ariza López, J. (2002). *Calidad en la Producción Cartográfica*. (424 pp.). Madrid: Ra-Ma.
- Feijao, J Boavida, S. Líteer, C. (2006). *Normalização da informação cartográfica ponto da situação e perspectivas*. 2.º Encontro IBERCARTO “Dos Produtores aos Utilizadores: Perspectivas actuais do acesso à informação geográfica”. Portugal. (8 pp.)
- García García, J., Rodríguez Pascual, A. (2008). La familia ISO 19100: normas generales. Mapping123, 18-29 Recuperado el 21 de Mayo de 2011 de, http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1452
- IRAM. (2009). *Documentos normativos de la serie ISO 19100*. Serie completa de normas. Argentina.
- LatinGEO Argentina. (2009). *Estudio, análisis, resumen y capacitación sobre Normas ISO/TC211 para las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs)*. Materiales docentes: Universidad Nacional de Catamarca, Argentina.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 20

- Botts M y Robin A (2007). *OpenGIS® Sensor Model Language (SensorML) Implementation Specification*, versión 1.0.0, OGC 07-000. (180 pp.). Recuperado el 8 de julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=21273
- Brink L, Portele C y Vretanos, P. A. (2010). Geography Markup Language (GML) simple features profile (with technical note), versión 2.0.0, OGC 10-100r3. (87 pp.). Recuperado el 8 de julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=42729
- Cox S. (2011). *Observations and Measurements - XML Implementation*, versión 2.0.0, OGC 10-025r1. (76 pp.). Recuperado el 8 de julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=41510
- de La Beaujardiere, J. (2004). OGC Web Map Service Interface, version.1.3.0, OGC 03 109r1. (84 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengis.org/files/?artifact_id=4756
- Lupp, M. (2007). *Styled Layer Descriptor Profile of the Web Map Service Implementation Specification*, versión 1.1.0, OGC 05-078r4. (53 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=22364
- Masó, J., Pomakis, K. y Julià, N. (2005). OpenGIS® Web Map Tile Service Implementation Standard, versión 1.0.0, OGC 07-057r7. (128 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=35326
- Müller, M. (2006). *Symbology Encoding Implementation Specification*, versión 1.1.0, OGC 05-077r4. (63 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=16700

- Na, A. y Priest, M. (2007). *Sensor Observation Service*, versión 1.0.0, OGC 06 009r6. (104 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=26667
- Nebert, D. Whiteside, A. y Vretanos, P. P. (2007). *OpenGIS® Catalogue Service Specification*, versión 2.0.2. OGC 07-006r1. (218 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20555
- Nogueras-Iso, J. Zarazaga-Soria, F.J., Béjar, R., Álvarez P.J. y Muro-Medrano, P.R. (2005). OGC Catalog Services: a key element for the development of Spatial Data Infrastructures. *Computers & Geosciences*, 31, 2, 199-209
- Percivall G., Reed C., Leinenweber L., Tucker C. y Cary T (2008). *OGC Reference Model*, versión 2.0.0. OGC 08-062r4. (35 pp.). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=31112
- Percivall, G. (2010). *OGC Standards - an overview tutorial*. CEODE. Beijing, China. (81 pp.). Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=41565
- Portele C. (2007). *OpenGIS® Geography Markup Language (GML) Encoding Standard*, versión 3.2.1. OGC 07-036. (437 pp.). Recuperado el 9 de julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20509
- Robin A (2011) *OGC® SWE Common Data Model Encoding Standard*, versión 2.0.0, 08 094r1. (207 pp.). Recuperado el 8 de julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=41157
- Sánchez Maganto, A. (2009). *Teoría CSW (Catalogue Service Web)*. (30 pp.). Recuperado el 9 de Junio de 2011, de <http://www.slidefinder.net/c/csw/7818325>
- Schut, P. (2007). *OpenGIS® Web Processing Service*, versión 1.0.0, OGC 05-007r7. (87 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=24151
- Schut, P. (2010). *OpenGIS® Georeferenced Table Joining Service (TJS) Implementation Standard*, versión 1.0.0, 10-070r2. (91 pp.). Recuperado el 8 de julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=40095
- Vretanos, P. A. (2005). *Web Feature Service Implementation Specification*, versión 1.1.0, OGC 04-094. (121 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=8339
- Whiteside, A. y Evans, J.D. (2008). *Web Coverage Service (WCS) Implementation Standard*, versión 1.1.2, OGC 07-067r5. (133 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=27297
- Whiteside, A. y Greenwood, J. (2010). *OGC Web Services Common Standard*, versión 2.0.0, OGC 06-121r9. (207 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=38867
- Wilson T. (2008). *OGC® KML*, versión 2.2.0, OGC 07-147r2. (251 pp.). Recuperado el 9 de julio 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=27810

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 21

- Chen, A. Li, Q. (1999). Research on Geospatial Information Web Sharing Language-GeoML. *Towards Digital Earth. Proceedings of the International Symposium on Digital Earth*. Science Press, 1-7

- Ferri, F. Rafanelli, M. (2005). GeoPQL: A Geographical Pictorial Query Language That Resolves Ambiguities in Query Interpretation. *Journal on Data Semantics III, LNCS 3534*. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg, 50-80.
- Goldfarb, C. M. y Rubinsky, Y. (1990). *The SGML Handbook*. OXFORD University Press, (688 pp.). ISBN 0-19-853737-9 / 0198537379.
- Kay, M. (2003). XML Five Years On: A Review of the Achievements So Far and the Challenges Ahead. *Proceedings of the 2003 ACM symposium on Document engineering DocEng2003 symposium*. Grenoble: France, 29-31.
- Shekhar, S. Xion, H. (2008). *Encyclopedia of GIS*. (pp. 364-368). Springer, (1000 pp.). ISBN: 9780387359755.
- Steiniger, S. y Hunter, A. (2010). Free and Open Source GIS software for building a spatial data infrastructure. In E. Bocher and M. Neteler (eds): *Geospatial Free and Open Source Software in the 21st Century: Proceedings of the first Open Source Geospatial Research Symposium*, 2009. LNCG. Springer: Heidelberg, (13 pp.).
- Tait, M. (2005). Implementing geoportals: applications of distributed GIS. *Computers, Environmental and Urban Systems*. 29, 1, 33-47
- Voigtmann, A.; Becker, L. y Hinrichs, K. (1995). An Object-Oriented Data Model and a Query Language for Geographic Information Systems. *Technical Report 15/95-I*. Department of Informatics, University of Münster, Germany, (20 pp.).

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 22

- Béjar, R. (2009a). Contributions to the modelling of spatial data infrastructures and their portrayal services. PhD dissertation. (200 pp). Universidad de Zaragoza. Recuperado el 1 de agosto de 2011 de http://webdiis.unizar.es/~rbejar/thesis_rbejar.pdf
- Béjar, R., Latre, M. A., Nogueras-Iso, J., Muro-Medrano, P. y Zarazaga-Soria, J. (2009b). An architectural style for Spatial Data Infrastructures. *International Journal of Geographical Information Science*. 23, 3, 271-294
- Béjar, R., Gallardo, P., Gould, M., Muro-Medrano, P.R., Nogueras-Iso, J., Zarazaga-Soria, F.J. (2004). A high level architecture for national SDI: the spanish case. *Proceedings of the 10th EC-GI-GIS Workshop*. Varsovia. Recuperado el 1 de agosto de 2011 de http://www3.uji.es/~gould/pdidoc/ECGIS-poland_IDEEArch.pdf
- Botts, M.; Percival, G.; Reed, C. y Davidson, J. (2007). OGC Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture. OGC *White Paper*. (14pp.). Recuperado el 1 de agosto de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25562
- Fisher, B. (2005). *Server Architecture Models for the National Spatial Data Infrastructures (NSDI)*. (41pp.) Recuperado el 1 de agosto de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=9984
- Horton, R. M. (2005). *National Architecture Executive Summary*. SIDP. (20pp.). Recuperado el 1 de agosto de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=10687
- Klopfer, M. (2005). *Interoperability & Open Architectures: An Analysis of Existing Standardisation Processes & Procedures*. (26pp.). Recuperado el 1 de agosto de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=10594

- Lieberman, J. (2003). *OpenGIS Web Services Architecture*. (58 pp.). Recuperado el 1 de agosto de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=1320
- McKee, L. (2005). The Importance of Going Open. *OGC White Paper*, (8pp). Recuperado el 1 de agosto de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=6211
- Percivall, G. (2002a). The OpenGIS Abstract Specification. *Topic 12: OpenGIS Service Architecture*. Version 4.3. (78pp.). Recuperado el 1 de agosto de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=1221
- Percivall, G. (2002b). ISO 19119 and OGC Service Architecture. (12pp.). *FIG XXII International Congress*, Washington D. C.: EE. UU. Recuperado el 1 de agosto de 2011, de http://www.fig.net/pub/fig_2002/JS4/JSE4_percivall.pdf
- Percivall, G.; Reed, C.; Leinenweber, L.; Tucker, C. y Cary, T. (2008). *OGC Reference Model*. (35pp.). Recuperado el 1 de agosto de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=31112
- Rose, L.C. (2004). *Geospatial Portal Reference Architecture*. (23pp.). Recuperado el 1 de agosto, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=6669

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 23

- Alameh, N. (2003). Chaining geographic information web services. *IEEE Internet Computing*, 7, 5, 22-29
- Alonso, G., Casati, F., Kuno, H. y Machiraju, V. (2004). *Web Services: Concepts, Architectures and Applications*. (354pp.). Springer.
- Bishr, Y. (1998). Overcoming the semantic and other barriers to GIS interoperability. *International Journal of Geographical Information Science*, 12, 4, 299-313
- Cardoso, J., Sheth, A. P., Miller, J. A., Arnold, J., Kochut, K. (2004). Quality of service for workflows and web service processes. *Journal of Web Semantics*, 1, 3, 281-308
- Curbera, F. (2005). Web services: Standards based distributed computing. *The European Journal for the Informatics Professional*, 6, 1, 45-50
- Curbera, F., Duftler, M., Khalaf, R., Nagy, W., Mukhi, N., Weerawarana, S. (2002). Unraveling the web services: An introduction to SOAP, WSDL, and UDDI. *IEEE Internet Computing*, 6, 2, 86-93
- Dustdar, S. y Schreiner, W. (2005). A survey on web services composition. *International Journal of Grid and Web Services*, 1, 1, 1-30
- Erl, T., Pautasso, C., Balasubramanian, R., y Carlyle, B. (2011). *SOA with REST*. (818pp.). Prentice Hall.
- Foster, I. (2005). Service-oriented science. *Science*, 308, 5723, 814-817
- Friis-Christensen, A., Ostländer, N., Lutz, M., Bernard, L. (2007). Designing service architectures for distributed geoprocessing: challenges and future directions. *Transactions in GIS*, 11, 6, 799-818
- Granell, C., Gould, M., Manso, M.A., Bernabé, M.A. (2008). Spatial Data Infrastructures. Karimi, H.A (Ed.): *Handbook of Research on Geoinformatics*. Information Science Reference (IDEA Group), 36-41

- Hendler, J. (2001). Agents and the semantic web. *IEEE Intelligent Systems*, 16, 2, 30-37
- Huhns, M. y Singh, M. P. (2005). Service-Oriented Computing: Key Concepts and Principles. *IEEE Internet Computing*, 9, 1, 75-81
- ISO 19119. (2005). Geographic information - Services. International Organization for Standardization (ISO) (67 pp.). Recuperado el 15 de agosto de 2011, de http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=39890
- Kaye, D. (2003). *Loosely coupled: the missing pieces of Web services*. (352 pp.). RDS Press.
- Kiehle, C. (2006). Business logic for geoprocessing of distributed geodata. *Computers & Geosciences*, 32, 10, 1746-1757
- Lemmens, R., Wytzisk, A., de By, R., Granell, C., Gould, M. y van Oosterom, P. (2006) Integrating semantic and syntactic descriptions to chain geographic services. *IEEE Internet Computing*, 10, 5, 42-52
- Masser, I., Rajabifard, A. y Williamson, I. (2007). Spatially enabling governments through SDI implementation. *International Journal of Geographical Information Science*, 22, 1, 5-20
- Medjahed, B., Benatallah, B., Bouguettaya, A., Ngu, A. H. H., Elmagarmid, A.K. (2003) Business-to-business interactions: issues and enabling technologies. *The International Journal on Very Large Data Bases*, 12, 1, 59-85
- Meredith, L. y Bjorg, S. (2003). Contracts and types. *Communications of the ACM*, 46, 10, 41-47
- Milanovic, N. y Malek, M. (2004). Current solutions for web service composition. *IEEE Internet Computing*, 8, 6, 51-59
- Papazoglou, M. P. (2008). *Web Services: Principles and Technology*. (784 pp.). Pearson.
- Papazoglou, M. P. y van der Heuvel, W. J. (2007). Service oriented architecture: approaches, technologies and research issues. *The International Journal on Very Large Data Bases*, 16, 3, 389-415
- Pasley, J. (2005). How BPEL and SOA are changing web services development. *IEEE Internet Computing*, 9, 3, 60-67
- Rajabifard, A., Feeney, M-E. F. y Williamson, I. P. (2002). Future directions for SDI development. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4, 1, 11-22
- Ramamurthy, M. K. (2006) A new generation of cyberinfrastructure and data services for earth system science education and research. *Advances in Geosciences*, 8, 69-78
- Sheth, A. P. (1999). Changing focus on interoperability in information systems: From system, syntax, structure to semantics. Goodchild, M., Egenhofer, M.J., Fegeas, R., Kottman, C. (Ed.): *Interoperating Geographic Information Systems*. Kluwer Academic, 5-30
- Tsalgatidou, A. y Pilioura, T. (2002). An overview of standards and related technology in web services. *Distributed and Parallel Databases*, 12, 2-3, 135-162
- Vinoski, S. (2004). WS-Nonexistent standards. *IEEE Internet Computing*, 8, 6, 94-96
- Wei, Y., Blake, M. B. (2010) Service-Oriented Computing and Cloud Computing: Challenges and Opportunities. *IEEE Internet Computing*, 14, 6, 72-75
- Zhao, P., Yu, G. y Di, L. (2007). Geospatial Web Services. Hilton, B.N (ed.): *Emerging Spatial Information Systems and Applications*. IDEA Group, 1-35

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 24

Capítulo sin Referencias Bibliográficas.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 25

- Ferrer Quintana, J. D. (2009) Centro de Procesos de datos: El cerebro de nuestra sociedad. Discurso leído en el acto de su recepción como Académico Correspondiente en Lanzarote por D. José Damián Ferrer Quintana. Academia de Ciencias e Ingenierías de Lanzarote. (46 pp.). Recuperado el 16 de septiembre de 2011, de <http://www.academiadelanzarote.es/Discursos/Discurso%2034.pdf>
- García Enrich, G. (2007) El estándar TIA-942. *Revista Ventas de Seguridad*, Jul-Ago 2007, 112-116. Recuperado el 16 de septiembre de 2011, de <http://cort.as/1GzK>
- González, N. (2008) El mundo IT que viene (III). *Artículos de la Sociedad de la Información, Fundación Telefónica*, (6 pp.). Recuperado el 16 de septiembre de 2011, de <http://cort.as/1Gya>

