



Consejo Económico y Social

Distr. general
9 de marzo de 2012
Español
Original: inglés

Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo

15º período de sesiones

Ginebra, 21 a 25 de mayo de 2012

Tema 3 b) del programa provisional

Libre acceso, bibliotecas científicas virtuales, análisis geoespaciales, otras tecnologías complementarias de la información y las comunicaciones y recursos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas para abordar cuestiones de desarrollo, prestando especial atención a la educación

Informe del Secretario General

Resumen

En el presente informe se ofrece un panorama general de la forma en que el libre acceso, las bibliotecas científicas virtuales y los sistemas de información geográfica pueden aprovecharse para hacer frente a los desafíos del desarrollo, especialmente en la esfera de la educación. El informe contiene recomendaciones para su examen por los gobiernos nacionales y la comunidad internacional, con miras a alentar y seguir expandiendo el desarrollo y la adopción de esos recursos de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

Índice

| | <i>Párrafos</i> | <i>Página</i> |
|--|-----------------|---------------|
| Introducción | 1–3 | 3 |
| I. Vincular la educación, el desarrollo y las TIC | 4–11 | 3 |
| A. Educación y desarrollo | 4–6 | 3 |
| B. La función de las TIC en la educación | 7–11 | 4 |
| II. Compartir el conocimiento: acceso libre y bibliotecas científicas virtuales..... | 12–31 | 5 |
| A. El acceso libre | 13–21 | 5 |
| B. Las bibliotecas científicas virtuales | 22–27 | 8 |
| C. El acceso libre en un contexto más amplio..... | 28–31 | 10 |
| III. Utilización de los sistemas de información geográfica y el análisis geoespacial para potenciar la educación..... | 32–56 | 11 |
| A. Los sistemas de información geográfica y el análisis geoespacial | 34–40 | 11 |
| B. Utilización de los sistemas de información geográfica y el análisis geoespacial para potenciar la educación | 41–50 | 13 |
| C. Integración de los sistemas de información geográfica y del pensamiento espacial en la educación – Las políticas destinadas a superar las barreras deben tener en cuenta todas las dimensiones del uso de los sistemas de información geográfica | 51–56 | 17 |
| IV. Conclusiones y propuestas | 57 | 18 |
| A. Conclusiones | | 18 |
| B. Propuestas | | 18 |
| Bibliografía | | 20 |

Introducción

1. Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) están en constante desarrollo y modernización, pero los cambios que podrían suscitar, en particular en lo que respecta a la enseñanza de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, no se hacen efectivos en todas partes. En algunos países la "brecha digital" obstaculiza los esfuerzos de desarrollo, mientras que en otros, situados en regiones con mayor acceso a las TIC, no siempre se las utiliza eficazmente.

2. En su 14º período de sesiones, celebrado en mayo de 2011, la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo decidió que uno de los temas prioritarios de las reuniones que se celebrarían entre períodos de sesiones en 2011-2012 sería "Libre acceso, bibliotecas científicas virtuales, análisis geoespaciales, otras TIC complementarias y recursos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas para abordar cuestiones de desarrollo, prestando especial atención a la educación".

3. Para contribuir a una mejor comprensión de esos temas y prestar asistencia a la Comisión en las deliberaciones de su 15º período de sesiones, la secretaria de la Comisión organizó una reunión de expertos en Manila (Filipinas) del 13 al 15 de diciembre de 2011. El presente informe está basado en las conclusiones de esa reunión, informes nacionales de los países que integran la Comisión y otros documentos pertinentes.

I. Vincular la educación, el desarrollo y las TIC

A. Educación y desarrollo

4. Es de reconocimiento general que la educación, en todos sus niveles —desde la enseñanza primaria a la superior, trátase de educación formal o no forma— es un elemento esencial del desarrollo. La inversión en la educación beneficia a la persona, a la sociedad y al mundo en su conjunto. Para la sociedad los beneficios consisten, entre otras cosas, en un aumento de la competitividad económica, pues una mano de obra instruida y cualificada es esencial para competir en una economía basada en el conocimiento (Banco Mundial, 2011; IICD, 2007, págs. 16 a 18).

Enseñanza de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas

5. Por diversos motivos, es particularmente importante desarrollar la educación en el ámbito de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, pues la enseñanza de estas materias, además de constituir el fundamento de una educación sólida y elevar el nivel general de conocimiento de las ciencias y la tecnología, es necesaria para formar el número indispensable de especialistas en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas que constituyen los cimientos humanos de la innovación en una economía (United Kingdom Science and Learning Expert Group, 2010).

6. En muchos países en desarrollo, la enseñanza de esas materias se enfrenta a toda una serie de problemas, entre los cuales se cuenta un decaimiento del interés que suscitan (que se evidencia, por ejemplo, en la disminución de la matrícula en las carreras universitarias correspondientes), la fuga de cerebros y la escasa relación entre los cursos impartidos y los problemas locales. Es necesario reavivar el interés de los estudiantes por las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, generar una demanda de personas cualificadas aumentando las oportunidades laborales en esas carreras, crear incentivos para que se queden en los países en desarrollo o regresen a ellos, y promover medios más eficaces para

que los investigadores de los países en desarrollo accedan a la investigación y publiquen los resultados de sus trabajos. La aplicación eficaz de las TIC y otras tecnologías puede resultar muy útil para ello.

B. La función de las TIC en la educación

7. En su acepción más amplia, el término TIC designa a una gama de tecnologías que "nos permiten recibir información y transmitir o intercambiar información con otras personas" (Anderson, 2010, pág. 4). Por las posibilidades que ofrecen, las TIC pueden provocar grandes transformaciones en la educación, cambiando la forma en que aprendemos, enseñamos y gestionamos nuestros sistemas de educación (UNCTAD, 2011; Anderson, 2010, pág. 4).

8. Las TIC ofrecen múltiples posibilidades de mejorar la difusión del conocimiento, el desarrollo educativo y el proceso de aprendizaje en todos los niveles, pues permiten ampliar el acceso a la educación a los miembros de comunidades aisladas y desfavorecidas, transformar el entorno de aprendizaje de modo que la enseñanza se adapte mejor a las aptitudes necesarias en el mercado laboral local, mejorar la calidad de la enseñanza facilitando el desarrollo profesional de los docentes y mejorar los sistemas de gestión en todos los niveles (Haddad y Draxler, 2002, pág. 9; Tinio, 2002; Anderson, 2010, págs. 23 a 28; IICD, 2007, pág. 13).

