

Las Infraestructuras de Información Geográfica Científica: conceptualización y análisis de casos existentes

Guasp Giner, Llorenç

llorenc.guasp@gmail.com

Resumen

Las Infraestructuras de Información Geográfica Científica (IIGC) sirven a la comunidad científica y/o educativa cómo herramienta para compartir y distribuir datos, información y conocimiento relacionado con el espacio, tanto fuera como dentro de la misma comunidad. Éste artículo trata de conceptualizar las IIGCs, detallando cómo deberían configurarse sus componentes para solucionar las debilidades de la actividad científica. Además se identifican casos existentes de IIGCs que ya sirven éstos propósitos pero que no necesariamente siguen un patrón o concepto reconocido por la comunidad científica.

Este artículo es parte de un trabajo de tesina del *Master of Science in Geographical Information Management and Applications* (MSc GIMA) de las universidades holandesas de Delft, Utrecht, Wageningen y Enschede (ITC).

Palabras clave: Infraestructura de Información Geográfica, ciencia, e-infraestructura, conocimiento, comunidad científica, investigación

1. Introducción

La gestión de la información y el conocimiento es una actividad básica para la buena práctica y desarrollo de la ciencia [1]. El avance de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha significado un impacto muy importante para incrementar la eficiencia y efectividad de la actividad

científica [2,3]. Con especial énfasis en el desarrollo de internet, el conocimiento científico se ha podido distribuir ampliamente para el beneficio de organizaciones e individuales de toda la sociedad, al encontrar aplicación en multitud de casos, en que resulta una pieza clave en la toma de decisiones [1]. Uno de los ejemplos más evidentes ha sido la construcción de multitud de entornos distribuidos o e-infraestructuras que han consolidado la llamada *e-research* como una actividad cada vez más común dentro del sector de la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i).

En lo que concierne a la información y conocimiento científico vinculado al espacio, existen diferentes plataformas que sirven este propósito; des de los simples servicios repositorios de datos distribuidos, a las complejas grids geo-espaciales [4]. Entre estos extremos encontramos las Infraestructuras de Información Geográfica (IIG), que potencialmente son capaces de dar un buen servicio a las tareas de la comunidad científica y educativa; y al mismo tiempo su uso es suficientemente ameno para la mayor parte de sus posibles usuarios [5].

2. El factor espacial en el conocimiento científico y su transferencia

Entre las posibles aplicaciones y usos de las IIG, la ciencia es un campo potencial que sólo está empezando a explotarse. Mientras la mayoría de Infraestructuras de Información se centran en encontrar respuesta al “*qué*”, “*porqué*”, “*quien*” *cómo*” o “*cuando*” de cierto comportamiento o suceso (Cribb and Sari, 2010 [1]), no se pone suficiente énfasis sobre el “*dónde*” [6, 7].

Está ampliamente reconocido que más del 80% del conocimiento científico tiene algún tipo de correlación con el espacio geográfico [4,8]. De éste modo, cualquier disciplina relacionada con el espacio se puede estudiar desde el punto de vista de las Ciencias de la Información Geográfica mediante el enfoque de estudio del pensamiento [9] o razonamiento espacial [10]. Por lo tanto, vincular un estudio al espacio permite dar un valor añadido a la información, cuando esta se enmarca en un contexto geográfico. A partir de aquí la información puede relacionarse con otras variables para analizarse y representarse. Éste conjunto de actividades permite enriquecer el contenido y complejidad del estudio [11, 7].

Las ciencias de la Tierra suelen ser las encargadas de trabajar con el espacio geográfico, que se conforma como la base de cualquier estudio. Aún así, éste enfoque se puede aplicar a muchos otros campos de estudio para mejorar la calidad de los resultados. De esta manera, se puede propiciar la colaboración interdisciplinar significando un segundo valor añadido para incrementar la complejidad de diferentes estudios, que se complementan entre sí por estar localizados en un mismo contexto geográfico [7].

La mejor herramienta para llevar a cabo este tipo de estudio son los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y parte de los sistemas CAD que trabajan con información georeferenciada. Ambos, pero sobretodo los SIG, sirven como herramienta práctica para encontrar y analizar las correlaciones entre elementos situados en el espacio [7], mediante su simplificación a través de modelos y simulaciones [12]. De alguna manera, esa es la misma óptica del método científico, que crea hipótesis y trata de demostrarlas mediante el testeo [13].

En consecuencia, si los SIG son las mejores herramientas para poner en práctica el razonamiento espacial, las IIG deberían ser la plataforma para transferir los resultados de la ciencia a toda la sociedad. Sin embargo, las IIG regionales o nacionales sólo sirven información descriptiva de referencia, que no siempre sirve las necesidades de la comunidad científica interesada en datos que en general tienen un carácter más específico.

3. Conceptualización de las Infraestructuras de Información Geográfica Científica (IIGC)

Las IIG dedicadas al soporte de la actividad científica no son un concepto realmente nuevo. Ya en 1998 Al Gore, entonces vice-presidente de EEUU, presentó la visión de Digital Earth: un modelo tridimensional de la Tierra que fuera capaz de representar información geográfica de carácter físico y humano para mejorar la comprensión de los procesos globales, tanto naturales como sociales. Esos contenidos podrían usarse para diferentes propósitos como la investigación científica, la educación o la toma de decisiones [14, 5]). Posteriormente otras iniciativas como Google Earth (2004) o Virtual Earth (2005) hicieron posible esa idea [14]. De aquí en adelante, otras muchas iniciativas han tomado un camino semejante al intentar aglutinar y gestionar el conocimiento científico relacionado con el espacio para apoyar la actividad científica y hacer eco de su producción a través de la transferencia de nuevos conocimientos. La heterogeneidad de esas infraestructuras dificulta el establecimiento de una única definición del concepto de IIG científica.