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 26

- Lawrence, V. (ed.). (2008). Place matters: the Location Strategy for the United Kingdom. *Communities and Local Government*, 1-38. Recuperado el 15 de octubre de 2011, de <http://location.defra.gov.uk/wp-content/uploads/2009/12/uk-location-strategy.pdf>
- Tait, M. (2005). Implementing Geoportals: applications of distributed GIS. *Computers, Environments and Urban Systems*, 29, 33-47.
- Van Oort, P., Kuyper, C., Bregt, A., Crompvoets, J. (2009). Geoportals: An internet marketing perspective. *Data Science Journal* 8, 162-181.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 27

- de la Beaujardiere, J. (ed.). (2005). *OGC Web Map Service Interface*, versión 1.3.0., OGC 03-109r1 (84 pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=4756
- Díaz, L., Gould, M., Beltrán, A., Llaves, A. y Granell, C. (2008). Multipurpose Metadata Management in gvSIG. *Proceedings of the academic track of the 2008 Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G)*. Conference, 29 September – 3 October 2008, Cape Town: South Africa, 90-99
- Larsgaard, M. L. (1998). *Map Librarianship: An Introduction*. (487pp.). Englewood, Colorado: Libraries Unlimited Inc.
- Moellering, H. y Brodeur, J. (2006). Towards a North American Profile of the ISO 19115 World Spatial Metadata Standard. GSDI-9. *Conference Proceedings, 6-10 November 2006*, Santiago: Chile, (10pp.). Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://gsdidocs.org/gsdiconf/GSDI-9/papers/TS12.4paper.pdf>
- Nebert, D. Whiteside, A. y Vretanos, P. P. (2007). *OpenGIS® Catalogue Service Specification*, versión 2.0.2. OGC 07-006r1. (218 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20555

- Reed, C. (2004). Integrating Geospatial Standards and Standards Strategies Into Business Process. *An Open GIS Consortium (OGC) White Paper*, (7 pp). Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=5098&version=2&format=pdf
- Sieber, R.E. (1999). GIS Implementation in the Grassroots. *URISA Journal*, 12, 1, 15-29
- Voges, U. y Senkler, K. (2004). (Eds.). *OpenGIS® Catalogue Services Specification 2.0 - ISO19115/ISO19119 Application Profile for CSW 2.0*, versión 0.9.2, OGC 04-038r1. (89pp.) Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=6495

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 28

- Baumann, P. (ed.). (2010a). *OGC® WCS 2.0 Interface Standard – Core*. versión 2.0.0, OGC 09-110r3. (53pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=41437
- Baumann, P. (ed.). (2010b). *OGC® Web Coverage Service 2.0 Interface Standard - KVP Protocol Binding Extension*, versión 1.0.0, OGC 09-147r1. (15 pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=41439
- Baumann, P. (ed.). (2010c). *OGC® Web Coverage Service 2.0 Interface Standard - XML/POST Protocol Binding Extension*, versión 1.0.0, OGC 09-148r1. (14pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=41440
- Baumann, P. (ed.). (2010d). *OGC® Web Coverage Service 2.0 Interface Standard - XML/SOAP Protocol Binding Extension*, versión 1.0.0, OGC 09-149r1 (13pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=41441
- Berners-Lee, T. Fielding, R. T., Masinter, L. (1998). *Uniform Resource Identifiers (URI): Generic Syntax*. Standards Track (RFC 2396). Internet Engineering Task Force (IETF). (40pp.). Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.ietf.org/rfc/rfc2396.txt>
- Berners-Lee, T. Fielding, R. T., Masinter, L. (2005). *Uniform Resource Identifier (URI): Generic Syntax*. Standards Track (RFC 3986). Internet Engineering Task Force (IETF). (62pp.). Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://tools.ietf.org/pdf/rfc3986.pdf>
- de la Beaujardiere, J. (ed.). (2006). *OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification*, versión 1.3.0., OGC 06-042. (85pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=14416
- Manso-Callejo, M.A., Wachowicz, M. y Bernabé, M.A. (2009) Towards an Integrated Model of Interoperability for Spatial Data Infrastructures. *Transactions in GIS*, 13, 1, 43-67
- Nebert, D. Whiteside, A. y Vretanos, P. P. (2007). *OpenGIS® Catalogue Service Specification*, versión 2.0.2. OGC 07-006r1. (218 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20555
- Portele C. (2007). *OpenGIS® Geography Markup Language (GML) Encoding Standard*, versión 3.2.1. OGC 07-036. (437 pp.). Recuperado el 9 de julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20509
- Vretanos, P. (ed.). (2010). *OpenGIS Web Feature Service 2.0 Interface Standard*, versión 2.0.0., OGC 09-025r1 and ISO/DIS 19142. (253pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=39967

- Whiteside, A. (ed.). (2007). *OGC Web Services Common Specification*. OGC 06-121r3, versión 1.1.0, (167pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20040
- Whiteside, A. y Evans, J. (Eds.). (2007). *Web Coverage Service (WCS) Implementation Specification*, versión 1.1.1c1. OGC 07-067r2. (129pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=22560
- Whiteside, A. y Evans, J.D. (2008). *Web Coverage Service (WCS) Implementation Standard*, versión 1.1.2, OGC 07-067r5. (133 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=27297
- Whiteside, A. y Greenwood, J. (2010). *OGC Web Services Common Standard*, versión 2.0.0, OGC 06-121r9. (207 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=38867
- Wilson T. (2008). OGC® KML, versión 2.2.0, OGC 07-147r2. (251 pp.). Recuperado el 9 de julio 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=27810

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 29

- Botts, M., Percivall, G., Reed, C. y Davidson, J. (2007). Sensor Web Enablement: Overview *And High Level Architecture*. (14pp.). Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25562
- Cukier, K. (2007). A world of connections. *The Economist. A special report on telecoms*, abril, 26, 1-3. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.economist.com/node/9032088>
- Schaeffer, B. (2008). Towards a transactional Web Processing Service (WPS-T). En Pebesma, E., Bishr, M. y Bartoschek, T. (Ed.). *GI-Days 2008. Proceedings of the 6th Geographic Information Days. IfGIprint, 32*, Institut für Geoinformatik, Münster: Alemania. (27 pp.). Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.gi-tage.de/archive/2008/downloads/acceptedPapers/Papers/Schaeffer.pdf>

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 30

- Ariza López, F. J. y Rodríguez Pascual, A. F. (Eds.) (2008). Introducción a la Normalización en Información Geográfica: La familia ISO 19100. (230 pp.)
- de la Beaujardiere, J. (ed.). (2006). *OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification*, versión 1.3.0., OGC 06-042. (85pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=14416
- del Bueyo Ruiz Lasanta, M. (2010). *Diseño y Desarrollo de un cliente Web Processing Service (WPS) para gvSIG*. Trabajo de fin de carrera, Universitat Oberta de Catalunya, 82 pp. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/1005/1/00898tfc.pdf>
- Fitzke J. y Atkinson, R. (Eds.) (2006). *Gazetteer Service Profile of the Web Feature Service Implementation Specification*, versión OGC 05-035r1, (34 pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=13593
- Granell, C., Díaz, L. y Gould, M. (2009). (2ªed.). *Distributed Geospatial Processing Services, Encyclopedia of Information Science and Technology*, 1186-1193.

- Kiehle, C., Greve, K. y Heier, C. (2006). Standardized geoprocessing-taking spatial data infrastructures one step further, *Proceedings of the 9th AGILE International Conference on Geographic Information Science*. Visegrado, 273-282
- Mabrouk, M. (ed.). (2008). OpenGIS Location Services (OpenLS): Core Services, version 1.2, (OGC 07-074),. Open Geospatial Consortium Inc. (179 pp.)
- Manso-Callejo, M.A., Wachowicz, M., Bernabé-Poveda, M.A. (2010). The design of an automated workflow for metadata generation. *The 4th Metadata & Semantic research conference*. S. Sánchez-Alonso y I.N. Athanasiadis (Eds.): MTSR 2010, CCIS 108, 275-287. Springer, Heidelberg
- Martínez, M. (2008). OGC® OWS-5 *Considerations for the WCTS Extension of WPS*, versión 0.1.0, OGC 08-054r1, (26 pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=29406
- Michael, C. y Ames, D. P. (2007). Evaluation of the OGC Web Processing Service for Use in a Client-Side GIS, *OSGeo Journal*, 1(1), (9 pp.)
- Michaelis, C. D. y Ames, D. P. (2009). Evaluation and implementation of the OGC Web Processing Service for use in Client-Side GIS, *GeoInformatica*, 13(1), 109-120.
- Nebert, D. Whiteside, A. y Vretanos, P. P. (2007). *OpenGIS® Catalogue Service Specification*, versión 2.0.2. OGC 07-006r1. (218 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20555
- Papazoglou, M.P., van der Heuvel, W.J. (2007). Service oriented architecture: approaches, technologies and research issues. *The International Journal on Very Large Data Bases*, 16(3), 389-415
- Schut, P. (2007). *OpenGIS® Web Processing Service*, versión 1.0.0, OGC 05-007r7. (87 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=24151
- Vretanos, P. A. (2005). *Web Feature Service Implementation Specification*, versión 1.1.0, OGC 04-094. (121 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=8339
- Whiteside, A. y Markus, U. M. (2007) (Eds.) *Web Coordinate Transformation Service (WCTS) Interface Engineering Report*, version 0.4.0, (OGC 07-055r1), Open Geospatial Consortium Inc. (108 pp.)
- Whiteside, A. y Evans, J.D. (2008). *Web Coverage Service (WCS) Implementation Standard*, versión 1.1.2, OGC 07-067r5. (133 pp.). Recuperado el 20 de marzo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=27297

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 31

- Aditya, T. (2007). *The national atlas as a metaphor for improved use of a national geospatial data infrastructure*. Tesis doctoral, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, ITC diss., (252 pp.)
- Bhowmick, T., Robinson, A. C., Gruver, A., MacEachren, A. M. y Lengerich, E. J. (2008). Distributed usability evaluation of the Pennsylvania Cancer Atlas, *International Journal of Health Geographics*, 7, 1, 36. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.ijhealthgeographics.com/content/7/1/36>
- Brinck, T., Gergle, D. y Wood, S. D. (2002). *Usability for the Web: designing Web sites that work*. Morgan Kaufmann Publishers, (432 pp.)

- Brown, A. (1993). Map design for screen displays, *The Cartographic Journal*, 30(2), 129-135.
- Budhathoki, N., Bruce, B. y Nedovic-Budic, Z. (2008). Reconceptualizing the role of the user of spatial data infrastructure, *GeoJournal*, 72, 149-160.
- Coltekin, A., Heil, B., Garlandini, S. y Fabrikant, S. I. (2009). Evaluating the effectiveness of interactive map interface designs: A case study integrating usability metrics with eye-movement analysis, *Cartography and Geographic Information Science*, 36, 1, 5-17.
- Craglia, M., Goodchild, M., Annoni, A., Cámara, G., Gould, M., Kuhn, W., Mark, D., Masser, I., Maguire, D., Liang, S. y Parsons, E. (2008). Next-generation digital earth: A position paper from the Vespucci Initiative for the Advancement of Geographic Information Science, *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 3, 146-167.
- De Longueville, B. (2010). Community-based geoportals: The next generation? Concepts and methods for the geospatial Web 2.0, *Computers, Environment and Urban Systems*, 34, 4, 299-308.
- Díaz, L., Granell, C., Gould, M. y Huerta, J. (2011). Managing user generated information in geospatial cyberinfrastructures, *Future Generation Computer Systems*, 27, 3, 304-314.
- Goodchild, M. F., Fu, P. y Rich, P. (2007). Sharing geographic information: an assessment of the Geospatial One-Stop, *Annals of the Association of American Geographers*, 97, 2, 250-266.
- Grus, L., Castelein, W., Crompvoets, J., Overduin, T., van Loenen, B., van Groenestijn, A., Rajabifard, A. y Bregt, A. (2011). An assessment view to evaluate whether Spatial Data Infrastructures meet their goals, *Computers, Environment and Urban Systems*, 35, 3, 217-229.
- Harrower, M., MacEachren, A. y Griffin, A. L. (2000). Developing a geographic visualization tool to support earth science learning, *Cartography and Geographic Information Science*, 27, 4, 279-293.
- Heil, B. y Reichenbacher, T. (2009). The use of guidelines to obtain usability for geographic information interfaces. *Proceedings of 24th International Cartographic Conference*. Santiago: Chile, (12 pp.).
- Hopfstock, A. y Grünreich, D. (2009) User-oriented map design in SDI environment using the example of a European Reference Map 1:250.000. *24th International Cartographic Conference*. Santiago: Chile, (10 pp.).
- Jenny, B., Jenny, H. y Räber, S. (2008). Map design for the Internet. En *International Perspectives on Maps and the Internet*, M. P. Peterson (Eds.). Berlin: Springer Verlag, 31-48
- Komarkova, J., Novak, M., Bilkova, R., Visek, O. y Valenta, Z. (2007). *Usability of GeoWeb sites: case study of Czech regional authorities web sites*. Berlin Heidelberg: LNCS, Springer, 411-423
- Kramers, E. R. (2008). Interaction with Maps on the Internet - A User Centred Design Approach for The Atlas of Canada, *The Cartographic Journal*, 45, 2, 98-107.
- Lorés, J., Granollers, T. y Lana, S. (2002). *Introducción a la interacción persona-ordenador*. Universidad de Lleida. AIPO. (46 pp.). Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.aipo.es/libro/pdf/01Introd.pdf>
- Maguire, D. J. y Longley, P. A. (2005). The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures, *Computers, Environment and Urban Systems*, 29, 1, 3-14.
- Newman, G., Zimmerman, D., Crall, A., Laituri, M., Graham, J. y Stapel, L. (2010). User-friendly web mapping: lessons from a citizen science website, *International Journal of Geographical Information Science*, 24, 12, 1851-1869.