1. El impacto de las TIC en la educación

9. Se ha observado que las TIC pueden mejorar el proceso de aprendizaje de tres maneras diferentes (Tinio, 2002). Primero, la adopción de las TIC supone una familiarización con los conceptos científicos, los instrumentos y las técnicas en que descansan esas tecnologías y la forma de aprovechar su capacidad. En segundo lugar, se puede aprender con las TIC, utilizando estas tecnologías para mejorar el proceso de aprendizaje en cualquier materia. Por último, la educación a distancia por medio de las TIC consiste en utilizarlas para que los alumnos tengan acceso al material didáctico y a la instrucción a distancia.

2. Aplicación adecuada de las TIC

10. La introducción eficaz de las TIC en la educación no es sencilla ni está garantizada a ningún nivel. La adaptación de los sistemas y métodos de enseñanza que ello supone es un desafío considerable. Los responsables de las políticas pueden contribuir en gran medida a una introducción adecuada y eficaz de las TIC en la educación, que tenga en cuenta la realidad en el terreno (ADB, 2010, pág. 4). Con políticas educativas eficaces se puede coadyuvar a la implantación y al buen uso de la tecnología en la educación. Además, es necesario un esfuerzo coordinado para vincular las políticas educativas con las políticas de TIC y de desarrollo en general (Haddad y Draxler, 2002, pág. 16; infoDev/Banco Mundial, 2008).

11. El acceso libre, las bibliotecas científicas virtuales y los sistemas de información geográfica (SIG) son recursos de TIC que pueden potenciar la enseñanza de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas y dar mayor accesibilidad a los resultados de los trabajos de investigación, en particular en los países en desarrollo. Los artículos de revistas especializadas en acceso libre pueden consultarse gratuitamente en Internet, y las bibliotecas científicas virtuales pueden ser instrumentos de difusión de la información y fomento de la capacidad en ciencia y tecnología. Asimismo, los SIG y el análisis geoespacial pueden utilizarse para abordar problemas ambientales locales y también para facilitar el estudio de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas y

contribuir, desde los primeros niveles de enseñanza, a la formación de una mano de obra con dominio de las TIC.

II. Compartir el conocimiento: acceso libre y bibliotecas científicas virtuales

12. En el mundo académico, la mayor parte de los artículos científicos se publican en revistas para suscriptores y el principal obstáculo a la difusión de ese conocimiento académico es el restringido acceso a los trabajos de investigación publicados. Esto se debe en gran medida al costo de las suscripciones y a la ubicación de los recursos, factores que pueden dificultar, ralentizar y encarecer la localización y consulta de las publicaciones académicas. Estos problemas afectan de forma desproporcionada a los estudiantes de países de ingreso bajo, debido a lo limitado de sus recursos, y por tanto contribuyen a acentuar la ventaja que de por sí tienen los países ricos en materia de investigación. El acceso libre y las bibliotecas científicas virtuales son dos maneras de aprovechar las TIC para superar los obstáculos al enriquecimiento y la difusión del acervo mundial de conocimientos, en particular en los países en desarrollo.

A. El acceso libre

13. Tradicionalmente la comunidad académica comparte sus trabajos de investigación publicándolos en revistas especializadas. Generalmente, toda persona que desee consultar alguna de esas publicaciones debe pagar por ese derecho, ya sea comprando un artículo o suscribiéndose a la revista. En los dos últimos decenios, este modelo ha sido blanco de las críticas cada vez más frecuentes de los partidarios de una distribución más equitativa de las publicaciones académicas y de la eliminación de las barreras que afrontan las personas de los países de ingreso bajo. Este modelo alternativo se conoce comúnmente como "acceso libre".

14. Según la Iniciativa de Budapest para el Acceso Abierto, de 2002, el acceso libre a las publicaciones especializadas es "su disponibilidad gratuita en el Internet público, de modo que cualquier usuario pueda leer, descargar, copiar, distribuir, imprimir, buscar o enlazar el texto íntegro de esos artículos, recorrerlos para indizarlos, extraer datos de ellos para procesarlos con un programa informático o utilizarlos con cualquier otro propósito legal, sin restricciones de tipo financiero, jurídico o técnico que no sean las que entraña la obtención de acceso al propio Internet... La única limitación a la reproducción y distribución, y la única función de los derechos de autor en este ámbito, debería consistir en dar a los autores el control de la totalidad de su obra y el derecho a ser debidamente reconocidos y citados". (Iniciativa de Budapest, citada en Hedlund y Rabow, 2007, pág. 13.) Existen dos formas diferentes de acceso libre: el acceso libre dorado y el acceso libre verde.

15. Se habla de acceso libre dorado cuando un editor permite acceder gratuitamente al contenido de una publicación que ha sido objeto de una revisión por pares. Una lista de publicaciones en acceso libre figura en el Directory of Open Access Journals (DOAJ)¹. Según una estimación, en 2008 el 8,5% de las revistas especializadas se publicó en acceso libre dorado. El acceso libre dorado puede ser de tres tipos: directo, diferido e híbrido. Se habla de acceso libre dorado directo cuando se pone la totalidad de una publicación a disposición del público gratuitamente. El acceso libre dorado diferido consiste en reservar parte del contenido de la publicación, por lo general el más reciente, a los suscriptores,

¹ Véase <http://www.doaj.org>.

mientras que el resto, por lo general los trabajos más antiguos, está disponible gratuitamente. Algunas veces un autor o la institución a la que pertenece pagan para que determinados artículos estén a disposición gratuita del público —esto se conoce como acceso libre dorado híbrido (Laakso y otros, 2011, págs. 1 y 2; Zhong, 2009, págs. 527 y 528).

16. Están en acceso libre verde los manuscritos y trabajos por publicar o ya publicados archivados (por terceros o por el propio autor, en cuyo caso se habla de autoarchivo) en lugares de almacenamiento no convencionales, virtuales o materiales, como una página web personal, un repositorio institucional o un repositorio especializado en determinada materia. Se estima que en 2008 un 11,9% de los artículos científicos se publicaron en acceso libre verde². Esos artículos pueden encontrarse con buscadores como Google Scholar (Laakso y otros, 2011, págs. 1 y 2; Zhong, 2009, págs. 527 y 528).

1. Las posibilidades del acceso libre

17. El acceso libre ofrece muchas ventajas a los investigadores. Para los particulares y las instituciones, puede significar un aumento de su visibilidad y su presencia en Internet. Cabe esperar que el acceso libre dé mayor proyección a la labor de investigación de una institución y le proporcione un banco de recursos que pueda ayudarla a gestionar y evaluar sus actividades de investigación con mayor eficacia. En este sentido, el acceso libre puede ser un importante instrumento de publicidad para la institución (RCAAP, 2009, pág. 7).