Aún así, existe cierto acuerdo entre autores que han estudiado éste mismo tema. Yang, et al. [15] y Sieber et al. [16], califican las IIG dedicadas a la ciencia como ciber-infraestructuras geo-espaciales. Por otro lado, Shekhar y Xiong [4] o Poore [17] las definen como ciber-infraestructuras para la integración de datos espaciales, asociándolos a sistemas de alto rendimiento como las grids geoespaciales. Otros como Granell et al. [18] relacionan la ciencia con el concepto de IIG. Yang et al. [15] definen las IIGC como *“la combinación de recursos tecnológicos para apoyar la adquisición, gestión y utilización de datos, información y conocimiento en múltiples dominios de la ciencia”* [15, p. 265]. Además añaden que las IIGC son el medio de comunicación que permite la transformación de la actividad científica en y entre dominios de la investigación, la educación y el desarrollo [15].

En realidad no existe gran diferencia entre ésta definición y la definición genérica de IIG [19, 20, 21, 22]). Básicamente la diferencia principal es que en la definición de las IIGC se enfatiza el componente tecnológico, mientras que las IIG genéricas dan más importancia a los componentes más sociales [16] y a la armonización entre ellos. A continuación se ofrece una definición adaptada a los criterios de esta investigación:

Una Infraestructura de Información Geográfica Científica (IIGC) se define cómo la combinación de componentes sociales y tecnológicos que apoyan la adquisición, uso y gestión de datos espaciales, información geográfica y conocimiento relacionado con el espacio en un entorno multidisciplinar en el que colaboran diferentes actores interesados.

4. Adaptación de componentes de la IIGC

Al igual que las IIG que sirven otras finalidades, las IIGC se definen mediante la configuración de sus componentes [21.22], que deberían variar según las necesidades y objetivos de cada organización, aunque pueden seguir pautas semejantes. Diferentes autores y expertos en ciencias de la información geográfica están de acuerdo en que las IIG se componen de 5 componentes: los contenidos en IG (1), los actores interesados (2), la tecnología (3), los estándares (4) y las políticas de accesibilidad (5) [19, 20, 22]). Las siguientes secciones analizan estos componentes explicando cómo podrían adaptarse para suplir las necesidades de la actividad científica.

4.1. Datos, IG y conocimiento relacionado con el espacio

Una de las principales diferencias entre las IIG genéricas y las que se dedican a la ciencia es la información que sirven. Mientras que las IIG de de administraciones sólo se centran en distribuir IG descriptiva de la región que gestionan [23], las IIGC distribuyen IG mucho más específica proveniente de procesos y resultados de investigaciones científicas.

El hecho de servir conocimiento implica ofrecer no sólo capas de IG, sino también metodología y contenidos extras, que puedan servir como base para explicar el razonamiento de los resultados servidos [11]). En efecto, la IIGC debería ser capaz de distribuir todo tipo de conocimiento explícito, que es aquel que puede materializarse físicamente [24].

El enriquecimiento de los contenidos de la IIGC también debería concretar una nomenclatura más adaptada (*Figura 1*). Mientras que el término Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) sirve sólo “datos”, el concepto de Infraestructura de Información Geográfica (IIG) es más apto por servir datos con significado [12]. El siguiente escalón es el “conocimiento”; aunque las IIGC traten de distribuir “conocimiento” esto no implica que necesariamente se genere nuevo conocimiento [25]. Por

esa razón se califican como Infraestructuras de Información y no de Conocimiento.

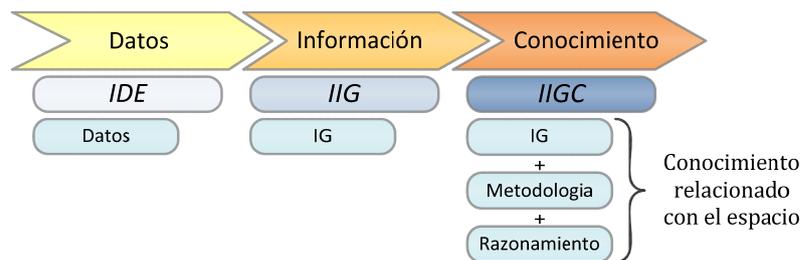


Figura 1. Construcción de contenidos de la IIGC

Para poder suplir sus propósitos una IIGC debería servir dos tipos de contenidos (Figura 2): por un lado IG como input de nuevas investigaciones o procesos de aprendizaje (a), que se podría derivar de otras IIG regionales o nacionales, y otras organizaciones productoras de IG. Por otro lado debería transferir los frutos de la investigación científica (b). Para poder ofrecer el máximo aprovechamiento de la producción científica sería interesante que no sólo se sirvieran los resultados de investigaciones, sino también los datos de entrada (x), tanto espaciales como no espaciales; la metodología y el razonamiento usados (y), a través de modelos de análisis espacial; y los resultados (z), mediante IG, informes, publicaciones, u otros medios no necesariamente geográficos que den consistencia a los resultados de la investigación en cuestión [11].