- Nielsen, J. y Loranger, H. (2006). *Usabilidad. Prioridad en el diseño Web*. Madrid: Anaya. (384 pp.).
- Nivala, A. M. (2007). *Usability perspectives for the design of interactive maps*. Tesis doctoral, Helsinki University of Technology. (55 pp.).
- Nivala, A. M., Brewster, S. y Sarjakoski, T. L. (2008). Usability evaluation of web mapping sites, *The Cartographic Journal* 45, 2, 129-138.
- Nivala, A. M., Sarjakoski, T. L. y Sarjakoski, T. (2007). Usability methods familiarity among map application developers, *International journal of human-computer studies* 65, 9, 784-795.
- Osorio Madrid, X., Bernabé Poveda, M., Sampayo Costa, A. y Vivas White, P. (2008). Uso de la IDE en diferentes perfiles profesionales, *V Jornadas Técnicas de la IDE de España JIDEE2008*. Tenerife, (16 pp.).
- Rodríguez, A., Abad, P. y Sánchez, A. (2006). La infraestructura de datos espaciales de España (IDEE): un proyecto colectivo y globalizado, en *Avances en las infraestructuras de datos espaciales*, Universidad Jaume I, 15-30
- Schobesberger, D. (2010). User-Centred Design of a Web-Based Cartographic Information System for Cultural History, in *Mapping Different Geographies*, K. Kriz et al. (Eds.). Berlin: Springer, 159-170.
- Shneiderman, B. (1997). *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction*. Boston, Estados Unidos : Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., (639 pp.).
- Skarlatidou, A. y Haklay, M. (2005). Public web mapping: preliminary usability evaluation, *GIS Research UK*, 5-7.
- Tsou, M. y Curran, J. (2008). User-Centered Design Approaches for Web Mapping Applications: A Case Study with USGS Hydrological Data in the United States, in *International Perspectives on Maps and the Internet*, M. P. Peterson (Eds.). Berlin: Springer Verlag, 301-321.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 32

- Cuzán Fajardo, Y., Mena, N., González Garcíandía, J., Fernández Márquez, A., Palet Rabasa, M., Pérez, R. (2009). *IDE para integrar y gestionar la información geoespacial de los proyectos de colaboración Cuba-Venezuela*. (15pp.). Recuperado el 20 de octubre de 2011, de <http://www.red-ciencia.info.ve/memorias/ProyProsp/trabajos/i1.doc>
- Cuzán Fajardo, Y.; de la Colina, A.; Ramos Gómez, G.; Álvarez Wong, I.; Almagro Campos, M.; Aragonés Ayala, L.; García Blanco, M. y Carballo López, J.C., (2011). Sistema de Información de la Red Temática “Desarrollo de metodologías, indicadores ambientales y programas para la evaluación ambiental integral y la restauración de ecosistemas degradados” (SIRESECODE). 1ra Reunión de RESECODE, realizada en Buenos Aires, Argentina, del 9 al 13 de Mayo de 2011. 12 pp. Recuperado el 20 de octubre de 2011, de http://www.proyesc.cu/ desarrollo/Yoel_Trabajo%20SIRESECODE_salva3.docx
- Delgado Fernández, T. y Delgado Fernández, M. (2007). Evaluación del Índice de Alistamiento de IDE en Iberoamérica y el Caribe a partir de un modelo de lógica difusa compensatoria. En Delgado Fernández, T. y J. Crompvoets (Eds.). *Infraestructuras de Datos Espaciales en Iberoamérica y el Caribe*. La Habana, IDICT, 41-58.
- Fernández Wytttenbach, A. y Bernabé Poveda, M. A. (2010). El Proyecto CartoVirtual: Cartoteca Nacional Histórica Virtual. *Revista Catalana de Geografía*. Vol. 15, 41 (sin paginación). Recuperado el 20 de octubre de 2011, de <http://www.rcg.cat/articles.php?id=191>

- Fernández, V., Resnichenko, Y., Lizardi, S., Segui, R. (2010). Integración de la Infraestructura de Datos Espaciales al Gobierno Electrónico, Creación de un Espacio Participativo para el Ambiente. En *anales del I Congreso Uruguayo de Infraestructura de Datos Espaciales*, 290- 301.
- González Garcíandía, J., Gómez Aguilera, E., Pérez de los Reyes, R., Cuzán Fajardo, Y. (2008). Iniciativas para la implementación de la Infraestructura de Datos Espaciales del Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental en Cuba. *Revista Española Internacional de Ciencias de la Tierra. Mapping*, sep-oct 2008. Recuperado el 20 de octubre de 2011, de http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1515
- Siabato Vaca, W., Fernández Wyttenbach, A., Bernabé Poveda, M. A. (2011). Showing the past: Integrating cartographic collections through Virtual Maps Room. *International Journal of Applied Geospatial Research (JAGR)*. Oct-Dic 2011, 91-106

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 33

- Calvo, J. A. (2003). *Fundamentos de Navegación Aérea*. (160 pp.). Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid.
- EUROCONTROL (*European Organisation for the Safety of Air Navigation*). (2006). From AIS to AIM: Strategic work plan for a global change. Report of the AIS international meeting. Bruselas, Bélgica, (60 pp). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://www.eurocontrol.int/aim/gallery/content/public/pdf/global_aim_strategy.pdf
- Fenoll, J. y Moya, J., (2010). Aena's Web Map Service and it's integration with a Metadata Catalog. *33rd meeting of the Eurocontrol Aeronautical Information Team (AIT/33 IP8)*. Bruselas, Bélgica. (8 pp.)
- ICAO-OACI (*International Civil Aviation Organization*). (2009). Roadmap for the Transition from AIS to AIM. First edition. Montreal, Canada. (32 pp.). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www2.icao.int/en/anb/met-aim/aim/Documents/ROADMAP%20First%20Edition.pdf>
- Moya, J., Benavides, D., Siabato, W., Valdés, M. y Bernabé, M. A. (2010). La Publicación de Información Aeronáutica: Hacia una nueva eAIP basada en geoservicios. *I Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales (JIIDE)*. Lisboa: Portugal, (15 pp.) Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://oa.upm.es/4972/>
- ICAO-OACI (*International Civil Aviation Organization*). (2001). *Convenio de Aviación Civil Internacional. Anexo 4 - Cartas aeronáuticas*. Primera edición. Montreal: Canadá, (9-11). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://www.icao.int/icao/net/anx/spanish/info/annexes_booklet_es.pdf
- ICAO-OACI (*International Civil Aviation Organization*). (2004). *Convenio de Aviación Civil Internacional. Anexo 15 - Servicios de Información Aeronáutica*. Duodécima edición. 3-1. Montreal, Canadá.
- ICAO-OACI (*International Civil Aviation Organization*). (2005). *Concepto operacional de gestión del tránsito aéreo mundial* (Doc. 9854 AN/458). (91 pp.) Primera edición. Montreal, Canadá.
- ICAO-OACI (*International Civil Aviation Organization*). (2005). *Convenio de Aviación Civil Internacional. Anexo 2 – Reglamento del Aire*. (1-3). Décima edición. Montreal, Canadá
- Rodríguez, C., Bravo, M. J., Benavides, D., Siabato, W., Moya, J., Manso, M. A. y Bernabé, M. A. (2009). Aeronautical Metadata Profile based on Geographic International Standards. *8th Innovative Research Workshop & Exhibition – EUROCONTROL Experimental Centre*, Brétigny-sur-Orge. Francia, (9 pp.). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://www.aena-upm.es/index.php?option=com_k2&view=item&task=download&id=4&Itemid=200&lang=es

- Siabato, W., Moya, J., Benavides, D., Bernabé, M. A., Manso, M. A. (2009). Aeronautical Information Geoservices. *8th Innovate Research Workshop & Exhibition*. EUROCONTROL Experimental Centre, Brétigny-sur-Orge. Francia, 163-171.
- Valdés, M., Moya, J., Bernabé M. A. (2010). Aplicación de las TIG a la Información Aeronáutica. 1er. Congreso Internacional de Ordenamiento Territorial y TIG. Tegucigalpa, Honduras, (16 pp.) Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://oa.upm.es/7376/>

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 34

- Bartolomé, A. (2004). Conceptos Básicos. Monográfico Blended Learning. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*. (23), 7-20. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.sav.us.es/pixel-bit/pixelbit/marcoabj23.htm>
- Baruque Ramos, J., Fonseca Filho H., Freire, M. V. y Peres, S. M. (2010). Aprendizagem Baseada em Problemas: experiências na área de engenharias e ciências aplicadas. *ComCiência (UNICAMP)*, (115), 1-1. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=53&id=678>
- Bernabé, M.A., Manso, M.A. y González, M.E. (2007). La docencia universitaria sobre Infraestructuras de Datos Espaciales. *Revista Cartográfica IPGH*. 83, p. 17-35.
- Bindé, J. (ed.) (2005). Hacia las sociedades del conocimiento. Ediciones UNESCO (240 pp.). Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001419/141908s.pdf>
- García Peñalvo, F. (2005). Estado actual de los sistemas e-learning. *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. 6(2). Recuperado el 3 de mayo de 2011, de http://campus.usal.es/~teoriaeducacion/rev_numero_06_2/n6_02_art_garcia_penalvo.htm
- González, M.E. (2010). *Las Infraestructuras de Datos Espaciales como un recurso educativo TIC*. Revista Electrónica Revista CartoEduca.cl. Geografía, TICs y Educación. Año 1(1), 5-16. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.cartoeduca.cl/revista-electroacutenica.html>
- González, M.E. y Bernabé, M.A. (2010). E-Learning Training for Spanish Compulsory Secondary Education (ESO) Teachers to Use SDI as an ICT Educational. *GSDI 11. Spatial Data Infrastructures Association*. (15 pp.). Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.gsdi.org/gsdi-conf/gsdi12/papers/56.pdf>
- González, M.E., Sampaio, A, Bernabé, M.A., Vivas, P. y Capdevila, J. (2009). Formación e-learning para profesionales sobre IDE. En *Anales de las JIDEE, Murcia*. (8 pp.). Recuperado el 3 de mayo de 2011, de http://www.idee.es/resources/presentaciones/GTIDEE_Murcia_2009/ARTICULOS_JIDEE2009/Articulo-28.pdf
- Krasilichik, M. y Araujo, U. F. (2011). Novos caminhos para a educação básica e superior. *ComCiência (UNICAMP)*, (115), 1-10. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=53&id=670>
- Krüger, K. (2006). El concepto de “sociedad del conocimiento”. *Biblio 3W, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona*, Vol. XI, nº 683. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.ub.es/geocrit/b3w-683.htm>
- Mayo P., Donnelly, M. B., Nash, P. P. y Schwartz, R. W. (1993). Student Perceptions of Tutor Effectiveness in problem based surgery clerkship. *Teaching and Learning in Medicine*, 5(4), 227-233

- Miguel Díaz, M. (2006). *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias. Orientaciones para el profesorado universitario ante el Espacio Europeo de Educación Superior*. Madrid, España: Alianza Editorial. (163 pp.).
- Rivas, D., González, M.E. y Manso, M.A. (2010). Formación en especificaciones y estándares OGC. *I Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales*. 8, p. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de http://www.idee.es/recursos/presentaciones/JIIDE10/ID413_Formacion_en_especificaciones_y_estandares_OGC.pdf

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 35

- Crompvoets, J., Bregt, A. y Grus, L. (2007). Multi-view SDI Assessment Framework. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 2, 33-53.
- Crompvoets, J., y Delgado, T. (2007). *Infraestructuras de Datos Espaciales en Iberoamérica y el Caribe*. Proyecto CYTED-IDEDES 606PI0294 «Evaluación y Potenciación de Infraestructuras de Datos Espaciales para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe», 1-214.
- Eelderink, L., Crompvoets, J., y de Man, W. E. (2008). Towards key variables to assess National Spatial Data Infrastructures (NSDIs) in developing countries. En *A. R. Crompvoets, A Multi-View Framework to Assess SDIs*. Space for Geo-Information (RGI), Wageningen University, Melbourne: Australia, 173-192.
- García, Moix, y Queraltó, (2008). *The Socio-Economic Impact of the Spatial Data Infrastructure of Catalonia*. (62pp.) JRC Scientific and Technical Reports (EUR collection). [Versión en español]. Recuperado el 24 de agosto de 2011, de http://www.geoportal-idec.cat/geoportal/cas/documents/Estudio_impacto_cas.pdf
- Giff, G. (2008). A Framework for Designing Performance Indicators for Spatial Data Infrastructure Assessment. En *A. R. Crompvoets, A Multi-View Framework to Assess SDIs*. Space for Geo-Information (RGI), Wageningen University, Melbourne: Australia. 211-234.
- Giff, G., y Lunn, R. (2008). Designing performance indicators for local SDI assessment: A city of Fredericton case study. (18pp.). En *Grus, L., Bregt, A., & Crompvoets, J. (Eds.). Proceedings of GSDI 10 conference on SDI, February 2008, Port of Spain, Trinidad & Tobago*.
- Grus, L., Crompvoets, J., y Bregt, A. (2007). *Multi-view framework to assess Spatial Data Infrastructures*. (17pp.). Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://www.ec-gis.org/Workshops/13ec-gis/presentations/5_impact_assessment_grus_6.pdf
- Janssen, K. (2008). A legal approach to assessing Spatial Data Infrastructures. En *A. R. Crompvoets, A Multi-View Framework to Assess SDIs*. Space for Geo-Information (RGI), Wageningen University, Melbourne: Australia, 255-272.
- Navarra, D. D. (2009). Understanding Geo-ICT and their value for public sector governance: Implications for e-government policy. (18pp.). *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*
- Nedović-Budić, Z., Pinto, J. K., y Raj Budhathoki, N. (2008). SDI Effectiveness from the User Perspective. En *A. R. Crompvoets, A Multi-View Framework to Assess SDIs*. Space for Geo-Information (RGI), Wageningen University, Melbourne: Australia, 273-303.
- Rajabifard, A. (2008). A Spatial Data Infrastructure for a Spatially Enabled Government and Society. En *J. Crompvoets, A. Rajabifard, B. van Loenen, & T. Delgado (Eds.), A Multi-View Framework to Assess SDIs*. Space for Geo-Information (RGI), Wageningen University, Melbourne: Australia, 11-22.