18. Los países en desarrollo pueden beneficiarse inmensamente con el acceso libre pues abre vías de acceso a la investigación y posibilidades para su difusión. En su estudio del acceso libre en Asia, Das y otros (2008, págs. 1 y 2) observaron la proliferación de canales de acceso libre en múltiples formas diferentes: bibliotecas digitales, publicaciones en libre acceso, repositorios institucionales, repositorios de nivel nacional, *software* educativo de código abierto, servicios de indización de datos, etc.³. Es importante destacar que esos autores constataron que la mayor parte de iniciativas de acceso libre son financiadas por entidades estatales, instituciones públicas u organizaciones sin fines de lucro (NRC, 2006, págs. 87 y 88).

19. Conforme se van conociendo las ventajas del acceso libre, va creciendo el movimiento que lo defiende. A la Iniciativa de Budapest para el Acceso Libre de 2002 han seguido muchas otras tendentes a alentar y fomentar el acceso libre. La publicación en acceso libre sigue adquiriendo importancia (Greyson y otros, 2010; Zhong, 2009, págs. 527 y 528)⁴. En el recuadro 1 figura una lista de las principales declaraciones en materia de acceso libre. En 2010, 1.764 archivos o repositorios institucionales o especializados figuraban en la lista del Registry of Open Access Repositories, cuyo contenido está indizado en Google (Moore, 2010). Las Naciones Unidas defienden enérgicamente el acceso libre y varias de sus entidades han participado en la promoción y facilitación del acceso a la investigación, particularmente para los científicos de los países en desarrollo (UNESCO, 2011c; FAO, 2011; OMS, 2011; OMPI, 2011).

² Una lista completa de los repositorios en acceso libre figura en el Directory of Open Access Repositories (OpenDOAR) en <http://www.opendoar.org>, el Registry of Open Access Repositories (ROAR) en <http://roar.eprints.org> y la clasificación mundial de los repositorios en la web (Ranking Web of World Repositories) en <http://repositories.webometrics.info/toprep.asp?offset=50>.

³ Según del informe final del Grupo de Trabajo sobre Banda Ancha y Ciencias de la Comisión sobre Banda Ancha para el Desarrollo Digital, el acceso libre entraña la posibilidad de ayudar al Sur a ser "más que un simple consumidor de información" (www.broadbandcommission.org).

⁴ Para una lista de las principales declaraciones en materia de acceso libre del último decenio, véase Das y otros (2008, pág. 3).

Recuadro 1

Principales declaraciones en materia de acceso libre

- Declaración de la Iniciativa de Budapest para el Acceso Libre, 2001
- Declaración de Berlín sobre el acceso libre al conocimiento en ciencias y humanidades, 2003
- Declaración de Bethesda sobre el acceso libre, 2003
- Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información, Declaración de Principios y Plan de Acción, 2003
- Declaración de la Federación Internacional de Asociaciones de Bibliotecarios y Bibliotecas (IFLA) sobre el acceso libre a las publicaciones especializadas y la documentación sobre la investigación, 2004
- Principios de Washington DC para el libre acceso a las ciencias: declaración formulada por editoriales sin fines de lucro, 2004
- Declaración sobre el acceso libre del Australian Research Information Infrastructure Committee (ARIIC), 2005
- Declaración de Salvador sobre "Acceso Abierto": la perspectiva del mundo en desarrollo, 2005
- Declaración de Bangalore: una política nacional de Acceso Abierto para los países en desarrollo, 2006
- Declaración sobre acceso libre del Consorcio Europeo para la Investigación en Informática y Matemáticas, 2006
- Declaraciones sobre acceso libre de la Indian National Knowledge Commission (NKC), 2007
- Declaración de la OCDE sobre el Acceso a los Datos de la Investigación Obtenidos con Fondos Públicos, 2007
- Declaración de la fundación Wellcome Trust a favor de un acceso abierto e irrestricto a los trabajos de investigación publicados, 2007

Fuente: Das y otros, 2008, pág. 3.

2. Obstáculos a una ampliación del acceso libre

20. A pesar del apoyo creciente al acceso libre y de que sean de conocimiento general los beneficios que puede ofrecer, existen varios obstáculos a su desarrollo, que cabe mencionar.

21. En primer lugar, en lo que respecta al contenido, el inglés es el principal idioma de comunicación de la investigación y de muchos de los repositorios en que se archivan los trabajos. El uso limitado de otras lenguas puede impedir que los investigadores de los países en desarrollo utilicen los resultados de las investigaciones y publiquen sus propios trabajos. Esto es lo que se ha denominado "brecha de contenido" (Tinio, 2002). En segundo lugar, a pesar de que las posibilidades del acceso libre son conocidas, su impacto no es fácil de medir y es difícil obtener indicadores específicos. Las evaluaciones actuales son más bien limitadas, pero la situación parece estar mejorando conforme aumenta el número y el

alcance de los estudios de impacto⁵. En tercer lugar, hay problemas en lo que respecta a las normas y reglas de publicación. Muchas editoriales se oponen al acceso libre, lo cual es comprensible, pues supone un cambio radical de modelo empresarial. Aún así, muchas han aceptado el desafío y es cada vez más común la publicación en modalidad verde o dorada. Ahora bien, no siempre puede establecerse claramente la legalidad de archivar trabajos ya publicados en una revista, lo cual suscita en los autores el temor al plagio y los lleva a preguntarse quién tiene los derechos de publicación de sus trabajos. El movimiento de defensa del acceso libre cuestiona los sistemas tradicionales de incentivos para los investigadores y las instituciones. A fin de mantener o mejorar su reputación personal e institucional, los miembros de los círculos académicos procuran publicar sus trabajos en las revistas más citadas y, por ende, más prestigiosas, muchas de las cuales no están en acceso libre. Ahora bien, la utilización y la importancia cada vez mayores de las revistas en acceso libre parecen estar llevando a las entidades de clasificación de las publicaciones a buscar otras formas de evaluar el prestigio de una revista (Chan y otros, 2011). En cuarto lugar, se plantea el problema de cómo financiar la publicación de las revistas (en línea o de otra forma). Las prácticas actuales, como la de reservar una parte de los subsidios a la investigación para sufragar los gastos de gestión de la revista o hacer que los autores o las instituciones a que pertenecen paguen por el privilegio de ser publicados han suscitado debates en cuanto a sus consecuencias en la viabilidad financiera de las publicaciones, la preservación de los conocimientos y la publicación de obras científicas en general. Por último, las limitaciones del entorno son otro obstáculo, puesto que sin una infraestructura de apoyo (por ejemplo, equipos informáticos, electricidad) no se pueden aprovechar los beneficios del acceso libre.