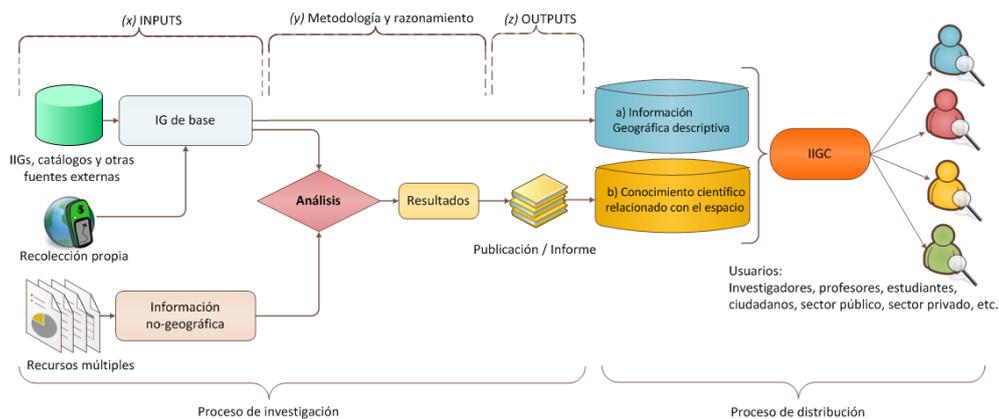


Figura 2. Proceso de enriquecimiento para la construcción y distribución del conocimiento relacionado con el espacio en una IIGC

Probablemente el factor más innovador de las IIGCs es la inclusión de herramientas de análisis espacial [25, 27, 28, 29]). Eso implica que los

usuarios de la IIGC pueden usar herramientas de geoproceso provenientes de otras investigaciones sin tener que volver replantear un modelo ya existente desde el principio [18, 29].

Los servicios de geoproceso [30, 31] permiten operar con IG mediante geoservicios en un entorno distribuido [28]. Además cómo normalmente las operaciones efectuadas no se reducen a simples procesos, son necesarios modelos compuestos por múltiples geoprocetos [28]. Los parámetros de estos modelos pueden personalizarse para adaptarse a la necesidad de cada usuario [11].

Para la buena gestión de todos estos tipos de contenidos es necesario mantener un sistema de catalogación. La OGC [30] y INSPIRE [32], en el marco europeo, establecen la aplicación de la ISO 19115:2003 cómo estándar de metadatos de IG. Esto no resulta un problema para datos geográficos, aunque no resulta tan claro para herramientas de geoproceto. Aún así, INSPIRE [32] dispone de algunos recursos para afrontar éste problema. Los metadatos de una IIG científica deberían estar en varios idiomas, con preferencia sobre el inglés, ya que es la lengua universal de la ciencia [33].

4.2. Actores

Los actores de las IIGC representan los emisores y receptores de información [23]. Esto se traduce en proveedores, usuarios, desarrolladores y cualquier otro individuo u organización con interés dentro de la IIG [21].

Mientras que en IIG regionales o nacionales cualquier ciudadano es un actor potencial [23], las IIGC se dirigen a un público más concreto que se limita a la comunidad científica y educativa; aunque también puede extenderse a otros sectores para el aprovechamiento de sus contenidos [34], cómo por ejemplo: entidades gubernamentales, empresas privadas o cualquier ciudadano interesado en éste tipo de contenidos.

El campo de la investigación puede que sea el más singular, y al que las IIGC deberían adaptarse. Hoy en día, la comunidad científica funciona a través de continuas colaboraciones entre grupos u organizaciones para mejorar su productividad [35, 7]). El trabajo conjunto entre personas de diferentes ramas de la ciencia permite esclarecer dudas e incógnitas desde diferentes puntos de vista. La IIGC podría constituir un nodo dónde diferentes comunidades virtuales de investigación pudieran relacionarse e intercambiar contenidos para trabajar conjuntamente. La Figura 2 sirve como ejemplo de cómo diferentes comunidades podrían utilizar la IIGC cómo fuente de recursos externos comunes y recursos propios. De ésta manera cuanta más colaboración hay, más grande es el repositorio de

información disponible. Esto es positivo ya que además de hacer más efectivo el sistema, también implica una reducción en los costes de distribución y mantenimiento de la IG [22].

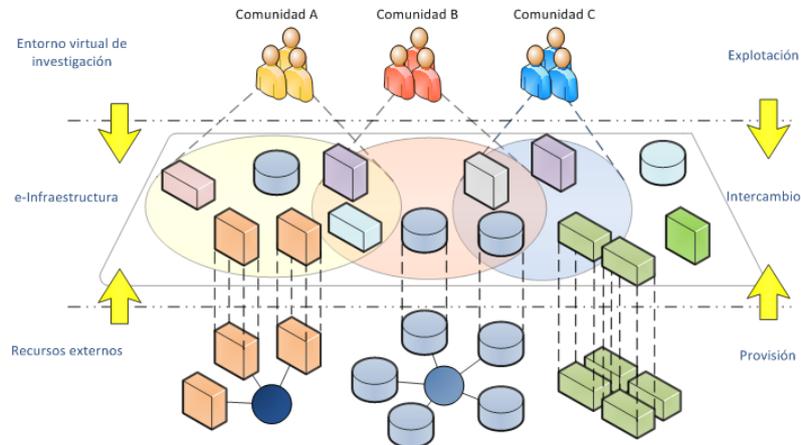


Figura 2. Estructura de los entornos virtuales de investigación a través de e-Infraestructuras. Fuente: Candela y Pagano, 2010, p. 228 [36]