Stuedler, D., Rajabifard, A., y Williamson, I. (2008). Evaluation and Performance Indicators to Assess Spatial Data Infrastructure Initiatives. En A. R. Crompvoets (ed.), *A Multi-View Framework to Assess SDIs*. Space for Geo-Information (RGI), Wageningen University, Melbourne: Australia, 193-210.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 36

- De Vries, W. (2007). eGov and SDI: The common grounds and missing links. dg.o '07: *Proceedings of the 8th annual international conference on Digital government research: bridging disciplines & domains*, ISBN:1-59593-599-1, 270-271
- Delgado Fernández, T. y Capote Fernández, J. (2009). Marco Teórico de Infraestructuras de Datos Espaciales Semánticas en el Proyecto CYTED IDEDES. En *Semántica espacial y descubrimiento de conocimiento para desarrollo sostenible*. Delgado Fernández, T. y Capote Fernández, J. (Eds.). La Habana, Cuba: CUJAE, 21-32.
- Delgado Fernández, T. y Crompvoets J. (2007). *Infraestructuras de Datos Espaciales en Iberoamérica y el Caribe*, La Habana, Cuba: IDICT, 173-176
- Delgado Fernández, T. y Cruz, R. (2009). *Construyendo infraestructuras de datos espaciales a nivel local*. (130 pp.). La Habana, Cuba: CUJAE
- Grus, L., Crompvoets, J., Bregt, A., van Loenen, B., Delgado, T. (2008). Capítulo 18: Applying the Multi-view Spatial Data Infrastructure Assessment Framework in several American countries and The Netherlands. En *A Multi-View Framework to Assess Spatial Data Infrastructures*. Crompvoets, J., Rajabifard, A., van Loenen, B., Delgado Fernández, T. (Eds.). University of Melbourne, 11-22.
- Guimet, J. (2006). Integración de los municipios en la IDE regional. Primeros resultados y Conclusiones. En *Avances en las infraestructuras de Datos espaciales*, Granell, C., Gould M. (Eds). Publicaciones de la Universidad Jaume I, 15-30.
- Maser I. (2009). Changing Notions of Spatial Data Infrastructure. En *SDI Convergence: Research, Emerging Trends, and Critical Assessment*. van Loenen, V., Besemer, J., Zevenbergen, J. (Eds.), 219-228.
- Piscitelli, A. (2009). *Nativos digitales*. (360pp.). Santillana.
- Rajabifard, A. (2008). A spatial data Infrastructure for a Spatially enabled Government and Society. En *A Multi-View Framework to Assess Spatial Data Infrastructures*. Crompvoets, J., Rajabifard, A., van Loenen, B., Delgado Fernández, T. (Eds.). University of Melbourne, 11-22.
- Rajabifard, A. (2010). Spatially enabled government and society – the global perspective. En *Proceedings of the XXIV FIG International Congress*, (10pp.). Recuperado el 17 de mayo, de http://www.fig.net/pub/fig2010/papers/ps02/ps02_rajabifard_4644.pdf
- Rodríguez Pascual A., Abad Power P., Alonso Jimenez A., Sanchez Maganto A. (2006). Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE): un proyecto colectivo y globalizado. En *Avances en las infraestructuras de Datos espaciales*, Granell, C. y Gould, M. (Eds). Publicaciones de la Universidad Jaume I, 15-30.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 37

- Cushing, M. (2008). Desarrollo de Mapas de Relieve. Hidrografía y Derivados para Suramérica. *Portal Programa GeoSUR*. (20 pp). Recuperado el 2 de julio de 2011, de http://www.geosur.info/geosur/contents/Papel_Concepto_Componente_SRTM_Programa_GeoSUR.pdf

- Mayer-Schonberger, V; Lazer, D (Eds.). (2007). *Governance and Information Technology: from Electronic Government to Information Government*. MIT Press. (14 pp.),
- Nebert, D (ed.). (2004). Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook. *GSDI Website*. (171 pp.). Recuperado el 2 de julio de 2011, de <http://www.gsdi.org/docs2004/Cookbook/cookbookV2.0.pdf>
- Thomas, C. (2006). *Standards for Success: GIS for Federal Progress and Accountability*. ESRI Press. (112 pp.),
- van Praag, E. (2010). Lanzamiento del primer portal de datos geográficos de Suramérica. *Newsletter IDEIberoamérica*, 7, 6, 3-3.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 38

- Maruyama, H. y Akiyama, M. (2003). Responsibility of NMO's for Sustainable Development. *Cambridge Conference*, (6 pp.) Recuperado el 17 de mayo de 2011 de http://www.cambridge-conference.com/previous_conferences/2003/camconf/papers/2-3.pdf
- Nebert, D. (2009). Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook (150 pp.) Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://memberservices.gsdi.org/files/?artifact_id=655
- Onsrud, H. (2000). Global Survey of National Spatial Data Infrastructure Activities. Update and Status Report, (1 pp.). Recuperado el 12 de junio 2011 de <http://www.gsdi.org/docs2000/capetown/abstracts.htm#onsrud>
- Rajabifard, A., Williamson, I. P., Holland, P. y Johnstone, G. (2000). From Local to Global SDI initiatives: a pyramid building blocks. En *Proceedings of the 4th GSDI Conference, Cape Town, South Africa*, 13-15 March 2000, (12 pp.)
- Williamson, I., Rajabifard, A. y Holland, P. (2010). Spatially Enabled Society. En *Proceedings of the XXIV FIG International Congress*. Sydney (Australia). (10 pp.). Recuperado el 1 de mayo 2011 de http://www.fig.net/pub/fig2010/papers/inv03/inv03_williamson_rajabifard_et_al_4134.pdf

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 39

- Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R. H., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D. et al. (2009). *Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing*. *Technical Report No.* (23pp.). Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.pdf>
- Baranski, B., Schäffer, B. y Redweik, R. (2011). Geoprocessing in the Clouds. FOSS4G 2009. *OS-Geo Journal*, 8,17-22. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.osgeo.org/ojs/index.php/journal/article/view/174/149>
- Bennett, S., Bhuller, M. y Covington, R. (2009). *Architectural Strategies for Cloud Computing*. (21pp.) An Oracle White Paper in Enterprise Architecture. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://oracamp.com/white-paper-architectural-strategies-cloud-computing>
- Boss, G., Malladi, P., Quan, D., Legregni, L. y Hall, H. (2007). *Cloud Computing*. (17pp.). IBM Corporation. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.inst-informatica.pt/servicos/informacao-e-documentacao/dossiers-tematicos/teste-dossier-tematico-no-7-cloud-computing/tecnologia/ibm-cloud-computing-boss-greg-malladi-padms-quan>
- Capote, J. L. (2011). *Modelo de Servicios Semánticos para Infraestructuras de Datos Espaciales*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. ITM, La Habana, Cuba. (En preparación).

- Chahal, S., Hahn-Steichen, J., Kamhout, D., Kraemer, R., Li, H. y Peters, C. (2010) An Enterprise Private Cloud Architecture and Implementation Roadmap. (11pp.). IT@Intel White Paper. Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://download.intel.com/it/pdf/Entrprse_Priv_Cloud_Arch_final.pdf
- Codina, L. (2009). ¿Web 2.0, Web 3.0 o Web Semántica?: En El impacto en los sistemas de información de la Web. *Ier Congreso Internacional de Cyberperiodismo y Web 2.0.*, (16 pp.). Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://www.lluiscodina.com/Web20_WebSemantica2009_Nov2009.pdf
- Cruz, R. (2011). *Modelo de IDE basada en Computación en la Nube*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, ITM, La Habana, Cuba. (En preparación).
- Johnston, J. y Miglarese, A. (2010). Geospatial Cloud Computing: An Eye Towards the Future. (18 pp.). En *Environmental Information Symposium 2010*, 10-13. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.epa.gov/OEI/symposium/2010/miglarese%20.pdf>
- Lemmens, R. y Deng, D. (2008). Web 2.0 and Semantic Web: Clarifying the meaning of spatial features. *Workshop "Semantic Web meets Geopatial Applications"*, AGILE 2008.
- Ludwig, B. y Coetzee, S. (2010). A comparison of PaaS clouds with a detailed reference to security. (17pp.). En *1st International Workshop on Pervasive Web Mapping, Geoprocessing and Services*, Como, Italia. Recuperado el 15 de julio de 2011 de http://webmgs2010.como.polimi.it/presentations/2_LudwigCoetzee.pdf
- Mell, P. y Grance, T. (2011). *The NIST Definition of Cloud Computing. Special Publication 800-145 (Draft)*. (7pp.). National Institute of Standards and Technology, Dept. of Commerce. Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://csrc.nist.gov/publications/drafts/800-145/Draft-SP-800-145_cloud-definition.pdf
- O'Reilly, T. (2006). Qué es WEB 2.0. *Patrones del Diseño y Modelos del Negocio para la siguiente generación del Software*. Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://sociadadelainformacion.telefonica.es/documentos/articulos/TRIBUNA_web2.pdf
- O'Reilly, T. y Battelle, J. (2009). Web Squared: Web 2.0 Five Years On 2009. Web 2.0 summit. (13pp.). O'Reilly Media Inc. Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://assets.en.oreilly.com/1/event/28/web2009_websquared-whitepaper.pdf
- Schäffer, B., Baranski, B. y Foerster, T. (2010). Towards Spatial Data Infrastructures in the Clouds. Towards Spatial Data Infrastructures in the Clouds. En M. Painho, M. Santosy H. Pundt (Eds.), En *Geospatial Thinking, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, 399-418. Springer Verlag. Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://ifgi.uni-muenster.de/~tfoer_01/articles/SchaefferEtAl-Towards%20SDIsInTheCloudsAGILE2010.pdf
- Smyth, P. (2009). Cloud Computing. A Strategy Guide for Board Level Executives. (12 pp.). Kynetix Technology Group. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://download.microsoft.com/download/1/5/D/15DA1ED7-6005-4D18-A592-12EA315A3F4A/KynetixCloudComputingStrategyGuide.pdf>
- Warr, W. A. (2009). Cloud computing. (11pp.) Wendy Warr & Associates. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.qsarworld.com/files/Cloud-computing.pdf>
- Williamson, I., Rajabifard, A. y Holland, P. (2010). Spatially enabled society. FIG Congress 2010 "Facing the Challenges – Building the Capacity". (10pp.). Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://www.fig.net/pub/fig2010/papers/inv03%5Cinv03_williamson_rajabifard_et_al_4134.pdf
- Zerpa, C. y Resnichenko, Y. (2010). La construcción de una IDE para Uruguay en el contexto de Gobierno Electrónico. En *Ier Congreso Nacional Uruguayo de Infraestructura de Datos Espaciales*. (16 pp.). Recuperado el 15 de Julio de 2011, de http://www.agesic.gub.uy/innovaportal/file/1183/1/06_Zerpa_y_Yuri.pdf

REFERENCIAS WEB

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 1

- [1] *Aboriginal mapping network* (AMN). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.nativemaps.org>
- [2] *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.osgeo.org/>
- [3] Vimeo. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://vimeo.com/16650593>
- [4] Escuela de Organización Industrial, EOI (2010). *Seminario de Edición Digital*. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://davidmpi.wordpress.com/2010/11/25/comentarios-al-seminario-de-edicion-digital-de-la-eoi/>
- [5] Directiva INSPIRE (2007). Texto en español. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.idee.es/resources/leyes/TextoDirectivaINSPIRE.doc>
- [6] Iniciativa Open Data en EEUU. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.data.gov>
- [7] Iniciativa Open Data en el Reino Unido. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.data.gov.uk>
- [8] Agencia Española de Meteorología, AEMET (2011). Nueva política de datos. Acceso libre y gratuito a todos sus datos por medios electrónicos. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://www.aemet.es/es/zona_portada_destacada/politicadatos
- [9] Instituto Nacional de Estadística de España (INE). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.ine.es/>
- [10] Dirección General del Catastro de España. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.catastro.meh.es>
- [11] *Open Geospatial Consortium* (OGC). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/>
- [12] Global Spatial Data Infrastructure (GSDI). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.gsdi.org/>
- [13] Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.ipgh.org/>

- [14] Comité Permanente para las IDE de las Américas. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.cp-idea.org/>
- [15] LEY 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España. *BOE* (núm.163). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.boe.es/boe/dias/2010/07/06/pdfs/BOE-A-2010-10707.pdf>
- [16] Plan Nacional de Ortofotos Aéreas (PNOA). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://pnoa.wordpress.com/>
- [17] CartoCiudad. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.cartociudad.es/portal/1024/index.htm>
- [18] Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.siose.es/siose/index.html>
- [19] Plan Nacional de Teledetección de España (PNT). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.ign.es/PNT/>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 2

- [20] ISO/TC 211. Guía de normas. Edición en español (Ed. 2010). Recuperado el 31 de Julio de 2011, de http://www.isotc211.org/Outreach/ISO_TC_211_Standards_Guide_Spanish.pdf
- [21] Open Geospatial Consortium. (OGC). Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.opengeospatial.org>
- [22] IDEE. *¿Qué es una IDE?* Recuperado el 31 de julio de 2011, de http://www.idee.es/show.do?to=pideep_que_es_IDEE.ES
- [23] Mas Mayoral, S. y Vallejo Bombín, R. (2003). El proyecto de la directiva INSPIRE. *Mapping Interactivo*, junio-julio. Recuperado el 31 de julio de 2011, de http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=225
- [24] Geographic Information Strategy for Northern Ireland. (GI for NI). *INSPIRE - The European Directive on Spatial Data*. Recuperado el 31 de julio de 2011, de http://www.gistrategyni.gov.uk/index/what_is_inspire.htm
- [25] Infraestructura de Datos Espaciales de Arqueología. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.idearqueologia.org>
- [26] Prototipos publicados: Geovisor de datos aeronáuticos y Catálogo de datos aeronáuticos). Recuperado el 31 de julio de 2011, de http://www.aena-upm.es/index.php?option=com_content&view=article&id=96&Itemid=162&lang=es
- [27] Portal de CartoCiudad. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.cartociudad.es/portal/1024/cartociudad.htm>
- [28] EXECUTIVE ORDER 12906: Coordinating Geographic Data acquisition and access: the National Spatial Data Infrastructure, signed by President Bill Clinton on April 11, 1994, edition of the Federal Register, Volume 59, Number 71, pp. 17671-17674. Recuperado el 31 de julio de 2011, de http://www.fgdc.gov/nsdi/policyandplanning/executive_order
- [29] *GeoConnections*. IDE de Canadá. Recuperado el 31 de julio 2011, de <http://www.cgdi.gc.ca>
- [30] ASDI. IDE de Australia. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://asdd.ga.gov.au/asdd>
- [31] ANZLIC. IDE de Nueva Zelanda. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.anzlic.org.au>

- [32] Global Spatial Data Infrastructure Association. (GSDI). Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.gsdi.org/>
- [33] GeoLoketten. IDE de Holanda. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.geoloketten.nl/>
- [34] GEODATA. IDE de Suecia. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.geodata.se/en/>
- [35] GDI-DE. IDE de Alemania. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.gdi-de.org/>
- [36] IDEE. Infraestructura de Datos Espaciales de España. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.idee.es>
- [37] Listado de IDE de Latinoamérica. Recuperado el 31 de julio 2011, de <http://blog-idee.blogspot.com/2008/07/las-ide-en-latinoamerica.html>
- [38] PCGIAP. *Permanent Committee on GIS Infrastructure for Asia & the Pacific*. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.pcgiap.org>
- [39] CP-IDEA. Comité Permanente para la Infraestructura de Datos Geoespaciales de las Américas. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.cp-idea.org/>
- [40] EIS-AFRICA. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.eis-africa.org/EIS-Africa/>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 3