B. Las bibliotecas científicas virtuales

22. La utilización de espacios virtuales para almacenar, consultar y compartir información ha aumentado conforme las TIC han ido creando oportunidades de acceder con mayor facilidad al acervo mundial de conocimientos. En el decenio pasado, se ha invertido mucho tiempo, energía y dinero en el desarrollo de bibliotecas virtuales y, en particular, bibliotecas científicas virtuales, que contienen información compleja y publicaciones periódicas que suelen ser más caras.

23. La biblioteca virtual es "una biblioteca sin vinculación con un espacio o ubicación físicos". (Riccio, 2001). Una biblioteca virtual puede albergar contenido o puede servir de portal para distribuir en línea el contenido, digital o electrónico, de otros repositorios en línea. Así pues, una biblioteca virtual ofrece acceso a distancia al contenido y los servicios de varias bibliotecas y otras fuentes de información.

24. Las bibliotecas científicas virtuales pueden ser de diferentes formas y tamaños. Aunque al estar en línea no tienen fronteras, muchas bibliotecas científicas virtuales son creaciones nacionales. Por ejemplo, la Guyana Health Library (Biblioteca médica de Guyana) está expresamente destinada a potenciar el acceso a la información médica en Guyana (Organización Panamericana de la Salud, 2011)⁶. El Bangladesh National Scientific and Technical Documentation Centre (Centro nacional de documentación científica y técnica de Bangladesh) tiene un servicio en Internet gracias al cual la ciudadanía puede acceder a su biblioteca en línea⁷. Otras bibliotecas son fruto de iniciativas de colaboración

⁵ Para una bibliografía de estudios de impacto, véase Hitchcock, 2011.

⁶ <http://www.guy.paho.org/VHL.pdf>.

⁷ <http://www.bansdoc.gov.bd>.

internacional, como el Programa de bibliotecas científicas virtuales CRDF, que conecta a países como el Iraq, Marruecos, Argelia, Túnez, Armenia y el Afganistán⁸.

25. Las restricciones al acceso a las bibliotecas científicas virtuales varían por lo general en función de la afiliación de los usuarios. Por ejemplo, los usuarios de países en desarrollo disfrutaban de un acceso menos restringido y, en la medida de lo posible, gratuito, a ciertas bibliotecas. Es el caso de la US National Bureau of Economic Research (NBER) (Oficina nacional de investigación económica de los Estados Unidos) que permite que los residentes de países en desarrollo descarguen el texto íntegro de sus documentos de trabajo (NBER, 2011). La biblioteca de la Universidad de Yale tiene enlaces a programas que ofrecen a los países en desarrollo la posibilidad de acceder gratuitamente o a un costo asequible a revistas científicas de alta calidad, revisadas por pares. Muchas otras organizaciones internacionales están desplegando grandes esfuerzos en esta esfera.

Recuadro 2

La biblioteca científica virtual del Iraq

Como en muchos países en desarrollo, en el Iraq el acceso a revistas de investigación de alta calidad era limitado y la comunidad de investigadores científicos se veían encerrados en un "ghetto intelectual" (Bibliotheca Alexandrina, 2011). Para subsanar este problema, en 2007, la United States Civilian Research and Development Foundation (CRDF) (Fundación civil de los Estados Unidos para la investigación y el desarrollo) fundó la Biblioteca científica virtual del Iraq y en 2010 la dejó a cargo del Gobierno del Iraq. Para prosperar, la Biblioteca había de superar tres grandes desafíos: determinar qué contenido se prestaba al acceso libre, velar por que la biblioteca fuera fácil de utilizar y asegurarse de que fuera sostenible. Hasta la fecha han utilizado el sistema más de 25 universidades e instituciones de investigación, que suman más de 8.000 usuarios. Se han descargado más de 1 millón de artículos y el número de documentos de investigación publicados en el Iraq se ha multiplicado por tres.

Fuentes: Bibliotheca Alexandrina (2011); Universidad de Maryland (2011); Thomson Reuters (2006); CRDF Global (2011); Comisión Europea (2006).

Las posibilidades de las bibliotecas científicas virtuales

26. Las bibliotecas científicas virtuales presentan muchas ventajas. Hay más posibilidades de consulta cuando el contenido está en formato digital: una vez digitalizado, el contenido antiguo, impreso, se vuelve accesible, al tiempo que se generan nuevos contenidos para su publicación exclusiva en Internet y se los pone a disposición gratuita del público. Los documentos pueden descargarse desde cualquier lugar, lo cual permite una difusión más amplia de los conocimientos. Además, existe la posibilidad de que varios usuarios utilicen un mismo documento a la vez. El recuadro 2 se refiere a la Biblioteca científica virtual del Iraq que, con la colaboración de toda una serie de editoriales, ofrece a los investigadores iraquíes la posibilidad de acceder a muchas revistas científicas.

27. Una conexión deficiente a Internet suele ser un obstáculo al aprovechamiento de las aplicaciones informáticas basadas en la Web y destinadas a las bibliotecas científicas virtuales. Una forma de subsanar esas deficiencias es recurrir a redes nacionales con financiación pública que conecten a las redes locales de las instituciones de investigación y los establecimientos de enseñanza superior del país. En todo el mundo se han creado redes nacionales de investigación y educación que cumplen esa función (véase el recuadro 3) (Dyer, 2009).

⁸ <http://maghrebvsl.org/crdf>.

Recuadro 3

Ejemplos de redes nacionales de investigación y educación*La Red de educación e investigación del Pakistán*

Creada en 2002, la Red de educación e investigación del Pakistán (PERN) está integrada por 60 universidades del sector público unidas mediante una conexión de banda ancha por fibra óptica. Gracias a su servicio de biblioteca digital, todas las universidades pueden acceder gratuitamente a más de 23.000 publicaciones de investigación y a 45.000 volúmenes de nivel de posgrado. La red PERN ha potenciado la colaboración de los científicos y los investigadores paquistaníes y ha fomentado la creación de redes nacionales de conocimiento con una conectividad de 155 Mbps. En 2008 se puso en funcionamiento la Red PERN2, con un ancho de banda ampliado a 10 Gbps, que conecta la red PERN con redes extranjeras de investigación y educación, como la de Nepal.