Un factor importante a tener en cuenta al desarrollar una infraestructura de éste tipo es el nivel de habilidad de sus usuarios a la hora de utilizar sus herramientas y contenidos. Es por eso que se recomienda tener una noción muy clara de su conocimiento en SIG y TIC, para establecer un marco de lo que debería o no incluirse.

4.3. Tecnologías

El componente tecnológico de las IIG se compone de diferentes recursos de software, middleware y hardware que se interrelacionan para poder servir IG [5]. Generalmente requieren un conjunto de elementos para poder llevar a cabo diferentes tareas de almacenamiento, búsqueda, gestión, visualización, manipulación y adquisición [37]. A continuación se describe la adaptación de los elementos tecnológicos básicos [38] para responder a su caracterización científica:

- **Repositorio de IG:** debería estar estructurado según el tipo de información (espacial y no espacial) y por el origen de la información (descriptiva o de investigación). Ésta debería incluir archivos para la descarga y geoservicios de diferentes tipologías.
- **Catálogo de metadatos:** debería ser transparente para que cualquier usuario pudiera consultar los metadatos de la IIGC libremente [11]. El acceso a los contenidos debería ser abierto o limitado según las

exigencias de cada proveedor. La posibilidad de incluir servicios CSW de otros catálogos podría ser una opción muy útil para ensanchar la capacidad de búsqueda del sistema.

- Aplicaciones web: sirven mayoritariamente para visualizar IG [5]. En el caso de las IIGC presentan una interface mucho más clara para realizar operaciones de geoprocso sin necesidad mostrar las operaciones realizadas por la herramienta en cuestión. En cualquier caso, las aplicaciones son el escenario perfecto para mostrar resultados de proyectos de investigación [40].
- Geoportal: debería ofrecer una interface clara y simple, permitiendo un acceso fácil i rápido a todos los contenidos. En cualquier caso, el hecho de ser una infraestructura científica no necesariamente implica grandes diferencias con otras IIG genéricas.

4.4. Estándares

Las IIGC deben ser lo más interoperables posible para poder ser usadas por un público amplio y permitir que se realicen el máximo de operaciones y funcionalidades. Por eso, la implantación de estándares es un requisito indispensable [37]. Es preferible utilizar los mismos estándares que las IIG regionales, obedeciendo a las normas establecidas por la OGC o INSPIRE para que garantizan su máxima compatibilidad con todo tipo de sistemas. Los estándares se aplican a tres elementos básicos:

- Formatos de datos: las IIGC deberían ofrecer un sistema de descarga de datos en los formatos más comúnmente usados por la comunidad de usuarios tanto en formato ráster cómo vectorial. En éste caso esos formatos no tendrían porque ceñirse a las pautas de la OGC o similares.
- Metadatos: Como ya se ha citado, sería conveniente hacer uso del modelo estándar propuesto por la OGC [30] y INSPIRE [32]: la especificación ISO19115:2003.
- Geoservicios: Las IIGC deberían garantizar el uso de servicios estándar abiertos. Los servicios OGC son los más usados y los más convenientes para garantizar una interoperabilidad máxima. Adicionalmente otros servicios también podrían servirse.

En cualquier caso es importante tener en cuenta el software que se usa para acceder a esos geoservicios. La *Tabla 1* identifica la compatibilidad de geoservicios con programas GIS o CAD. Los recuadros en verde simbolizan compatibilidad. Queda claro entonces que los servicios más compatibles son los WMS de visualización, en segundo término los WFS y WCS que permiten la edición y descarga, y en tercer lugar los servicios de geoprocso WPS, que en muchos casos requieren un plug-in para

funcionar correctamente. Los geoservicios no estándar tienen una compatibilidad mucho más baja.

	Servicios OGC					Comerciales / otros		
	WMS	WFS	WCS	WPS	KML	ECWP (Erdas)	ArcIMS (Esri)	GeoRSS
ArcGIS				A partir de v.10.1				
ERDAS Imagine								
GRASS GIS				+plug-in (PyWPS)				
Quantum GIS				+plug-in (PyWPS)				
uDig				+plug-in (52°North)				
Google Earth								
GvSIG								
Geomedia								
Miramón								
Open Jump GIS								
MapWindow GIS				+plug-in				
AutoCAD								
Microstation								

Tabla 1. Compatibilidad de geo-servicios con software SIG y CAD. Fuente: Esri, [69]; ERDAS, [41]; IDESF, [42]; PyWPS, [43]; uDig, [44], CREA [45] y OGC, [30]

En la actualidad se están desarrollando otros tipos de servicios que aún están en una fase muy primitiva y experimental, pero que sin duda servirán muy bien a los propósitos de la IIGC. Estos son los Servicios geoproceso de rásteres: WCPS¹, los GPW² para la construcción de modelos complejos y los SOS³ que permiten ofrecer datos en tiempo real para su uso inmediato. Todos ellos son OGC [30].