- [41] Directiva INSPIRE. Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:72007L0002:EN:NOT>
- [42] W3C (World Wide Web Consortium). Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://www.w3.org>
- [43] ISO (International Organization for Standardization). Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://www.iso.org/iso/home.html>
- [44] CEN (Comité Europeo de Normalización). Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://www.cen.eu/cen/pages/default.aspx>
- [45] AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://www.aenor.es/aenor/inicio/home/home.asp>
- [46] OGC. Web Map Service. Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>
- [47] OGC. Styled Layer Descriptor. Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/sld>
- [48] OGC. Web Feature Service. Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>
- [49] OGC. WFS Gazetteer Profile 1.0 SWG. Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/projects/groups/wfsgaz1.0swg>
- [50] OGC. Web Coverage Service. Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>
- [51] OGC. *OpenGIS Catalogue Service Implementation Specification*. Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/specifications/catalog>
- [52] SOAP. *Simple Object Access Protocol*. Version 1.2. Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://www.w3.org/TR/soap/>

- [53] RDF. *Resource Definition Framework*. Recuperado el 17 de mayo de 2011, <http://www.w3.org/RDF/>
- [54] Lista RedIRIS. Listas de interés general para la Comunidad académica e investigadora. Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://listserv.rediris.es/cgi-bin/wa?SUBED1=IDEE&A=1>
- [55] Blog de la comunidad IDEE. Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://blog-idee.blogspot.com/>
- [56] Boletín sobre IDEs. (2007-2011). Ministerio de Fomento, España. Recuperado el 17 de mayo de 2011, de http://www.idee.es/show.do?to=Sobre_IDEs.ES
- [57] Newsletter IDE Iberoamérica. Recuperado el 17 de mayo de 2011, de <http://redgeomatica.rediris.es/newsletter/>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 4

- [58] Nebert, D. (Ed.). (2005). *El Recetario IDE*. Traducción al español por el equipo de trabajo Mercator. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://latingeo.es/datos_latingeo/recursos/4Recetario_IDEs_v2_GSDI.pdf
- [59] Salazar-Hernández, D. J. (2008). Navegación Aérea, Cartografía y Cosmografía. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://nacc.upc.es/nacc-libro/node56.html>
- [60] *The Elements of Geodesy: The Horizontal Datum*. U.S. Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://ocean-service.noaa.gov/education/kits/geodesy/geo05_horizdatum.html
- [61] Sistema de Referencia Geocéntrico de las Américas. (SIRGAS). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.sirgas.org/>
- [62] Wikipedia. Descripción del Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Coordenadas_Universal_Transversal_de_Mercator
- [63] Franco, A. (2000). Características de las coordenadas UTM y descripción de este tipo de coordenadas. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://www.elgps.com/documentos/utm/coordenadas_utm.html
- [64] Proyecto Humboldt. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.esdi-humboldt.eu/home.html>
- [65] *Cómo cambió el país después del terremoto 2010 en Chile*. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://www.youtube.com/watch?v=fGx_08nPUe0
- [65 bis] A partir de un documento de http://www.catalonia.org/cartografia/Clase_02/Proyecciones_02.html

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 5

- [66] Featherstone, W.E. *Geodesy*. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://geodesy.curtin.edu.au/local/docs/geodesy.pdf>
- [67] Salazar, D. (2006). *La Tierra*. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://nacc.upc.es/tierra/node10.html>
- [68] GOES Satellites. *Geostationary Satellites*. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.oso.noaa.gov/goes/>

- [69] NASA. National Aeronautics and Space Administration. Landsat then and now. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/>
- [70] ASTRIUM. *SPOT Image*. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.spotimage.com/web/es/>
- [71] NOAA. National Oceanic and Atmosphere Administration. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.noaa.gov/>
- [72] EROS. Earth Resources Observation and Science Center. *Modelo Digital de Elevación GTOPOPO*. Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://eros.usgs.gov/#/Find_Data/Products_and_Data_Available/gtopo30_info
- [73] CGIAR-CSI. The Consortium for Spatial Information. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://srnm.csi.cgiar.org/>
- [74] ASTER. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 6

Capítulo sin Referencias web.

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 7

- [75] Geo Community. GeoComm International Corporation. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://data.geocomm.com/helpdesk/formats.html>
- [76] GSDI. El Recetario IDE. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de http://www.gsdi.org/pubs/cookbook/recetario_es0515.pdf
- [77] MicroImages. Glosario para el Análisis Geoespacial. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://www.microimages.com>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 8

- [78] Universidad de Santiago de Chile. Departamento de Física USACH.: Clasificación, Variables y Tablas. Recuperado el 7 de febrero de 2011, de <http://fisica.usach.cl/~cecilia/ppt/clasificacion-variablesytablas.ppt>
- [79] University of California. (UCLA). Academic Technology Services. *What is the difference between categorical, ordinal and interval variables?* Recuperado el 28 de junio de 2011, de http://www.ats.ucla.edu/stat/mult_pkg/whatstat/nominal_ordinal_interval.htm
- [80] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. *UNESCO and Information processing tools, IDAMS statistical software*. Recuperado 28 de junio de 2011, de http://www.unesco.org/webworld/idams/advguide/Chapt1_3.htm
- [81] Korey, J. L., CAL Poly Pomona, Politically-Oriented Web-Enhanced Research Methods for Undergraduates — Topics and Tools Resources for introductory research methods courses in political science and related disciplines. Recuperado el 18 de Marzo de 2011, de http://www.csupomona.edu/~jlkorey/POWERMUTT/Topics/levels_of_measurement.html#Nominal

- [82] Environmental Systems Research Institute. (ESRI). An overview of the Overlay toolset. Recuperado el 28 de junio de 2011, de [http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=An overview of the Overlay toolset](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=An%20overview%20of%20the%20Overlay%20toolset)
- [83] Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. (GIZ). *Street Naming and Property Numbering System (Street addressing system). Operational guidelines*. (2010). Ministry of Local Government and Rural Development, Ghana (80 pp.). Recuperado el 28 de junio de 2011, de <http://www.gtz.de/de/dokumente/en-street-addressing-system.pdf>
- [84] Briney, A.: Thematic Maps Display Data on a Map. Recuperado el 15 de Junio de 2011, en <http://geography.about.com/od/understandmaps/a/thematicmaps.htm>
- [85] de Smith, M. J., Goodchild, M. F. y Longley, P. A. (2011) *Geospatial Analysis - a comprehensive guide to Principles, Techniques and Software Tools*. 3rd edition. Recuperado el 15 de Junio de 2011, en <http://www.spatialanalysisonline.com/output/>
- [86] Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá, España. Consultas y análisis espacial en SIG (80 pp.). Recuperado el 15 de Junio de 2011, en https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-200303/TAB42351/introsig5.pdf
- [87] Eastman, J. R. (2006) IDRISI Andes. Guide to GIS and image processing. Clark Labs. Clark University. Manual Version 15. 328 pp. Recuperado el 15 de Junio de 2011, en http://www.cartografia.cl/download/manuales/idrisi_andes.pdf

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 9

- [88] Especificación SLD de OGC. Resumen y acceso a diferentes versiones. <http://www.opengeospatial.org/standards/sld>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 10

- [89] Directiva INSPIRE. Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://www.idee.es/resources/leyes/DIRECTIVA_2007_2_CE_ES.pdf
- [90] Sánchez Maganto, A., Noguera Iso, J., Ballari, D. (2008). Normas ISO sobre metadatos: ISO 19115, ISO 19115-2, ISO 19139 e ISO 15836. *Mapping Interactivo*. Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1455
- [91] Duval, E., Hodgins, W., Sutton, S., Weibel, S.L. (2002). Metadata principles and practicalities, *D-Lib Magazine*, 8, 4. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.dlib.org/dlib/april02/weibel/04weibel.html>
- [92] GeoNetwork. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://geonetwork-opensource.org>
- [93] SpatiumCube. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://spatiumcube.sourceforge.net/>
- [94] Gicat. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://essi-lab.eu/cgi-bin/twiki/view/GIcat>
- [95] Núcleo español de Metadatos. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.idee.es/resources/recomendacionesCSG/NEM.pdf>
- [96] Guía para la evaluación de la calidad de los metadatos. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://metadatos.ingemmet.gob.pe/files/CursoMetadatos/14.Gu%C3%ADa%20para%20la%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20de%20los%20Metadatos.pdf>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 11

- [97] Registro de metadatos del catálogo de la IDE de Andalucía. Recuperado el 30 de septiembre de 2011, de http://www.ideandalucia.es/catalogo/info.php?file={086DEA60-3BF1-4DC6-8ACA-8D54BD20FACE}_100213_full8_es
- [98] Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de marzo de 2007 por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (INSPIRE). Diario oficial de la Unión Europea (EC). Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://www.idee.es/resources/leyes/DIRECTIVA_2007_2_CE_ES.pdf
- [99] Sánchez Maganto, A., Noguera Iso, J., Ballari, D. (2008). Normas ISO sobre metadatos (ISO 19115, ISO 19115-2, ISO 19139, ISO 15836). Mapping Interactivo. Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1455
- [100] INSPIRE. *Metadata Implementing Rules: Technical Guidelines based on EN ISO 19115 and EN ISO 19119*. Recuperado el 26 de septiembre de 2011, de http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Metadata/INSPIRE_MD_IR_and_ISO_v1_2_20100616.pdf
- [101] NEM. Núcleo Español de Metadatos 1.1. (2010). Recuperado el 26 de septiembre de 2011, de <http://www.idee.es/resources/recomendacionesCSG/NEMv1.1.pdf>
- [102] Reglamento (CE) N° 1205/2008 de la Comisión de 3 de diciembre de 2008 por el que se ejecuta la Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que se refiere a los metadatos. Recuperado el 26 de septiembre de 2011, de <http://www.idee.es/resources/leyes/LexUriServ.pdf>
- [104] AENOR. Asociación Española de Normalización y Certificación. Recuperado el 30 de septiembre de 2011, de http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/ques_norma.asp
- [105] *Geonetwork OpenSource*. Recuperado el 26 de septiembre de 2011, de <http://geonetwork-opensource.org/>
- [106] *ServiceCube: one of SpatiumCube Components*. Recuperado el 26 de septiembre de 2011, de <http://spatiumcube.sourceforge.net/components.html>
- [107] FGDC. Resultado del estudio de herramientas de 2009. Recuperado el 26 de septiembre de 2011, de <http://www.fgdc.gov/metadata/iso-metadata-editor-review>
- [108] Conector de catálogos de la IDE de Cataluña. Recuperado el 26 de septiembre de 2011, de <http://www.geoportals-idec.cat/geoportals/cas/geoserveis/ogc-csw/>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 12

- [109] Real Academia Española (RAE). Recuperado el 13 de junio de 2011, de <http://www.rae.es>
- [110] ISO 19109. *Geographic information - Rules for application schema*. Recuperado el 13 de junio de 2011, de http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39891
- [111] *International Council of Onomastic Sciences* (ICOS). Recuperado el 13 de junio de 2011 de <http://www.icosweb.net>
- [112] Comisión Especializada de Nombres Geográficos (CENG). *Instituto Geográfico Nacional de España* (2009). Recuperado el 13 de junio de 2011 de http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ORGANOS_COLEGIADOS/CSG/Comisiones/COMISION_NOMBRES_GEOGRAFICOS2.htm

- [113] Report of the United States of America Delegation (2004). *XXXVII Meeting of the Directing Council of the Pan American Institute of Geography and History (PAIGH)*. Pan American Institute of Geography and History. (65pp.). Costa Rica: San José. Recuperado el 13 de junio de 2011, de http://www.ipgh.org/download-file/xxxviii_rcd/inf_sn_usa_xxxviii-rcd.pdf
- [114] Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH). Recuperado el 13 de junio de 2011, de <http://www.ipgh.org/>
- [115] ISO 19115. *Geographic information - Metadata*. Recuperado el 13 de junio de 2011, de http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=26020
- [116] ISO 19112. *Geographic information – Spatial referencing by geographic identifiers*. Recuperado el 13 de junio de 2011, de http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=26017
- [117] Portada del sitio del Nomenclátor compuesto de la Antártida. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://data.aad.gov.au/aadc/gaz/scar/>
- [118] *Report of the Working Group on Toponymic Data Files and Gazetteers for the Period 2002-2007*. (2007). Organización de Naciones Unidas. Recuperado el 13 de junio de 2011, de <http://unsats.un.org/unsd/geoinfo/UNGEGN/wg2.html>
- [119] Instituto Geológico Minero y Metalúrgico de Perú (INGEMMET). Recuperado el 13 de junio de 2011, de <http://www.ingemmet.gob.pe>
- [120] Portal del Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.icc.cat/>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 13

- [121] Wordreference. Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://www.wordreference.com/definicion/>
- [122] Amphibian web. Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://amphibiaweb.org>
- [123] Asistente virtual IRENE. Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://82.223.168.29/renfe2/index.jsp>
- [124] Renfe. Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://consulta.renfe.com/renfe270/index.jsp>
- [125] UNESCO. Tesoro de la UNESCO. Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://databases.unesco.org/thessp/>
- [126] EIONET. GEMET *Thesaurus*. Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://www.eionet.europa.eu/gemet>
- [127] FAO. *Agricultural Information Management Standards*. Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://aims.fao.org/website/AGROVOC-Thesaurus/sub>
- [128] IEDCYT. Disponible desde: http://thes.cindoc.csic.es/index_esp.php.
- [129] Dean, M., Schreiber, G., Bechhofer, S., Van Harmelen, F., Hendler, J., Horrocks, I., McGuinness, D. L., Patel-Schneider, P. F., Stein, L. A. (2005). OWL web ontology language reference. W3C Recommendation. Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-features-20040210/>
- [130] Protégé. Programa para la creación de ontologías. Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://protege.stanford.edu/>

- [131] OBO-Edit. Editor de ontologías. Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://oboedit.org/>
- [132] SWEET. *Semantic Web for Earth and Environmental Terminology*. Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://sweet.jpl.nasa.gov/>
- [133] SEEK. *Science Environment for Ecological Knowledge*. Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://seek.ecoinformatics.org>
- [134] SPIRE Research Group. *Applying semantic web technologies in research ecoinformatics* Recuperado el 15 de Julio de 2011, de <http://spire.umbc.edu/methodology/>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 14

- [135] Rösndorf, C. (2003a). German experience with PAI: E-On Bayern AG example. Recuperado el 17 de mayo de 2011, de http://www.ordnancesurvey.co.uk/pai/pdfs/German_experience_E-on_Bayern.pdf
- [136] Rösndorf, C. (2003b). *German experience with PAI: DEW example*. Recuperado el 17 de mayo de 2011, de http://www.ordnancesurvey.co.uk/pai/pdfs/german_experience_DEW.pdf
- [137] Scheu, M., Stöbel, W., Bray, C. y Rösndorf, C. (2005). *Workshop Report The EuroSDR workshop Achieving Geometric Interoperability of Spatial Data*, 8-9 June 2005, Munich. Recuperado el 17 de mayo de 2011, de http://www.eurosd.net/km_pub/no49/html/PAI2/report.htm