La Red de investigación y educación de Nepal

La Red de investigación y educación de Nepal (NREN) nace de una iniciativa de colaboración entre el sector público y el privado emprendida en 2007 para invertir el éxodo intelectual y desarrollar la infraestructura de investigación. Su objetivo es utilizar las TIC para crear una red nacional para la investigación y la educación de nivel superior que ofrezca a los investigadores acceso a información y datos de todo el mundo. En 2008, la NREN obtuvo un subsidio del Fondo asiático de innovación para la sociedad de la información, destinado a un proyecto de desarrollo de la estructura troncal de alta velocidad del NREN. Gracias a esta red, se están desarrollando sistemas de aprendizaje electrónico para llevar la enseñanza superior a aldeas y lugares aislados en el idioma del lugar y se ha creado un portal intranet de telemedicina para los puestos sanitarios de las aldeas. El NREN colabora con entidades de Asia meridional y otras regiones. Las actividades de la NREN son financiadas por el Network Start-up Resource Center (Centro de recursos para el establecimiento de redes) de la Universidad de Oregón, de los Estados Unidos, y por la Universidad Keio, de Japón, entre otras.

Fuente: UNESCO, 2010.

C. El acceso libre en un contexto más amplio

28. Las iniciativas de acceso libre y el desarrollo de las bibliotecas científicas virtuales se enmarcan en una tendencia general hacia una mayor apertura. El código abierto y los programas informáticos libres son temas que también han sido objeto de intensos debates internacionales⁹. En particular, hay muchas semejanzas entre el movimiento del acceso libre, de aparición reciente, y la evolución del movimiento del *software* libre (Moody, 2006). Por consiguiente, la estrategia de apoyo del acceso libre podría recurrir a mecanismos análogos a los que se utilizan para promover el código abierto y el *software* libre (Kelly y otros, 2007, pág. 172).

29. Se ha sostenido que una mayor apertura puede contribuir a disminuir los costos, aumentar la accesibilidad y mejorar las perspectivas de preservación a largo plazo de los trabajos científicos (Corrado, 2005). Ahora bien, se han de tener en cuenta diferentes

⁹ En general el código abierto permite que los productos desarrollados por diferentes empresas sean interoperables —es decir, compatibles unos con otros— e intercambiables. El *software* libre otorga a los usuarios el derecho de acceder libremente al código fuente del *software* para estudiarlo, cambiarlo y redistribuirlo sin restricciones (Cerri y Fuggetta, 2007, págs. 1 y 2).

cuestiones. En primer lugar, la noción de apertura puede interpretarse de maneras diferentes, por ejemplo, puede entenderse la apertura como gratuidad de uso o como libertad de modificación. (Cerri y Fuggetta, 2007). En segundo lugar, en relación con este tema existen toda una serie de consideraciones relativas a la protección de los derechos de propiedad intelectual. En tercer lugar, las reivindicaciones de apertura plantean problemas de seguridad, autenticidad y fiabilidad. En cuarto lugar, se plantea la cuestión de la preservación de los conocimientos. No queda claro cuáles de las partes interesadas se encargarán de archivar las publicaciones digitales, ni por cuánto tiempo, ni cuáles de los códigos seguirán siendo compatibles con los sistemas informáticos conforme se vayan modernizando.

30. Se sigue debatiendo sobre la medida en que el acceso al código fuente de un *software* lo hace más vulnerable a la piratería (Viega, 2004; Wheeler, 2011). Si bien es cierto que ciertos recursos, como Wikipedia, posibilitan el acceso de todos a información multilingüe y actualizada, su contenido, generado por los usuarios, no es objeto de una revisión oficial por pares, y es, por consiguiente, de dudosa fiabilidad.

31. El logro de una mayor apertura entraña conflictos y concesiones. Las políticas destinadas a lograr una mayor apertura deben modularse en función de intereses comerciales, los derechos de propiedad intelectual y objetivos sociales como una mayor difusión del conocimiento. El diálogo internacional sobre el asunto es esencial.

III. Utilización de los sistemas de información geográfica y el análisis geoespacial para potenciar la educación

32. Los sistemas de información geográfica (SIG) permiten que los usuarios rastreen, almacenen, modifiquen y analicen información geográfica. El análisis geoespacial consiste en aplicar la estadística y otros métodos de análisis a datos de carácter geográfico, como los datos proporcionados por sistemas de información geográfica. De ese modo se convierten datos geográficos brutos en información útil.

33. Los SIG, nacidos en los años sesenta del encuentro de varias disciplinas nuevas, a saber, la cartografía informatizada, la estadística y el análisis espacial y la informática, en un principio servían para elaborar algoritmos y producir mapas. Conforme fue aumentando la capacidad de las computadoras, los SIG se fueron difundiendo y empezaron a influir en toda una serie de disciplinas. Se hizo, pues, evidente, que los sistemas de información geográfica tendrían efectos considerables a largo plazo en la sociedad y en el proceso de formulación de políticas. Llegados los años 80 y los principios de los años 90, los gobiernos, las empresas y otras entidades empezaron a integrar los SIG en sus actividades para resolver diversas cuestiones complejas relativas a la naturaleza, la sociedad y las infraestructuras (Nyerges y otros, 2011, pág. 4).

A. Los sistemas de información geográfica y el análisis geoespacial

34. Los SIG pueden servir no solo para registrar acontecimientos, actividades, objetos o fenómenos, sino también el lugar y la forma en que se producen, es decir información de carácter geográfico (Longley y otros, 2005, pág. 4). Las bases de datos de los SIG se generan a partir de información recogida en el lugar mismo u obtenida por teleobservación. La información recopilada en el lugar puede consistir en datos topográficos sobre determinados atributos obtenidos por observación o con técnicas de levantamiento directo, y capturados en fotografías o apuntes escritos. Esta información se combina con las coordenadas proporcionadas por los sistemas de determinación de posición por satélite (GPS).

35. La teleobservación es una técnica destinada a obtener información acerca de objetos en la superficie de la tierra sin entrar en contacto físico con ellos. Los datos obtenidos por teleobservación se generan utilizando sensores —como cámaras, escáneres, radiómetros y radares— instalados en aviones o satélites. Éstos se encuentran a distancias considerables de la superficie de la tierra y almacenan datos en forma de imágenes en películas fotográficas o cinematográficas o en formato digital.

Utilización de los sistemas de información geográfica para el análisis geoespacial y la cartografía

36. Más allá del almacenamiento de información geográfica compleja, los SIG y el *software* conexas ofrecen técnicas de análisis y modelaje sumamente útiles. Los SIG permiten organizar y analizar la información geográfica de diversas maneras con el fin de estructurar y resolver problemas, funciones cada vez más importantes en el mundo complejo e interdependiente de hoy.