En cualquier caso, es importante considerar para qué finalidad se utiliza cada tipo de servicio. En el caso de datos para descarga, es recomendable que se sirvan directamente en archivos descargables si son datos estáticos que no cambian con el tiempo, y a través de servicios WFS/WCS si se trata de datos dinámicos que cambian constantemente [46, 47]. De esta manera se optimizan los recursos usados y se facilita su accesibilidad.

4.5. Políticas de accesibilidad

Compartir información y conocimiento, y regular quien lo usa y para qué finalidad [1] es un tema especialmente crítico dentro del sector del I+D+i. Especialmente en el campo de la ciencia, hay especial preocupación por conservar los derechos de propiedad intelectual, restringiendo el acceso y uso

¹ Servicio WCPS (OGC): Web Coverage Processing Service

² Servicio GPW (OGC): Geo-Processing Workflow

³ Servicio SOS (OGC): Sensor Observation Service

del conocimiento científico [48]. Éste proteccionismo se debe a la competitividad entre comunidades de investigación. Por eso, las políticas de accesibilidad se encargan de crear documentación legal que protege y restringe el acceso a los datos según las demandas de cada proveedor [48].

Las IIGC tienen que cumplir con las leyes y políticas de accesibilidad que se establecen a diferentes niveles y que afectan a la infraestructura en cuestión, evitando posibles incoherencias o contradicciones [49, 21]:

En primer lugar deben cumplir con las leyes y políticas establecidas por gobiernos u organismos internacionales. En el caso de España, una IIGC debería obedecer las Ley de Ciencia y Tecnología [50], la Ley de Información y Servicios Geográficos [51] y la ley de la Comisión Europea en I+D+i [52].

En segundo lugar, la IIGC en cuestión debe establecer un marco de políticas en base a sus objetivos como infraestructura. A ser posible, deberían garantizar una máxima apertura de contenidos para poder abarcar la máxima actividad posible [70]. Especialmente en el caso de las instituciones públicas o sin ánimo de lucro, como las universidades u otros centros de investigación relacionados.

En tercer lugar, los proveedores deben definir el nivel de protección y accesibilidad de sus publicaciones. Esta decisión recae directamente sobre cada individuo, aunque sin duda, las leyes de cada centro de investigación en lo que hace referencia a la compartición de datos, tiene gran influencia.

La competitividad y miedo al plagio de ideas son un riesgo importante para el éxito de las IIGC. El problema es que no hay constancia de ninguna ley a nivel nacional o internacional forzando al sector de la investigación a publicar sus resultados en materia de IG. Este factor externo condiciona fuertemente que los proveedores publiquen sus publicaciones de forma masiva y abierta para que se puedan aprovechar para otros fines.

5. Las IIGC en la actualidad: casos existentes

Aunque el concepto de IIGC no sea aún una realidad muy reconocida, si que existen bastantes iniciativas en los campos de la investigación, la educación y la toma de decisiones, que han iniciado IIGC propias para gestionar y distribuir su información y conocimiento geográfico [28]. En cada caso, la complejidad del sistema varía según las necesidades de los usuarios, y la capacidad de los desarrolladores en la construcción de la infraestructura. A continuación se presentan ejemplos de diferentes IIGC que están en funcionamiento o desarrollo en la actualidad.

5.1. Iniciativas universitarias

Varias universidades de todo el mundo han encontrado en las IIG un medio para distribuir la producción en IG que generan. Las siguientes son un ejemplo significativo de esa realidad:

- Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, con la IDE-ULPGC [54]
- Universidad de las Islas Baleares, con la IDECi-UIB [55]
- Diversas universidades de Cataluña, Italia (Milan y Emilia-Romagna) y Grecia (Islas del Egeo), con la IDEUnivers [56]
- Universidad de Harvard (EEUU), con World Map [57]
- Universidad de Jena (Alemania) con el Siberian Earth System Science Cluster (SIB-ESS-C) [58]

Todas estas IIGC se destinan mayoritariamente a la misma comunidad universitaria. Su acceso es parcialmente abierto en algunas, cómo la IDE-ULPGC [59], IDEUnivers [60], la IDECi-UIB [11]), o la SIB-ESS-C [61]; o totalmente accesible, cómo en el caso de WorldMap [62].

Sus funcionalidades ofrecen visualizadores de mapas en todos ellos y en algunos casos aplicaciones de geoprocso, como por ejemplo en la SIB-ESS-C [61]; o de edición de capas, cómo WorldMap [62].

Los servicios que se ofrecen son mayoritariamente de visualización (WMS), aunque también se distribuyen servicios de descarga (WFS y WCS) y en algunos casos cómo la SIB-ESS-C, servicios de geoprocso WPS.