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 15

- [138] RESOLUCIÓN de 24 de noviembre de 2008, por la que se aprueba el régimen de funcionamiento de la Oficina Virtual del Catastro y de los Puntos de Información Catastral. BOE (núm. 295). Recuperado el 26 de Mayo de 2011, de http://www.catastro.meh.es/pdf/res_241108.pdf
- [139] CVE. Preguntas frecuentes del BOE. Recuperado el 10 de Junio de 2011, de http://www.boe.es/diario_boe/preguntas_frecuentes/cve.php

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 16

- [140] OpenStreetMap. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.openstreetmap.org/>
- [141] Wiki. Haiti earthquake damage map.png. Recuperado el 6 de junio de 2011, de http://wiki.openstreetmap.org/wiki/File:Haiti_earthquake_damage_map.png
- [142] Sahana Software Foundation. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://sahanafoundation.org>
- [143] Ushahidi. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.ushahidi.com>
- [144] Google Earth. Aplicación Google Earth. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.google.es/intl/es/earth/index.html>
- [145] Google Maps. Servicio en línea Google Maps. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://maps.google.com.ar/>
- [146] O'Reilly, T. (2005). What Is Web 2.0: Design patterns and business models for the next generation of software. O'Reilly Group. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.oreilly.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>

- [147] Cobo Romani, C. 2007 Taller de herramientas digitales colaborativas para ambientes de aprendizaje y gestión del conocimiento. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://200.76.166.16/~cristobal/recursos/taller.doc>
- [148] OpenLayers. Free Maps for the Web. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://openlayers.org/>
- [149] Tagzania. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.tagzania.com>
- [150] Panoramio. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.panoramio.com>
- [151] Wikimapia. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://wikimapia.org>
- [152] Flickr. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.flickr.com>
- [153] Turner, A. (2007). Neogeography – Towards a definition. Blog de Andrew Turner. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://highearthorbit.com/neogeography-towards-a-definition>
- [154] Grassroots Mapping. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://grassrootsmapping.org/>
- [155] Chile Earthquake and Tsunami Affected Countries. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://chile.ushahidi.com/main>
- [156] New poster of Grassroots Mapping Kit. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://grassrootsmapping.org/2010/03/new-poster-of-grassroots-mapping-kit/>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 17

- [157] ISO. (*International Standard Organization*). Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.iso.org/>
- [158] ISO/TC 211. *Normas*. Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=54904
- [159] ISO/TC 211. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.isotc211.org/>
- [160] OGC. (*Open Geospatial Consortium*). Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/>
- [161] Acuerdo OGC-ISO/TC 211. Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://www.isotc211.org/Agreements/Agreement_OGC.pdf
- [162] Guerrero, I. (2007). *IDE y Tecnología del Open Geospatial Consortium* (OGC). Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://www.idee.es/resources/presentaciones/JIDEE07/POWER-POINT_JIDEE2007/PowerPoint12.pdf
- [163] Argerich, A., Barrera, M., Chayle, C. y Montivero, M. (2010). *Fundamentos de normalización y calidad de información geográfica*. Recuperado el 15 de junio de 2011 de <https://www.ign.gob.ar/descargas/CursoIso/MODULO1-BLOQUE1.pdf>
- [164] Instituto Panamericano de Geografía e Historia. (IPGH). Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.ipgh.org>
- [165] Groupe de travail sur l'interopérabilité. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://aful.org/gdt/interop>
- [166] Assche, F. (2006). *An Interoperability Framework. (Learning Interoperability Framework for Europe)*. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.intermedia.uio.no/display/life/1+An+Interoperability+Framework>

- [167] METAMODEL. Web de análisis y desarrollo de software. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://metamodel.wordpress.com/2011/03/04/concepto-de-interoperabilidad/>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 18

- [168] IDEMEX, Infraestructura de Datos Espaciales de México. (2009). Modelo de la IDEMEX, Recuperado el 18 de julio de 2011, de <http://www.inegi.gob.mx/geo/contenidos/espanol/IDEMex.pdf?s=geo&c=1352>
- [169] OGC. Modelo de Referencia OGC. (2011). Recuperado el 18 de julio de 2011, de http://external.opengis.org/twiki_public/pub/ILAFpublic/QueEsOpenGeospatial/Modelo_de_Referencia_OGC ORM_Version_2%281%29_Espanol.pdf
- [170] Bell, D. (2003). UML basics: An introduction to the Unified Modeling Language. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/769.html>
- [171] ISO 19107:2003. Geographic information - Spatial schema. Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=26012

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 19

- [172] Comité ISO/TC 211 Grupo Consultivo de Desarrollo. (2010). *Guía de Normas*. (Edición en Español). Recuperado el 18 de mayo de 2011 de, http://www.isotc211.org/Outreach/ISO_TC_211_Standards_Guide_Spanish.pdf
- [173] ISO: Technical Committees. Recuperado el 21 de Mayo de 2011 de, http://www.iso.org/iso/standards_development/technical_committees.htm

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 20

Capítulo sin Referencias web.

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 21

- [174] OGC. *About OGC*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/ogc>
- [175] OGC. Glossary of Terms. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/ogc/glossary>
- [176] OAI. Protocol for Metadata Harvesting. Version 2. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://www.openarchives.org/OAI/openarchivesprotocol.html>
- [177] OGC. Web Map Service. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>
- [178] ESRI. What is ArcObjects? ArcObjects: Foundation of ArcGIS. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de http://resources.esri.com/help/9.3/arcgisdesktop/com/shared/ao_foundation/what_is_ao.htm
- [179] GeoTools. About GeoTools. *OSGeo Project*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://www.geotools.org/about.html>
- [180] OSOR. *Sextante Description*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://forge.osor.eu/projects/sextante>

- [181] GRASS. *GRASS GIS*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://grass.fbk.eu>
- [182] OGC. *GeoSPARQL - A geographic query language for RDF data*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://www.w3.org/2011/02/GeoSPARQL.pdf>
- [183] OGC. *Geography Markup Language*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>
- [184] OGC. *KML*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/kml/>
- [185] ISO 19136:2007. *Geographic information - Geography Markup Language (GML)*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=32554
- [186] ESRI. *Introduction to ArcXML*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://edndoc.esri.com/arcims/9.0/elements/introduction.htm>
- [187] W3C. *HTML 4.01 Specification. W3C Recommendation*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://jamb.austms.org.au/courses/CSC2406/semester3/resources/html/html40.pdf>
- [188] McIntosh, J. Ray, E. (2002). *An XML Recap. Perl & XML*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de http://docstore.mik.ua/oreilly/xml/pxml/ch02_01.htm
- [189] OGC. *Geography Markup Language (GML) simple features profile*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=39853
- [190] OGC. *GML schema*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://schemas.opengis.net/gml/3.2.1/>
- [191] IDEE. *Descarga de Fenómenos*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://www.idee.es/DescargaFenomenos/index.jsp>
- [192] OGC. *All Registered Products*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/resource/products>
- [193] ESRI. *An overview of the Data Interoperability toolbox*. ArcGIS Resource Center. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/An_overview_of_the_Data_Interoperability_toolbox/00160000002000000
- [194] Google. *Google Acquires Keyhole Corp*. Google Press Center. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://www.google.com/press/pressrel/keyhole.html>
- [195] Google. *Referencia de KML*. Google code KML. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://code.google.com/intl/es/apis/kml/documentation/kmlreference.html>
- [196] OGC. *KML schema*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://schemas.opengis.net/kml/2.2.0/>
- [197] Google. *Referencia de KML*. *Google code KML*. Recuperado el 30 de mayo de 2011, de <http://code.google.com/intl/es/apis/kml/documentation/kmlreference.html>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 22

- [198] Definición de Geoportal. Recuperado el 3 de octubre de 2001, de <http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Geoportal>.
- [199] Geoportal europeo de la iniciativa INSPIRE. Recuperado el 3 de octubre de 2001, de <http://www.inspire-geoportal.eu/>
- [200] Definición de cliente ligero en la Wikipedia. Recuperado el 3 de octubre de 2011, de http://es.wikipedia.org/wiki/Cliente_liviano

- [201] *Open Geospatial Consortium*. OGC. Recuperado el 30 de julio de 2011, de <http://www.open-geospatial.org>.
- [202] ISO.TC 211 - *Geographic information/Geomatics*. Recuperado el 30 de julio de 2011, de http://www.iso.org/iso/standards_development/technical_committees/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=54904.
- [203] OGC. OGC® *Standards and Specifications*. Recuperado el 1 de agosto, de <http://www.open-geospatial.org/standards>.
- [204] Wikimapia. Recuperado el 1 de agosto de 2011, de <http://wikimapia.org/>
- [205] CIA. *The World Factbook*. Recuperado el 1 de agosto de 2011, de <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>
- [206] *OpenStreetMap*. Recuperado el 1 de agosto de 2011, de <http://www.openstreetmap.org/>
- [207] CP-IDEA (2009). Resultados del cuestionario sobre el estado de las IDE nacionales. Recuperado el 1 de agosto de 2011, de <http://www.cp-idea.org/documentos/reunionNY/Analisis-Cuest28-AGO-09.ppt>
- [208] Directiva INSPIRE. Recuperado el 1 de agosto de 2011, de <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>
- [209] Capdevila, J. (2004). Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE). Definición y desarrollo actual en España. Scripta Nova, Vol. VIII, 170,61. Recuperado el 1 de agosto de 2011, de <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-170-61.htm>
- [210] Eurogeographics. *Products & Services*. Recuperado el 1 de agosto de 2011, de <http://www.eurogeographics.org/products-and-services>
- [211] Eurogeographics. *EuroGlobalMap*. Recuperado el 1 de agosto de 2011, de <http://www.eurogeographics.org/products-and-services/euroglobalmap>
- [212] CP-IDEA. Cuestionario sobre la Infraestructura de Datos Geoespaciales de los países miembros del CP-IDEA. Resumen de Recomendaciones Generales. Recuperado el 1 de agosto de 2011, de <http://www.cp-idea.org/documentos/reunionNY/Recomendaciones.ppt>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 23

Capítulo sin Referencias web.

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 24

- [213] FSF. *Free Software Foundation*. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://www.fsf.org/?set_language=es
- [214] Proyecto gvSIG. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.gvsig.org>
- [215] PostGIS. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://postgis.refractory.net/>
- [216] GeoServer. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>
- [217] Geonetwork. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://geonetwork-opensource.org/>
- [218] OSM. (*Open Street Map*). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.openstreetmap.org/>
- [219] MapServer. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://mapserver.org/>

- [220] FAO. (*Food and Agriculture Organization*). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://www.fao.org/index_es.htm
- [221] WFP. (*World Food Program*). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.wfp.org>
- [222] UNEP. (*United Nation Environment Program*). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.unep.org>
- [223] UN-OCHA. (*United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs*). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://geonetwork.unocha.org/geonetwork/srv/en/main.home>
- [224] OpenLayers. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de [http://openlayers.org/.](http://openlayers.org/)
- [225] GeoPortal Simón Bolívar. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.geoportalsb.gob.ve/>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 25

- [226] ANSI-TIA-EIA-942 (2005) Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers. Recuperado el 16 de septiembre de 2011, de <http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=TIA-942:2005>
- [227] ADC Telecommunications Inc. (2006) TIA-942 Data Center Standards Overview. Recuperado el 16 de septiembre de 2011, de <http://www.adc.com/Attachment/1270711929361/102264AE.pdf>
- [228] A JPD Soft. Recuperado el 16 de septiembre de 2011, de <http://www.ajpdsoft.com/modules.php?name=Encyclopedia&op=content&tid=782>
- [229] Kroll Ontrack Inc. Nuevas tecnologías en sistemas de almacenamiento. Recuperado el 16 de septiembre de 2011, de http://www.ontrackdatarecovery.es/sistalmacen_0904/
- [230] Storage Networking Industry Association (SNIA). Store Area Network Essentials. Recuperado el 16 de septiembre de 2011, de http://www.snia.org/education/storage_networking_primer/san/what_san
- [231] Fernández Landa, J. (2002) Integración de información corporativa. Redes de almacenamiento. *Boletín RedIRIS* 58-59. Recuperado el 16 de septiembre de 2011, de <http://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/58-59/ponencia9.html>
- [232] Novoa Correa, M. A. (coord.) Linux. Redes de área local: aplicaciones y servicios. Instituto de Tecnologías Educativas. Ministerio de Educación, España. Recuperado el 16 de septiembre de 2011, de http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/85/cd/REDES_LINUX/backup/Tipos_de_copia_de_seguridad.html
- [233] Soporte Remoto de México, S.A. de C.V. (2008) ¿Qué es ITIL? Ventajas y desventajas. Recuperado el 16 de septiembre de 2011, de http://www.soportere moto.com.mx/help_desk/articulo04.html
- [234] Capacidad de OI: Proceso de administración basado en ITIL/COBIT: del nivel básico al estandarizado. Recuperado el 16 de septiembre de 2011, de <http://technet.microsoft.com/es es/library/bb821261.aspx>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 26

- [235] Forrest, B. (2010). *Technology saves lives in Haiti*. Recuperado el 15 de octubre de 2011, de <http://www.forbes.com/2010/02/01/text-messages-maps-technology-breakthroughs-haiti.html>
- [236] *The GeoNames geographical database*. Recuperado el 15 de octubre de 2011, de <http://www.geonames.org/>
- [237] Perfil de Gazetteer del servicio WFS de OGC. Recuperado el 7 de octubre de 2011, en <http://www.opengeospatial.org/search/node/gazetteer>

- [238] Arramagong GISVM bajo click2try. Recuperado el 15 de octubre de 2011, de <http://www.click2try.com/catalog/Web-Development/Geospatial/Arramagong-GISVM/details>
- [239] *OpenGeo Community Suite*. Recuperado el 15 de octubre de 2011, de <http://opengeo.org/technology/suite>
- [240] Almacén de datos PostGIS. Recuperado el 15 de octubre de 2011, de <http://postgis.refrations.net>
- [241] Una aplicación JAVA para gestionar el caché de imágenes. Recuperado el 15 de octubre de 2011, de <http://geowebcache.org>
- [242] *MapBender*. Guía de inicio rápido. Recuperado el 15 de octubre de 2011, de http://creativa-consultores.com/libro_ide/es/mapbender_quickstart.html
- [243] i3geo. Portal del *software* público brasileño. Recuperado el 15 de octubre de 2011, de <http://www.softwarepublico.gov.br/>
- [244] Casos de éxito de *MapBender*. Recuperado el 15 de octubre de 2011, de http://www.mapbender.org/Mapbender_Gallery
- [245] Manual I3Geo (en portugués). Recuperado el 15 de octubre de 2011, de http://mapas.funai.gov.br/dados/manuais/Manual_GEOPORTAL_I3GEO.pdf
- [246] Interfaz I3Geo OpenLayers. Recuperado el 15 de octubre de 2011, de http://mapas.mma.gov.br/i3geo45/ms_criamapa.php