37. El análisis geoespacial consiste en aplicar diferentes métodos de transformación y procesamiento a la información geográfica bruta para revelar pautas y anomalías que no saltan a la vista. El análisis geoespacial, esencialmente, es el proceso mediante el cual los datos geográficos brutos se convierten en información útil: mediante transformaciones geoespaciales, el analista procura revelar cosas que de otro modo no se verían (Longley y otros, 2005, pág. 316; De Smith y otros, 2010, pág. 23; Heywood y otros, 2006, pág. 18).

38. Los datos de los SIG y los resultados del análisis geoespacial suelen representarse en forma de mapas detallados y multicapas. La superposición de diferentes capas de datos espaciales permite reunir toda la información relativa a un determinado punto (Rubenstein y Roy, 2011). Esa información puede representarse visualmente en el mapa.

39. El elemento humano es esencial en la utilización de los SIG y la realización de análisis geoespaciales. La recolección y el análisis de datos geográficos suponen toda una serie de decisiones sobre los detalles que se han de capturar y la forma en que se han de enmarcar los problemas, decisiones cuyas implicaciones deben tenerse en cuenta al utilizar el análisis espacial, en particular en la elaboración de políticas (Longley y otros, 2006, págs. 65 a 70 y 316 a 318).

40. Los SIG y el análisis geoespacial se prestan a una amplia gama de utilizaciones en muchos campos y se estima que cada año se gastan entre 50.000 millones y 60.000 millones de dólares en la recolección, el análisis y el mantenimiento de datos geoespaciales (Gibson, 2011). En el cuadro 1 figuran algunas de las aplicaciones prácticas de los SIG.

Cuadro 1

Aplicaciones prácticas de los sistemas de información geográfica

| <i>Aplicaciones de los SIG</i> | <i>Ejemplos</i> |
|---------------------------------|---|
| Gestión de riesgos de desastres | Cálculo de los plazos de respuesta de emergencia y traslado de los recursos necesarios (aspectos logísticos) para hacer frente a una catástrofe natural |
| Indicadores | Estudios demográficos; cartografía de la pobreza |

| <i>Aplicaciones de los SIG</i> | <i>Ejemplos</i> |
|---|--|
| Gestión de recursos | Cartografía de los recursos naturales, por ejemplo para localizar los humedales que necesitan estrategias de protección contra la contaminación; evaluación del impacto ambiental |
| Actividades comerciales/planificación empresarial | Decisiones en cuanto a la ubicación de nuevas empresas sobre la base de pautas de consumo o la identificación de un mercado insuficientemente atendido; gestión de activos y planificación de la ubicación; comercialización |
| Planificación urbana | Planificación del sistema de transporte; evaluación y desarrollo de las infraestructuras |
| Vigilancia de enfermedades | Vigilancia de enfermedades a fin de guiar la planificación para casos de pandemias y mejorar la preparación |
| Actividades militares | Seguridad, inteligencia y lucha contra el terrorismo; criminología; planificación militar |

Fuente: Longley y otros, (2005, págs. 41 y 42); ESRI (2011a).

B. Utilización de los sistemas de información geográfica y el análisis geoespacial para potenciar la educación

41. Los SIG y el análisis geoespacial constituyen un conjunto de instrumentos y técnicas relacionados con las TIC y las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas y, en ese sentido, pueden potenciar la educación, especialmente en los niveles iniciales, en que los jóvenes pueden adquirir aptitudes espaciales y analíticas y la capacidad de determinar la utilidad de los SIG para hacer frente a problemas de desarrollo locales. Hay dos formas de ver la interacción entre la enseñanza y los SIG: se puede aprender sobre los SIG o aprender por medio de los SIG. Para lo primero es necesario contar con programas educativos que formen a especialistas en SIG. El uso cada vez más frecuente de los SIG como instrumento en todos los ámbitos de la economía hace que sea indispensable formar a profesionales que dominen ese recurso.

42. Aprender por medio de los SIG consiste en utilizarlos como instrumentos didácticos y aprovecharlos para desarrollar aptitudes espaciales importantes. La expresión de relaciones dentro de estructuras espaciales (como los mapas o los gráficos generados por computadora) permite percibir, recordar y analizar las propiedades de los objetos y las relaciones entre ellos.

43. Los SIG y el análisis geoespacial también pueden ayudar a los estudiantes a desarrollar aptitudes esenciales para analizar y procesar datos y, por ejemplo, exportarlos en diferentes formatos a hojas electrónicas o presentarlos a sus compañeros de curso. Estas aptitudes son particularmente importantes para el estudio de las ciencias, la tecnología, la

ingeniería y las matemáticas y las carreras correspondientes (NRC, 2005, págs. 3 a 5; Kerski, 2008; Clements, 2004, pág. 267).

44. En términos generales, hay dos aptitudes espaciales principales: el sentido de la orientación y la capacidad de visualización. El sentido de la orientación permite situarse en un espacio y desplazarse en él. Esta aptitud es importante desde una edad temprana y es necesaria para desenvolverse en la vida diaria. Las cuestiones que generalmente se plantean en relación con la orientación espacial se refieren a ubicaciones (¿dónde se encuentra el hospital más cercano?), pautas (¿cómo se está propagando una enfermedad?), tendencias (¿dónde está aumentando el nivel de erosión de los suelos?), condiciones (¿dónde puedo encontrar una fuente de agua en un radio de un kilómetro alrededor de mi casa?) y consecuencias (si construimos esta carretera, ¿cuáles serán sus efectos en el flujo de tráfico en la ciudad?).

Recuadro 4

Aprender a pensar en términos espaciales: los SIG como sistemas de apoyo en los programas escolares de la enseñanza primaria y secundaria

Uno de los análisis más exhaustivos de la conveniencia de integrar los SIG en la educación fue realizado por el United States National Research Council (Consejo nacional de investigación de los Estados Unidos). El análisis determinó que los nuevos instrumentos y técnicas de TIC, como los que sustentan los SIG y el análisis geoespacial, ofrecen posibilidades de mejorar la enseñanza de casi todas las materias. En el estudio se observa que el sentido del espacio es importante para las materias de arte y diseño, psicología, biología, química, física, matemáticas, ciencias sociales e informática. El sentido del espacio también puede contribuir inmensamente a la comprensión y la valoración de la interdisciplinariedad. Ahora bien, el estudio pone de relieve que es preciso entender por qué y en qué contexto se van a implantar esas tecnologías para que su uso sea eficaz.