5.2. Iniciativas de centros de investigación

A parte de las universidades otros centros de investigación públicos y privados también hacen uso de las IIGC. En éste caso, la diferencia es que suelen ser enfocarse únicamente a la institución en sí, restringiendo el acceso a externos. En segundo lugar se centran en líneas de investigación bastante cerradas. Estos son algunos ejemplos significativos:

- IMEDEA⁴ (Islas Baleares, España) con el CEDAI [63], especializado en investigación litoral y oceanográfica
- CSIC⁵ (Madrid, España) con el Proyecto Casa Montero [64], especializado en investigación arqueológica
- IEO⁶ (España) con el IDEO [65] especializado en investigación oceanográfica
- IHPT⁷ (Portugal) con IDAMAR, especializado en investigación oceanográfica

⁴ IMEDEA: Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados

⁵ CSIC: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

⁶ IEO: Instituto Español de Oceanografía

- EvK2-CNR (Italia) con SHARE Geonetwork [66], especializado en investigación de áreas de alta montaña.

En general sus funcionalidades son similares a las de las IIGC universitarias aunque en general no son tan fáciles de utilizar y tienen una connotación más técnica. Todas ellas permiten publicar proyectos de investigación que pueden incluir IG y contenidos no espaciales. La mayoría son operativas, aunque algunas como la IDAMAR [67] aún están en proceso de desarrollo.

5.3. Iniciativas gubernamentales

Aunque no sea demasiado común, algunos gobiernos también se encargan de distribuir ciencia para promocionar el sector del I+D+i y la educación. Es el caso de Geoscience Australia [68], que sirve IG descriptiva, resultados de investigaciones científicas y documentación extra a la sociedad en un entorno bastante abierto. Aún así existe restricción de acceso para investigadores y miembros del gobierno.

6. Conclusiones

En un futuro no muy lejano las IIGC podrían consolidarse como un modelo de distribución de todo el conocimiento científico relacionado con el espacio. Para que eso sea posible primero debe haber un interés generalizado por parte de los diferentes actores de la sociedad que pueden sacar provecho de una iniciativa de estas características.

En segundo lugar es importante que los elementos técnicos de las IIG evolucionen para ser usables y accesibles a un público más amplio. Especialmente en el caso de las herramientas de geoproceso, es necesario un desarrollo importante para que sean realmente prácticas para todo el mundo. Sólo así se podrá alcanzar el máximo potencial de las IIGC.

También es importante hacer hincapié en las políticas de datos. Hasta que no se entienda de forma generalizada que abrir los contenidos de la ciencia es el camino a la expansión y a su aplicación en la sociedad, la IIGC no prosperará suficientemente. Es evidente que es necesaria la creación de una ley que induzca a los investigadores a publicar libremente sus resultados para propiciar esta tendencia.

Finalmente es básico que todos los componentes ligen al máximo, sobretodo cubriendo el vacío que se genera entre los factores técnicos y los que tienen una vertiente más social. Por lo tanto el diseño de una nueva IIGC debe ir

⁷ IHPT: Instituto Hidrográfico de Portugal

precedido por un estudio que profundice en desvelar esas dos realidades que muy frecuentemente están bastante distanciadas.

7. Referencias bibliográficas

- [1] Cribb, J., y Sari, T., 2010, *Open Science; sharing knowledge in the global century*. Ediciones CSIRO, 230 páginas. Australia.
- [2] Abresch, J., Hanson, A. y Reehling, P., 2008, *Integrating GIS into library services. A guide for academic libraries*. Editorial Information Science. 319 páginas. Estados Unidos.
- [3] Wallace, D., 2007, *Knowledge Management, Historical and Cross-Disciplinary themes*. Libraries unlimited. Knowledge Management series. 245 páginas. Reino Unido.
- [4] Shekhar, S. y Xiong, H. (Eds.), 2008, *Encyclopedia of GIS*. ISBS:978-0-387-35975 (Adobe eReader Format).
- [5] Fu, P. y Sun, J., 2010, *Web GIS, Principles and applications*. Esri Press. 280 páginas. Ediciones Redlands, Estados Unidos.
- [6] Jennex, M., 2008, *Knowledge Management; Concepts, methodologies, tools and applications*. Information Science Reference, 3509 páginas. Estados Unidos.
- [7] National Research Council (NRC), 2006, *Learning to think spatially*. National Academies Press. 313 páginas. Estados Unidos.
- [8] Pick, J., 2005, *Geographic Information Systems in Business*. IDEA Group Publishing. University of Redlands. 415 páginas. Estados Unidos.
- [9] Rangel y Garcia, 2000, *Desarrollo del pensamiento espacial a través del área del lenguaje: Una experiencia pedagógica*. Geoenseñanza, vol. 5, nº 001, Universidad de Los Andes, pp. 11-36. Venezuela.
- [10] Morales, A., 2010, *Razonamiento Espacial con Relaciones Cardinales Basado en Problemas de satisfacción de Restricciones y Lógicas Modales*. Tesis doctoral. Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones. Universidad de Murcia. 223 páginas. España.
- [11] Guasp, L., Ruiz, M. And Stuiver, J., 2011, *Building the IDECi-UIB: The Scientific Spatial Data Infrastructure for the Balearic Islands University*. Balearic Islands University. 14th AGILE Conference. Spain.
- [12] Heywood, I., Cornelius, S. y Carver, S., 2006, *An introduction to Geographical Information Systems*. Tercera edición. Prentice Hall, Pearson Education. 426 páginas. Reino Unido.