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 27

- [247] Stone, J. (1999). *Stocking Your GIS Data Library*. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.isrl.org/99-winter/article1.html>
- [248] INSPIRE (2005). *About INSPIRE*. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/48>
- [249] Beard, K. (1996). *A Structure for Organizing Metadata Collection*. Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling, Santa Fe, New Mexico: USA, 21-25. Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA_FE_CD-ROM/sf_papers/beard_kate/metadatapaper.html
- [250] ISO 19115: *Geographic Information – Metadata*, (2003). (140pp.). Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://metadatos.ign.es/metadatos/Como_se_crean/2-a-estandares-perfiles-y-recomendaciones/iso-19115
- [251] Proyecto GDAL (2011). *Listado de formatos vectoriales y de imágenes existentes*. Recuperado el 15 de junio de 2011, de http://www.gdal.org/formats_list.html y de http://www.gdal.org/ogr/ogr_formats.html
- [252] OGP-EPSSG (2011). *EPSSG Geodetic Parameter Dataset*. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.epsg.org/Geodetic.html>
- [253] Sitio del cliente de visualización OpenLayers. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.openlayers.org>
- [254] Cliente de visualización OpenGeo. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.opengeo.org>
- [255] MDWEB. Recuperado el 15 de junio de 2011, de <http://www.mdweb-project.org>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 28

- [256] ISO 19115:2003. *Geographic information - Metadata*. Recuperado el 13 de junio de 2011, de http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=26020
- [257] ISO 19142:2010. *Geographic information - Web Feature Service*. Recuperado el 13 de junio de 2011, de http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=42136
- [258] Instituto Geográfico Nacional (IGN). Recuperado el 13 de junio de 2011, de http://www.icde.es/CatalogoServicios/CatServ/directorio_servicios.html
- [259] Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Recuperado el 13 de junio de 2011, de http://www.icde.org.co/web/guest/mapas_geoservicios
- [260] Skylab Mobilesystems Ltd. Recuperado el 13 de junio de 2011, de http://www.skylab-mobilesystems.com/en/wms_serverlist.html
- [261] OGC. *OpenGIS web Feature Service (WFS) Implementation Specification*. Recuperado el 13 de junio de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>
- [262] W3C. HTML 4.01 *Specification*. Recuperado el 13 de junio de 2011, de <http://www.w3.org/TR/html401/>
- [263] MapServer. Recuperado el 13 de junio de 2011, de <http://mapserver.org/>
- [264] GeoServer. Recuperado el 13 de junio de 2011, de <http://geoserver.org>
- [265] Quantum GIS. Recuperado el 13 de junio de 2011, de <http://www.qgis.org/>
- [266] ISO 19123:2005. *Geographic information - Schema for coverage geometry and functions*. Recuperado el 13 de junio de 2011, de http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=40121
- [267] ISO 19136:2007. *Geographic information - Geography Markup Language (GML)*. Recuperado el 13 de junio de 2011, de http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=32554
- [268] OGC. *Web Coverage Service (WCS) Implementation Standard*. Recuperado el 13 de junio de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>
- [269] ISO 19119:2005. *Geographic information - Services*. Recuperado el 13 de junio de 2011, de http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39890

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 29

- [270] Guía Repsol. Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://www.guiarepsol.com/es_es/home/
- [271] GoogleMaps. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://maps.google.com>
- [272] OGC *aprueba el estándar Web Processing Service*. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/pressroom/pressreleases/843>
- [273] OGC. *Observations & Measurements (O&M)*. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/om>
- [274] OGC. *Sensor Model Language (SensorML)*. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/sensorml>

- [275] OGC. Transducer Markup Language (TML). Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/tml>
- [276] OGC. *Sensor Observation Service (SOS)*. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/sos>
- [277] OGC. *Sensor Alert Service (SAS) best practice*. Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=15588
- [278] OGC. *Sensor Planning Service (SPS)*. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/sps>
- [279] OGC. *Web Notification Service (WNS) Interoperability Program Report*. Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=1367
- [280] OGC SWE WG. Sensor Web Enablement WG (Working Group). Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/projects/groups/sensorweb>
- [281] OGC. *Sensor Web Enablement (SWE)*. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/ogc/markets-technologies/swe>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 30

- [282] ESMF (*Earth Science Modeling Framework*). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.earthsystemmodeling.org>
- [283] *Kepler Scientific Workflow System*. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <https://kepler-project.org>
- [284] ESRI (2003). ArcGIS Desktop Products Data Sheet. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://www.itc.nrcs.usda.gov/toolkit/Downloads/FactSheet_ArcGIS_Desktop.pdf
- [285] ESRI (2006). *ArcGis Desktop Help 9.2 - An overview of ModelBuilder*. Recuperado el 15 de Junio de 2011 de http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=An_overview_of_ModelBuilder
- [286] ESRI (2008). *ArcGis Server Help 9.3- Key concepts for geoprocessing services*. Recuperado el 15 de Junio de 2011 de http://webhelp.esri.com/arcgisserver/9.3/Java/index.htm#geoprocessing/an_ove-2102662086.htm
- [287] Infrastructure for Spatial Information in Europe (2009). *Draft Technical Guidance for INSPIRE Coordinate Transformation Services*. (17 pp.). Recuperado el 15 de Junio de 2011, de [http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Network_Services/INSPIRE_Draft_Technical_Guidance_Coordinate_Transformation_\(Version_2.0\).pdf](http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Network_Services/INSPIRE_Draft_Technical_Guidance_Coordinate_Transformation_(Version_2.0).pdf)
- [288] Portal gvSIG. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.gvsig.org/web/>
- [289] uDig. *User-friendly Desktop Internet GIS*. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://udig.refractions.net/>
- [290] Degree. Free Software for Spatial Data Infrastructures. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.deegree.org>
- [291] Tigris. *Open Source Software Engineering Tools*. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://wpsint.tigris.org>

- [292] *Python Web Processing Server*. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://pywps.wald.in-vention.org>.
- [293] 52north. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://52north.org/wps>
- [294] Directorio de servicios IDEE. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://www.idee.es/CatalogoServicios/CatServ/indexWPS_new.html
- [295] CartoCiudad. Recuperado el 15 de Junio de 2011, en <http://www.cartociudad.es>
- [296] Servicios web de CartoCiudad v 2.0. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://www.cartociudad.es/portal/pdf/CARTOCIUDAD_ServiciosWeb.pdf
- [297] SITMUN. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://sitmun.diba.cat/sitmun/indice.htm>
- [298].IDEBarcelona. Recuperado el 15 de Junio de 2011, en <http://prd-lr.diba.cat/web/idebarcelona/geoserveis1>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 31

- [299] DIRECTIVA 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de marzo de 2007. Diario Oficial de la Unión Europea (L108/1). Recuperado el 6 de junio de 2011, de http://www.idee.es/resources/leyes/DIRECTIVA_2007_2_CE_ES.pdf
- [300] Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España. BOE (núm.163). Recuperado el 6 de junio de 2011, de http://www.idee.es/resources/leyes/20100706_LISIGE_es.pdf
- [301] ISO. 9241-11: 1988. *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)-Part 11: Guidance on usability*. Recuperado el 6 de junio de 2011, de http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=16883
- [302] Natural Resources Canada. Atlas de Canadá. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://atlas.gc.ca>
- [303] Geovista. Atlas de Pensilvania sobre Cáncer. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.geovista.psu.edu/grants/CDC/>
- [304] CHIS (*Cultural History Information System*). Sistema de información de la cultura del Himalaya. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://athene.geo.univie.ac.at/project/chis/>
- [305] CitSci. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.citsci.org>
- [306] ISO. 9241-210: 2010. *Ergonomics of human system interaction-Part 210: Human-centred design for interactive systems* (revises ISO 13407:1999). Recuperado el 6 de junio de 2011, de http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=52075
- [307] IkiMap. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.ikimap.com>
- [308] Tagzania. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.tagzania.com>
- [309] Wisconsin NatureMapping. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.wisnatmap.org/>
- [310] Open Street Map. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.openstreetmap.org/>
- [311] EarthTrek. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.goearthtrek.com/>
- [312] GEOSS *Common Infrastructure*. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.earthobservations.org>.

- [313] GCI Consolidated Requirements. Recuperado el 6 de junio de 2011, de http://www.earthobservations.org/documents/gci/gci_requirements_20090312.doc
- [314] Usability Engineering Methods (UEMs) for Software Developers. Blog del Dr. Andreas Holzinger. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://user.meduni-graz.at/andreas.holzinger/holzinger/usability.html>
- [315] Imagen estática del sitio de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, disponible en <http://redgeomatica.rediris.es/libroIDE/c24/CHG.jpg>. Recuperado el 6 de junio de 2001, de <http://idechg.chguadalquivir.es/>
- [316] MDweb. *A open source cataloging tool*. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.md-web-project.org/>
- [317] GOS *Geospatial One-Stop*. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://gos2.geodata.gov/>
- [318] IDENA (Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra). Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://idena.navarra.es/>
- [319] GeoNetwork. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://geonetwork-opensource.org/>
- [321] Geoportail. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.geoportail.fr/>
- [322] MapSerpha. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.mapsherpa.com/>
- [323] IDE de Andalucía. Geoportal. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.ideandalucia.es/>
- [324] GeoNode. Recuperado el 6 de junio de 2011, de <http://www.geonode.org/>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 32

- [325] Mapas de La Red de la Ciencia en Cuba. Recuperado el 4 de noviembre de 2011, de <http://mapas.redciencia.cu/>
- [326] Red de la Ciencia en Cuba. Recuperado el 4 de noviembre de 2011, de <http://www.redciencia.cu/>
- [327] UN-SPIDER. Plataforma de las Naciones Unidas para la información basada en el eEspacio para la gestión de desastres y la respuesta de emergencias. Recuperado el 4 de noviembre de 2011, de <http://www.un-spider.org/>
- [328] GALEON IE (*Geo-interface to Atmosphere, Land, Earth, Ocean, NetCDF Interoperability Experiment*). Recuperado el 4 de noviembre de 2011, de <http://www.ogcnetwork.net/galeon>
- [329] ORCHESTRA (*Open Architecture and Spatial Data Infrastructure for Risk Management Project*). Recuperado el 4 de noviembre de 2011, de <http://www.eu-orchestra.org>
- [330] GITEWS (*German Indonesian Tsunami Early Warning System*). Recuperado el 4 de noviembre de 2011, de <http://www.gitews.de/>
- [331] SIAPAD (Sistema de Prevención Andino para la Prevención y Atención de Desastres). Recuperado el 4 de noviembre de 2011, de <http://www.comunidadandina.org/predecan/noticia53.html>
- [332] IDECAN IDE de la Comunidad Andina de Naciones. Recuperado el 4 de noviembre de 2011, de <http://geoservice.igac.gov.co/geoportalidecan/>
- [333] SERVIR (Sistema Regional de Visualización y Monitoreo de Mesoamérica). Recuperado el 4 de noviembre de 2011, de <http://www.servir.net/>

- [334] CATHALAC (Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe). Recuperado el 4 de noviembre de 2011, de <http://www.cathalac.org/>
- [335] *Open architecture and spatial data infrastructure for risk management*. Recuperado el 26 de octubre de 2011, de http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ_RCN=6903297
- [336] Moreno, A. (2004). Nuevas tecnologías de la información y revalorización del conocimiento geográfico. *Scripta Nova Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona*. Vol. VIII, 170 (62), Recuperado el 4 de noviembre de 2011, de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/dcart?info=link&codigo=935314&orden=20984>
- [337] WebCastle. *Web based Case study locator*. Recuperado el 4 de noviembre de 2011, de <http://gis.vsb.cz/webcastle/>
- [338] GINIE *Case study initiative*. Recuperado el 4 de noviembre de 2011, de <http://www.ec-gis.org/ginie/casestudies.html>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 33

- [339] AIS The Netherlands. *Netherlands Aeronautical Information Publication – AIP Netherlands*. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.ais-netherlands.nl>
- [340] División de Información Aeronáutica (AIS-España). (2010). Publicación de Información Aeronáutica (AIP). *Prólogo (GEN 0.1-1; 2010)*. Dirección de Navegación Aérea. Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea, España. (1 pp.). <http://www.aena.es>
- [341] Digital Notam Project. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de http://www.eurocontrol.int/aim/public/standard_page/xnotam.html
- [342] AIS-AIM Study Group Website. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www2.icao.int/en/ais-aimsg>
- [343] Núcleo Español de Metadatos (NEM) v.1.1. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.idee.es/resources/recomendacionesCSG/NEM.pdf>
- [344] EUROCONTROL/FAA (2010): *Aeronautical Information Exchange*. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.aixm.aero>
- [345] OGC. *OpenGIS Catalogue Service Implementation Specification*. Recuperado el 15 de Junio de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/cat>
- [346] AeroGeoservices. Portal del Convenio Aena-UPM. Recuperado el 17 de junio de 2011, de <http://www.aena-upm.es>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 34

- [347] Directiva INSPIRE. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.idee.es/resources/leyes/INSPIRE.pdf>
- [348] GINIE. *Geographic Information Network in Europe*. (2001-2004). Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.ec-gis.org/ginie/>
- [349] University of Sheffield – USFD, EUROGI, JRC, OGC, GINIE. (2004). *Red Europea de Información Geográfica. Informe directivo Consolidación de potencialidades de la IG en el periodo de*

- ampliación de la UE: Recomendaciones para entrar en acción* D 3.8.2. pp. 7-8. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de http://www.ec-gis.org/ginie/doc/GINIE_D382A_CB_FV2_ES.pdf
- [350] University of Sheffield – USFD, EUROGI, JRC, OGC, GINIE. (2004). *Red Europea de Información Geográfica: Hacia una estrategia europea en IG: Lecciones aprendidas de GINIE*. pp. 4. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de http://www.ec-gis.org/ginie/doc/D2111A_LL_ES_SPAIN.pdf
- [351] UNESCO News. (2003). *Towards Knowledge Societies*. World of Science 1(4). Recuperado el 3 de mayo de 2011, de http://portal.unesco.org/ci/en/ev.php-URL_ID=11958&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
- [352] LEY 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España. BOE (núm. 163). (2010). Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.boe.es/boe/dias/2010/07/06/pdfs/BOE-A-2010-10707.pdf>
- [353] Comissão Nacional de Cartografia. CONCAR. Ministério do Planeamento, Orçamento e Gestão. (2010). *Plano de Ação para implantação da INDE: Infraestrutura nacional de dados espaciais*, pp.121. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.concar.ibge.gov.br/arquivo/PlanoDeAcaoINDE.pdf>
- [354] GSDI (Global Spatial Data Infrastructure). Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.gsdi.org/>
- [355] GSDI. Projects & Programs. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.gsdi.org/proj%20progr>
- [356] GSDI. SDI Instructional Videos. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.gsdi.org/SDIvideos>
- [357] GSDI. Discussion List. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.gsdi.org/discussionlists>
- [358] OGC (Open Geospatial Consortium). Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/>
- [359] OGC Best Practices. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/standards/bp>
- [360] Materiales de OGC (con acceso restringido a afiliados). Recuperado el 3 de mayo de 2011, de http://portal.opengeospatial.org/?m=projects&a=view&project_id=124
- [361] Dirección de correo de la lista de [distribución. media@lists.opengeospatial.org](mailto:distribucion.media@lists.opengeospatial.org)
- [362] OGCNetwork. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.ogcnetwork.net/learn>
- [363] OGCI Interoperability Institute. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.ogcii.org>
- [364] OGC *Standards Working Groups*. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.opengeospatial.org/projects/groups/univwg>
- [365] IPGH (Instituto Panamericano de Geografía e Historia). Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.ipgh.org/Quienes-Somos/Default.htm>
- [366] IPGH. (2011). Decálogo para la implementación de la agenda Panamericana del IPGH 2010-2020. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.ipgh.org/Asamblea-General/19-AG/Files/Resolucion-04%2819-AG%29.pdf>
- [367] IPGH. (2009). *Agenda Panamericana del IPGH 2010-2020*. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.ipgh.org/Asamblea-General/19-AG/Files/Resolucion-04%2819-AG%29.pdf>