A continuación figuran algunas de las recomendaciones formuladas en el informe, titulado *Learning to Think Spatially: GIS as a Support System in the K-12 Curriculum* (Aprender a pensar en términos espaciales: los SIG como sistemas de apoyo en los programas escolares de la enseñanza primaria y secundaria):

- Para integrar los SIG en la enseñanza, es preciso adoptar un enfoque coordinado, en el que estén incluidos diseñadores de SIG, psicólogos y docentes;
- Convendría formar un grupo comunitario para coordinar la elaboración de *software* para SIG, sobre la base de las observaciones de los usuarios;
- Deberían elaborarse programas de capacitación y directrices para los programas escolares, proceso en el que deberían participar instructores de SIG y representantes de establecimientos educativos; y
- Se debería estudiar más a fondo la medida en que los sistemas de información geográfica mejoran el rendimiento académico.

Fuente: United States National Research Council (2005).

45. La visualización espacial, en cambio, sirve para entender cuestiones complejas, como muchos problemas científicos, matemáticos y de ingeniería y las correspondientes herramientas y técnicas. La visualización de un problema puede ayudar a comprenderlo mejor. Por ejemplo, la visualización espacial contribuyó en gran medida al progreso de la investigación sobre la estructura de doble hélice del ADN, y en bioquímica sigue siendo importante poder visualizar la disposición espacial de las enzimas en tres dimensiones para estudiar sus interacciones y, posiblemente, conseguir nuevos avances en bioquímica y en

farmacia (Clements, 2004, pág. 267; Heywood y otros, 2006, pág. 3; NRC, 2005, págs. 1 a 5).

46. El hecho de que el sentido del espacio sea importante no significa que pueda alcanzar un grado de desarrollo automática y universalmente. Una de las mejores maneras de cultivar el sentido del espacio y el análisis espacial es utilizar los SIG para aprender, pues para ello es necesario estudiar sus características espaciales invisibles a simple vista de los acontecimientos, las actividades, los objetos y los fenómenos (véanse el recuadro 4 y Liben, 2006, pág. 238; Kerski, 2008).

47. El aprendizaje acerca de los SIG y el aprendizaje por medio de estos sistemas pueden realizarse en entornos formales o informales y pueden estar destinados a escolares, universitarios, encargados de formular políticas y otras personas. Los programas de formación sobre los SIG están en auge y son cada vez más frecuentes en las universidades, ya sea como módulos o como carreras completas.

48. Un número creciente de países está empezando a elaborar programas que aprovechan la capacidad de los SIG para potenciar la educación, particularmente la enseñanza de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas y especialmente en la enseñanza secundaria. Un ejemplo de iniciativa de aprendizaje por medio de los SIG es un programa de enseñanza de la geografía a nivel universitario en Sudáfrica, en que se utilizan datos locales y los estudiantes analizan cuestiones cercanas a su realidad, factores que han contribuido sobremedida al logro de buenos resultados en la utilización de SIG para potenciar el aprendizaje (Innes, 2011).

49. En Turquía, para ayudar a los docentes a integrar los SIG en el aula, en 2008 se publicó un manual sobre los SIG destinado a los profesores. Junto con el libro se les proporcionó un DVD y una licencia de utilización del *software* de información geográfica ArcView 9. 2 de un año de duración, así como datos, muestras y exámenes en formato pdf. Además, se creó un sitio en la web y se distribuyó un folleto de información sobre el libro y los lugares en que se podía conseguir. El libro fue objeto de comentarios positivos de catedráticos universitarios, docentes y funcionarios de diferentes sectores de la administración pública, y en un año se vendieron 700 ejemplares (Demirci y Karaburun, 2009). En el recuadro 5 se reseñan las iniciativas de integración de los SIG en la enseñanza en Europa.

Recuadro 5

Los SIG en la educación europea

En 2009, i-Guess emprendió un estudio de determinados países europeos para determinar en qué medida se estaban implantando los SIG en las escuelas y con qué resultados. El estudio se realizó en Austria, Bélgica, Bulgaria, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría e Inglaterra.

Según el informe, los SIG se utilizan en el estudio de una amplia gama de materias del ámbito de las ciencias sociales y económicas y de las ciencias naturales y ambientales, en particular los temas de criminología, paisajismo, análisis de ventas y modelización ambiental. En lo que respecta a la calidad, el estudio llegó a la conclusión de que la tecnología de los SIG resultaba sumamente útil para ayudar a los estudiantes a explorar el mundo y manejar y presentar información espacial.

Se observa en el informe que los estilos de enseñanza varían según los países, diferencias que se han de tener en cuenta en todo programa de utilización de los SIG. Asimismo, cada país tiene necesidades diferentes, aspecto que debe tenerse en cuenta en la promoción. El informe señala varios desafíos que deben enfrentar los encargados de formular políticas, como la promoción del desarrollo profesional de los docentes en la esfera de los SIG y también la elaboración de normas para el uso y la implantación de la tecnología de información geográfica.

Fuente: i-Guess/CE (2009).

Los obstáculos a la integración de los sistemas de información geográfica en la educación

50. A pesar de las cada vez más frecuentes iniciativas en ese sentido, todavía no se ha conseguido la integración de los SIG en la educación. En primer lugar, hay pocas personas capacitadas en la esfera de los SIG, tanto en lo que respecta a la formación de usuarios como a su utilización como herramienta de desarrollo o como instrumento didáctico. La escasez de personal debidamente cualificado y formado es un problema considerable (Stuart y otros, 2009). La mayor parte de los cursos de formación sobre los SIG se centran en la producción de datos y no en la utilización y aplicación de los SIG ni en la educación. El aprendizaje por medio de los SIG parece ser difícil de institucionalizar, pues requiere que los propios docentes conozcan y comprendan la tecnología y también que estén dispuestos a adoptar métodos de enseñanza diferentes basados en ella. En segundo lugar, se ha indicado que los costos eran un obstáculo —el costo inicial de los equipos informáticos, el *software* y los servicios (como la adaptación de los equipos y los programas) y los gastos corrientes en capacitación, mantenimiento y datos. Algunos costos han disminuido con la aparición de *software* de información geográfica de código abierto y aplicaciones de información geográfica que aprovechan la capacidad de los teléfonos móviles modernos que tienen GPS. Con todo, las grandes cantidades de datos complejos necesarios para formar capas detalladas de información geográfica son muy costosas, especialmente si se requieren datos de alta resolución. Otro gasto corriente es el de la actualización de la información, que a menudo representa hasta el 70% de los costos totales de los SIG. En tercer lugar, la falta de apoyo de las autoridades a menudo se debe a su desconocimiento de la utilidad de los SIG. A nivel institucional, los especialistas en SIG suelen tener dificultades para convencer a los administradores de que los SIG pueden servir para fomentar el pensamiento crítico y mejorar ciertos aspectos de la institución. La presión creciente en muchas instituciones y dependencias estatales para recortar gastos dificulta aún más la inclusión de los SIG en el quehacer de esas instituciones (Stuart y otros, 2009; ArcUser Online, 2011). En cuarto lugar, un suministro irregular de electricidad y una infraestructura de comunicación deficiente pueden obstaculizar considerablemente el funcionamiento de las aplicaciones de información geográfica. Para utilizar la gama compleja de tecnologías en que están basados los SIG es indispensable la electricidad. El Internet y los sistemas móviles de telecomunicación son esenciales para el funcionamiento de los componentes de los SIG, como los GPS y los sistemas de teleobservación. Por consiguiente, se plantea la cuestión crítica de determinar de dónde van a provenir las conexiones y cómo se van a financiar (Farah, 2011).