- [13] Cambridge Dictionaries Online. United Kingdom.
Online el 15/11/2011 en: <http://dictionary.cambridge.org/>
- [14] Craglia, M., Goodchild, M., Annoni, A., Camara, G., Gould, M., Kuhn, W., Mark, D., Masser, I. Maguire, D., Liang, S. y Parsons, E., 2008, *Next-Generation Digital Earth*. Editorial de la International Journal of Spatial Data Infrastructures Research (JSDIR). Volumen 3, pp. 146-167.
- [15] Yang, C., Raskin, R., Goodchild, M. y Gahegan, M., 2010, *Geospatial Cyber-infrastructure: past present and future*. En Environment and Urban Systems 34, pp 264-277. Estados Unidos.
- [16] Sieber, R., Welle, C. y Jin, Y., 2011, *Spatial Cyber-Infrastructures, ontologies and humanities*. PNAS. Volumen 108, nº 14, pp 5504-5509. Canadá.
- [17] Poore, B., 2011, *Users as essential contributors to spatial cyber-infrastructures*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS). Vol. 108, nº 27, pp. 5510-5515. Estados Unidos.
- [18] Granell C., Díaz, L., Esbrí, M. Gould, M. y Lladós, A., 2006, Contribuciones de una IDE a la e-Ciencia: Proyecto AWARE. Jornadas Ibericas en Infraestructuras de Datos Espaciales (JIIDE), España.
- [19] Grus, L., Castelein, W., Cromptvoets, 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, nº 35, pp 217-229. Holanda.
- [20] Cromptvoets, J., Rajabifard, A., van Loenen, B. y Delgado, T., 2008, A multiview framework to assess Spatial Data Infrastructures. Universidades de Melbourne y Wageningen, 403 páginas. Australia.
- [21] van Loenen, B., 2006, *Developing geographic information ingrastructures. The role of information policies*. DUP Science. OTB Research Insititute for Housing, Urban and Mobility Studies. Universidad Tecnológica de Delft. 390 páginas. Holanda.
- [22] Williamson, I., Rajabifard, A. y Feeney, M., 2003, *Developing Spatial Data Infrastructures: From concept to reality*. Ediciones Taylor & Francis. Reino Unido.
- [23] Brox, C., Bishr, Y., Senkler, K., Zens, K. y Kuhn, W., 2002, *Toward a geospatial data infrastructure for Northrhine-Westphalia*. En Computers, Environment and Urban Systems, nº 26, pp. 19-37.

Alemania.

- [24] Anklam, P., 2002, Knowledge Management: the collaboration thread. Bulletin of the American Society for Information Science and Technology, volume 28, nº6, 7 páginas. Estados Unidos.
- [25] Chen, N., Di, L., Yu, G. y Min, M., 2009, A flexible geospatial sensor observation service for diverse sensor data based on Web service. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 64, pp 234-242. Estados Unidos
- [26] Bose, R. y Frew, J., 2008, Lineage Retrieval for Scientific Data Processing: a survey. ACM Computing Surveys. Volumen 37, nº1, pp. 1-28. Estados Unidos
- [27] Baranski, B., 2006, Grid Computing enabled Web Processing Service. Institute of Geoinformatics, Universidad de Munster, 12 paginas, Alemania.
- [28] Giuliani, G., Ray, N. y Lehmann A. 2011, *Grid-enabled Spatial Data Infrastructure for environmental sciences: Challenges and opportunities*. In Future Generation Computer Systems 27, pages 292-303. Switzerland.
- [29] Roberts, J., Best, B., Dunn, D., Treml, E. y Halpin, P. 2010, *Marine Geospatial Ecology Tools: An integrated framework for ecological geoprocessing with ArcGIS, Python, R, MATLAB, and C++*. In Environmental Modelling & Software 25, pages 1197-1207. Australia and United States.
- [30] Open Geospatial Consortium (OGC).
Online on 30/06/2012 in: <http://www.opengeospatial.org/>
- [31] Schut, 2007, OpenGIS Web Processing Service v.1.0.0. OGC
- [32] INSPIRE. Infrastructure for Spatial Information in Europe
Online on 12/07/2012 in: <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>
- [33] Drubin, D., y Kellogg, D., 2012, English as the universal language of science: opportunities and challenges. MBoc Editorial. Volumen 23, pagina 1399.
- [34] Yawson, D., Armah, F., Okae-Anti, D., Essandoh, P. y Afrifa, E., 2011, Enhancing Spatial Data Accessibility in Ghana: Prioritization of Influencing Factors Using AHP. International Journal of Spatial Data Infrastructures Research (IJS DIR), Vol.6. Ghana.
- [35] Bowker, G., 2002, The new knowledge economy and science and

technology policy. Department of Communication. University of San Diego. Estados Unidos.