- [368] Red Iberoamericana de Infraestructuras de Información Geográfica. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.ipgh.org/Noticias-2009/Red-Iberoamericana.htm>
- [369] CP-IDEA (Comité Permanente para la Infraestructura de Datos Geoespaciales de las Américas). Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.cp-idea.org/>
- [370] CP-IDEA. *Definición de plan de trabajo 2010 – 2013*. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de http://www.cpidea.org/documentos/programaTrabajo/Plan_Trabajo_22_12_2010_espanhol.pdf
- [371] Instituto Geográfico Nacional de España- Universidad Politécnica de Madrid. (Curso 2010-2011). *Curso e-learning de Introducción a las IDE*. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://ign.go-learning.net/>
- [372] Universidad Politécnica de Madrid. (Curso 2009-2010). *Curso teórico-práctico: Despliegue de Servicios OGC para una IDE con Tecnologías Open Source*. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://mapas.topografia.upm.es/geoserviciosOGC/Curso-OGC.htm>
- [373] LatinGeo. IGN-UPM-AECID: Curso de especialización Infraestructura de Datos Espaciales y su puesta en marcha con herramientas Open Source. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://edugeo.geoide.upm.es>
- [374] GTIDEE (Grupo de Trabajo de la IDE de España). *El grupo de trabajo*. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de http://www.idee.es/show.do?to=pideep_grupo.ES
- [375] GTIDEE (Grupo de Trabajo de la IDE de España). *Subgrupo de trabajo Observatorio IDEE (SGT6)*. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de http://www.idee.es/show.do?to=pideep_subgrupo_trabajo.ES
- [376] Instituto Geográfico Nacional de España. Cartografía Didáctica: Curso y recursos IDE para el profesorado de la ESO. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.ign.es/ign/layout/cartografiaEnsenanza.do>
- [377] Curso teórico-práctico: Despliegue de servicios OGC para una IDE con tecnologías *Open Source*. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://mapas.topografia.upm.es/geoserviciosOGC/Curso-OGC.htm>
- [378] Contenidos teóricos del curso e-learning del IGN de España. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.ign.es/ign/layoutIn/acercaTemarios.do>
- [379] Recursos IDE-IG. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.latingeo.es/Difusion/Paginas/Recursos.aspx>
- [380] Recursos IDEE. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de http://www.idee.es/show.do?to=pideep_Recursos.ES
- [381] OSGeo. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://wiki.osgeo.org/wiki/Category:Cursos>
- [382] Canadian Geospatial Data Infrastructure. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de http://www.geoconnections.org/publications/training_manual/e/07/07_00/07_00_00.htm
- [383] SDI Spatial Data Infrastructures. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.geo-informatie.nl/courses/grs21306/>; <http://www.geo-informatie.nl/courses/grs21306/Spanish/index.html>
- [384] Curso de la *Pennsylvania State University*. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <https://courseware.e-education.psu.edu/courses/geog585/content/home.html>
- [385] Materiales específicos del *Federal Geographic Data Committee* de la IDE nacional de EE.UU. (NSDI). Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.fgdc.gov/training/training-materials>

- [386] INSPIRE & NSDI SoP. D4.1. (2010). *Summary report regarding the results of the European Assessment of 34 NSDI*. pp. 32. Recuperado el 3 de mayo de 2011, de <http://www.geoinformatie.nl/courses/grs21306/course/2011/INSPIRE%20%20NSDI%20SoP%20-%20Summary%20Report%202010%20-%20v4.4.doc>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 35

- [387] Guimet, J. y Colomer, J. L. (2009). *Evaluación de IDE's: significado, metodología, utilidad y experiencias en Calaluña*. Presentación al GTIDEE, Murcia. Recuperado el 24 de agosto de 2011, de http://www.idee.es/resources/presentaciones/GTIDEE_Murcia_2009/ARTICULOS_JIDEE2009/Articulo-27.pdf
- [388] Infraestructura de Dades Espacials de Catalunya (IDEC). Indicadores de evolución de la IDEC. Recuperado el 15 de agosto de 2011, de <http://www.geoportal-idec.cat/geoportal/cas/que-es/evolucion/>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 36

- [389] INU. Recuperado el 17 de mayo 2011, de http://www2.unpan.org/egovkb/global_reports/10report.htm
- [390] Directiva INSPIRE. Recuperado el 17 de mayo 2011, de http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/es/oj/2007/l_108/l_10820070425es00010014.pdf
- [391] Proyecto IDEDES. Recuperado el 17 de mayo 2011, de <http://redgeomatica.rediris.es/ide-des/>
- [392] Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico. (CIGE). Recuperado el 17 de mayo 2011, de <http://www.clad.org/documentos/declaraciones/cartagobelec.pdf/view>
- [393] Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información (AGESIC). Gobierno en Red: La Sociedad Conectada. Recuperado el 17 de mayo 2011, de http://www.agesic.gub.uy/innovaportal/v/1019/1/agesic/gobierno_en_red:_la_sociedad_conectada.html
- [394] Declaración de Santo Domingo. Recuperado el 17 de mayo 2011, de http://www.iin.oea.org/2006/Res_36_AG_OAS/AGDEC_46.htm
- [395] XVII Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno. Recuperado el 17 de mayo 2011, de <http://www.oei.es/xviicumbre.htm>
- [396] Planes eLAC2007-eLAC2010. Recuperado el 17 de mayo 2011, de <http://www.eclac.org/socinfo/elac/>
- [397] Plan eLAC2015. Recuperado el 17 de mayo 2011, de <http://www.eclac.org/elac2015/documentos/>
- [398] Red de Gobierno Electrónico de América Latina y el Caribe (GEALC). Recuperado el 17 de mayo 2011, de <http://www.redgealc.net/>
- [399] Índice de Gobierno Electrónico. Recuperado el 17 de mayo 2011, de <http://www2.unpan.org/egovkb/datacenter/CountryView.aspx>
- [400] Red Internacional de Formación de Gobierno Electrónico (RIGFE). Recuperado el 17 de mayo 2011, de <http://www.oui-iohe.org/webcolam/rifge/inicio>
- [401] Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información (AGESIC). Recuperado el 17 de mayo 2011, de <http://www.agesic.gub.uy>

- [402] XX Cumbre Iberoamericana. Recuperado el 17 de mayo 2011, de <http://segib.org/cumbres>
- [403] Declaración aprobada en el V Foro Ministerial Unión Europea – América Latina y el Caribe, La Granja, España, 2010. Recuperado el 17 de mayo 2011, de http://www.eclac.org/cgi_bin/getProd.asp?xml=/socinfo/agenda/4/38304/P38304.xml&xsl=/socinfo/tpl/p3f.xsl&base=/socinfo/tpl/top-bottom.xsl

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 37

Capítulo sin Referencias web.

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 38

- [404] Agenda 21: UN Department of Economic and Social Affairs. Division for Sustainable Development. Recuperado el 2 de julio de 2011. http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/
- [405] CONCAR *Comissão Nacional de Cartografia – Brasil. Plano de Ação para Implantação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais*. (205 pp.). Recuperado el 17 de mayo de 2011 de <http://www.concar.gov.br/arquivo/PlanoDeAcaoINDE.pdf>
- [406] IDE-LAC. Boletín informativo para Latinoamérica y el Caribe (2009), 9, 9, pp. 6. Recuperado el 17 de mayo de 2011 de http://portal.gsdi.org/files/?artifact_id=511
- [407] CP-IDEA *Comité Permanente para la Infraestructura de Datos Geoespaciales de las Américas: Objetivos*. Recuperado el 17 de mayo de 2011 de http://www.cp-idea.org/paginas/obj_esp.html
- [408] GINIE *Geographic Information Network In Europe*. Infra-estructuras de Datos Espaciais: Recomendações de actuação. Recuperado el 17 de mayo de 2011 de http://www.ec-gis.org/ginie/doc/PG_SDI_pt.pdf
- [409] ONU. *United Nations Initiative on Global Geospatial Information Management*. Recuperado el 17 de mayo de 2011 de <http://ggim.un.org>

REFERENCIAS WEB DEL CAPÍTULO 39

- [410] Sitio web de Gartner Inc. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.gartner.com>
- [411] Wikipedia. Wikipedia Enciclopedia Digital. (2009). Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://es.wikipedia.org/wiki/Web_2.0 y de http://es.wikipedia.org/wiki/Web_3.0
- [412] Microsoft. Windows Azure Platform. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.microsoft.com/windowsazure>
- [413] Metsch, T. (2009). Open Cloud Computing Interface: An Overview. Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://snia.org/sites/default/files/occi_overview.pdf
- [414] Open Cloud Manifiesto. (2009). (7pp.). Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.opencloudmanifesto.org/Open%20Cloud%20Manifiesto.pdf>
- [415] Amazon. (2010). Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2). Amazon Web Services. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://aws.amazon.com/ec2/>
- [416] Zeiss, G. (2010). Between the poles: all about Infrastructures. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://geospatial.blogs.com/geospatial/2010/06/inspire-conference-2010-geospatial-cloud-computing-and-social-networking.html>

- [417] Asúnsolo, A. (2009). Qué son y cómo funcionan las Redes Sociales I: Introducción. Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://www.microsoft.com/business/smb/es-es/rrpp/redes_sociales_intro.mspx
- [418] Freire, M. (2008). Redes Sociales. Definición. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://michfer.wordpress.com/2008/08/07/redes-sociales-definicion/>
- [419] Pérez, M. Qué son las redes sociales: Concepto y definición de redes sociales. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.innatia.com/s/c-coaching/a-que-son-redes-sociales.html>
- [420] Wikilibros. (2009). Análisis de Redes Sociales/Conceptos Fundamentales. Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://es.wikibooks.org/wiki/Análisis_de_Red_Sociales/Conceptos_Fundamentales
- [421] Van Der Henst, C. (2005). ¿Qué es la Web 2.0?. Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.maestrosdelweb.com/editorial/web2/>
- [422] Bizer, C., Heath, T. y Berners-Lee, T. (2009). Special Issue on Linked Data. *International Journal on Semantic Web and Information Systems(IJSWIS)*, Heath, T., Hepp, M., and Bizer, C. (eds.). Recuperado el 29 de Julio de 2011, de <http://linkeddata.org/docs/ijswis-special-issue>
- [423] ONGEI. (2010). Infraestructura de Datos Espaciales del Perú. Recuperado el 15 de julio de 2011, de http://www.ongei.gob.pe/eventos/Programas_docu/37/Programa_243.pdf

FINIS CORONAT OPUS



Este libro no hubiera sido posible sin la existencia del generoso Convenio Marco de Colaboración entre el Instituto Geográfico Nacional de España y la Universidad Politécnica de Madrid, que fomentó la creación de una Red de Colaboratorios (Red LatinGEO) para potenciar la investigación en geomática y compartir la información entre universidades y geoinstituciones a ambas orillas del Atlántico.

Desde esta última página se agradece a D. Alberto Sereno Álvarez, ex-Director General del IGN de España y actual Secretario General del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y a D. Sebastián Mas Mayoral, Director del Centro Nacional de Información Geográfica por el empuje que han sabido transmitir a cuantos hemos colaborado con ellos.

Los Autores

Julio de 2012





UPM-Press es la Editorial Digital de la Universidad Politécnica de Madrid, nacida para dar cobertura editorial a docentes e investigadores al amparo de la excelencia académica, para la transmisión del conocimiento científico y el fortalecimiento de la labor educativa. UPM-Press está adaptada a las necesidades y tendencias editoriales actuales: impresión bajo demanda, distribución a través de la Librería Virtual UPM-Press y libros en formato ebook. Todas las obras editadas por UPM-Press cuentan con la garantía, revisión científica y reconocimiento de la UPM y del Consejo Editorial de UPM-Press, compuesto por profesionales y especialistas de la UPM de reconocido prestigio.



Este libro ha sido posible gracias a un convenio de colaboración entre el Instituto Geográfico Nacional de España y la Universidad Politécnica de Madrid. Al amparo de ese Convenio y junto a otras Universidades de Latinoamérica, se creó el Colaboratorio "Red LatinGEO", con vocación de ser una Red científica de colaboración en geomática entre Universidades y Geo-Instituciones de ambos lados del Atlántico.



<http://www.latingeo.net>

Fundamentos de las INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES (IDE)

Miguel A.I. Bernabé-Poveda y Carlos M. López-Vázquez

Las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) son, en esencia, un conjunto de herramientas técnicas, de acuerdos políticos y de estándares que permiten al usuario acceder a través de la web a la información geográfica proporcionada por organismos, instituciones y empresas implicadas.

Su instalación es voluntaria en América Latina, con el auspicio del Instituto Panamericano de Geografía e Historia y del Comité Permanente de las IDE de las Américas. En Europa es obligatoria, tras la publicación de la Directiva INSPIRE, lo que ha planteado un desafío en la formación de personal especializado en ambas márgenes del Atlántico.

La puesta en marcha y mantenimiento de estos sistemas, exige que haya personal técnico preparado en múltiples aspectos no adecuadamente cubiertos por ninguna titulación tradicional.

No hay textos que traten el tema de las IDE de manera global, exponiendo las circunstancias tecnológicas, políticas y normativas que las rodean. Por esta razón y tras la impartición en la UPM de seis cursos de 150 h (AECID + IGN de España), dirigidos a técnicos superiores iberoamericanos y de quedar evidenciada la necesidad de un texto que considere en forma ordenada los fundamentos detrás de las IDE, se ha procedido a su redacción.

El Libro tiene la vocación de constituirse en un texto de referencia para la docencia universitaria en Iberoamérica y España, y para ello cuenta entre sus autores a representantes de la mayoría de los países de la región.



POLITÉCNICA

UPM Press



ISBN 978-84-939196-6-5



9 785493 919665