- [36] Candela, L. y Pagano, P., 2010, The D4Science approach toward Grid Resource sharing: The species occurrence Maps Generation case. In Lin, C. And Yen, E. (eds.), 2010, Data Driven e-Science. Use Cases and Successful Applications of Distributed Computing Infrastructures (ISGC 2010). Springer Science, pp. 225- 238.
- [37] Mansoursian, A., Valadan Zoje, M. J., Mohammadzadeh, A., y Farnaghi, M., 2008, Design and implementation of an on-demand feature extraction web service to facilitate development of spatial data infrastructures. Published by Computers, Environment and Urban Systems, 32, pages 377-385. Elsevier. Iran
- [38] Grill, S., y Schneider, M., 2009, Geonetwork open source as an application for SDI and education. GIS Ostrava 25-28, 1, República Checa.
- [40] Tintoré, J. y Ruiz, M. (Dir.) 2007, "*Sistema de Información Geográfica para la gestión integrada de la zona costera*"(SIGIZC) Informe técnico. IMEDEA. CSIC-UIB. 51 páginas. España.
- [41] ERDAS, Intergraph. Disponible en: <http://geospatial.intergraph.com/> (Online, 05/08/2012)
- [42] IDESF, IIG de Santa Fe, Estados Unidos. Disponible en: <http://www.idesf.santafe.gov.ar/idesf/> (Online, 06/08/2012)
- [43] PyWPS Project. Disponible en: <http://pywps.wald.intevation.org/> (Online, 06/08/2012)
- [44] uDig. Disponible en <http://udig.refrains.net/> (Online, 06/08/2012)
- [45] CREAM, Centro de Investigación Ecológica y aplicaciones Forestales. Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). España. Disponible en: <http://www.cream.uab.es> (Online, 06/08/2012)
- [46] USGIN US Geoscience Information Network Commons. Disponible en: <http://lab.usgin.org/> (Online, 07/08/2012)
- [47] Guaita, F., 2012, Comunicación privada. Consell Insular de Mallorca. España
- [48] Cho, G., 2005, Geographic Information Science. Mastering the Legal Issues. Library of Congress Cataloging in Publication Data. Wiley and Sons. ISBN 0-470-85010-8. 440 pages. Australia.

- [49] Janssen, K., 2008, A legal approach to assessing SDI. En Cromptvoets et al., 2008, A multiview framework to assess SDIs. Cap. 13, pp. 255-272. Holanda
- [50] Boletín Oficial del Estado (BOE), 2011, *Ley 14/2011 de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*. State headquarters. 2 de Junio de 2011, n. 131, Sección 1, pp 54.387 – 54.455. España.
- [51] Boletín Oficial del Estado (BOE), 2010, *Ley 14/2010 Sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica de España (LISIGE)*. State Headquarters, 6/06/2010, No. 163, pp.5962-59652. España
- [52] Union Europea (EU), 2006, Regulation No 1906/2006 for the Seventh Framework Programme in dissemination of research results (2007-2013). Official Journal of the European Union. 18 de diciembre de 2006, L 391, pp.1-18.
- [53] Courant, P., O'Donnell, J., Okerson, A. y Taylor, C., 2010, *Improving Access to Research*. Science Magazine, Vol. 327, 22 January, p. 393. Estados Unidos.
- [54] IDE-ULPGC. Spatial Data Infrastructure for the University of Las Palmas de Gran Canaria. Online on 22/11/2011 in: <http://ide-ulpgc.eu>
- [55] IDECi-UIB Geoportal. Balearic Islands University (UIB) Online on 05/07/2012 in: <http://ssigt.uib.cat/serveis/IDE/>
- [56] IDEUnivers. Online 06/04/2012: <http://www.geoportal-idec.cat/ideunivers/>
- [57] WorldMap. University of Harvard. United States. Online on 02/07/2012 in: <http://worldmap.harvard.edu/>
- [58] SIB-ESS-C. Siberian Earth Science System Cluster. Jena University Online on 30/06/2012 in: <http://www.sibessc.uni-jena.de/>
- [59] Schorn, J., & Mesa, E., 2011, *Geoportal IDE-ULPGC Manual de Usuario v.0.3*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 85 p. España.
- [60] Barea, M., Carrara, P., Guimet, J., Koukourouli, N., Pascual, V., Pepe, M., Redondo, M., Simos, D. & Vaitis, 2011, *The Development of a Trans-national Academic SDI: Experiences, Realizations and perspectives*. 24 pages. España.
- [61] Gerlach, R., Schmillius, C. y Hese, S., 2007, *SIB-ESS-C, a SDI to facilitate Earth System Science in Siberia*. Friedrich-Schiller University Jena, 5 pages. Alemania.

- [62] Guan, W., Bol, P., Lewis, B., Bertrand, M., Berman, M. y Blossom, J., 2012, WorldMap a geospatial framework for collaborative research. *Annals of GIS*, Vol. 18, nº2, pp 121-134. Estados Unidos
- [63] CEDAI Data Centre IMEDEA. CSIC-UIB. España.
Online 06/04/2012 in: <http://cedai.imedea.uib-csic.es/geonetwork/srv/e/s/main.home>
- [64] Casa Montero Project. CCHIS-CSIC. Online on 23/03/2012 in: <http://www.casamontero.org/>
- [65] IDEO. Oceanographic GII, National Oceanographic Institute, Spain
Online on 24/03/2012 in: <http://www.ieo.es/geoportal/index.html>
- [66] SHARE Geonetwork. EvK2-CNR.
Online on 30/04/2012 in: <http://geonetwork.evk2cnr.org/>
- [67] Bessa, M., 2008, Marine SDI multiple exploitation: public, private and military applications. *Esri Publications*, 11 paginas.
- [68] Geoscience Australia Online el 30/04/2012 en: <http://www.ga.gov.au/>
- [69] Esri. Disponible en <http://www.esri.com/> (Online, 04/06/2012)
- [70] Courant, P., O'Donnell, J., Okerson, A. And Taylor, C., 2010, *Improving Access to Research*. *Science Magazine*, Vol. 327, 22 January, p. 393. United States.