C. Integración de los sistemas de información geográfica y del pensamiento espacial en la educación – Las políticas destinadas a superar las barreras deben tener en cuenta todas las dimensiones del uso de los sistemas de información geográfica

1. Fomentar la capacidad humana en todos los niveles para integrar los sistemas de información geográfica en la educación

51. Es preciso que las medidas destinadas a mejorar el pensamiento espacial en el sistema educativo mediante los SIG estén apoyadas por políticas educativas sólidas. El objetivo de estas políticas debe ser capacitar a los profesores para que enseñen los SIG y enseñen utilizando los SIG y aumentar el número de alumnos que estudian los SIG y los utilizan como instrumento de aprendizaje. Pueden organizarse actividades comunitarias relacionadas con estos sistemas para que el público los conozca y los apoye. De esa forma se puede generar una cantidad significativa de datos locales y promover un mejor conocimiento de la tecnología y su aplicación (Nyerges y otros, 2011, pág. 4).

52. Es necesario que los encargados de formular políticas apoyen los SIG, especialmente habida cuenta de que pueden resultar muy valiosos para sustentar políticas basadas en datos concretos. Para ello se les debe ofrecer una formación que los familiarice con los SIG y evidencie los efectos positivos que pueden tener en la educación, como instrumento de aprendizaje y como materia de estudio.

2. Evaluación del impacto de la enseñanza en materia de sistemas de información geográfica

53. Se debe fomentar una mejor comprensión del impacto de los SIG en la educación. Como hasta la fecha se ha investigado poco en la materia, persisten los interrogantes sobre cuándo y en qué casos es más eficaz su implantación y cómo y a qué costo se debe realizar, interrogantes que también se plantean con respecto a la utilización de las TIC en la educación en general. Sería conveniente que los poderes públicos encargaran estudios a fondo para resolver algunas de estas cuestiones.

3. Coordinación de los datos de los sistemas de información geográfica

54. Los datos geoespaciales son complejos y voluminosos y suelen ser sumamente costosos. La duplicación de la creación y el mantenimiento de datos es un desperdicio considerable de recursos que se puede evitar con una buena coordinación entre los usuarios de los SIG de las diferentes dependencias estatales. Una forma de poner la información geográfica a disposición del público a menor costo es establecer un órgano público dedicado a la obtención, el almacenamiento y la difusión de datos geográficos, incluidos los obtenidos por teleobservación. La creación y la gestión de repositorios centrales destinados al almacenamiento de datos geoespaciales pueden estar a cargo de organizaciones designadas para ello. Este fue el enfoque adoptado en el estado de Pensilvania (Estados Unidos) cuyo gobierno estatal nombró a varios "administradores de datos", encargados de crear y mantener los datos y gestionar un centro de intercambio de datos en línea (Shanley, 2007, pág. 17).

4. Creación de redes e iniciativas de colaboración

55. La creación de capacidad en materia de SIG y análisis geoespacial aumentaría significativamente si se ampliaran las redes e iniciativas de colaboración en materia de educación para mejorar los programas de capacitación y fomentar la difusión de mejores prácticas. Gracias a las redes multilaterales, los participantes pueden conectarse con

múltiples instituciones y dar prioridad a las interacciones que mejor corresponden a las necesidades específicas de sus países (Kifuonyi, 2009). Un ejemplo de este tipo de red es la Iniciativa de las Naciones Unidas sobre la Gestión Mundial de la Información Geoespacial (GGIM), de reciente creación. Aunque está todavía en sus inicios, la GGIM es un foro destinado a mejorar la coordinación entre los Estados miembros y las organizaciones internacionales en lo que respecta a la gestión de la información geoespacial mundial. Los participantes tienen la oportunidad de analizar la evolución de la tecnología geoespacial y estudiar posibles actividades de cooperación con el sector privado para resolver problemas transversales de desarrollo.

56. Los SIG y el análisis geoespacial, el acceso libre y las bibliotecas científicas virtuales son nuevos recursos de TIC que pueden potenciar la enseñanza de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. La integración de estos recursos de TIC en la educación requiere recursos humanos, un marco de condiciones y políticas para la educación, tecnologías e infraestructura básica y asociaciones (Norte-Sur y Sur-Sur) para una colaboración eficaz.

IV. Conclusiones y propuestas

57. En esta sección se resumen las consideraciones antes expuestas y se propone un conjunto de cuestiones importantes para someterlas al examen de la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

A. Conclusiones

a) El acceso libre y las bibliotecas científicas virtuales son dos mecanismos complementarios para intensificar y ampliar las corrientes de conocimientos. Contribuyen a superar algunos de los obstáculos a la obtención de datos y la investigación.

b) Los SIG y el análisis geoespacial se utilizan en muchos sectores de la sociedad y son recursos valiosos para hacer frente a los desafíos del desarrollo. Además, los SIG pueden utilizarse en la educación para contribuir a desarrollar las aptitudes espaciales necesarias en toda una serie de materias además de la geografía.

c) La utilización de los SIG como medio de aprendizaje no está difundida y la capacidad de los SIG para transformar la educación sigue sin aprovecharse.

d) La introducción eficaz de las TIC en el proceso de aprendizaje requiere no solo tecnología, sino también recursos humanos, condiciones educativas propicias, infraestructura y políticas nacionales.

B. Propuestas

a) Los poderes públicos, en colaboración con otros interesados, deberían procurar superar las limitaciones de la infraestructura básica (por ejemplo en materia de TIC, suministro de electricidad y otras necesidades básicas) que impiden acceder a esos recursos tecnológicos y utilizarlos;

b) Los encargados de formular políticas deberían trabajar en colaboración para subsanar la "brecha de contenido", estudiando formas de publicar más contenido y aumentar su accesibilidad en múltiples idiomas.

1. Acceso libre

a) Los encargados de formular políticas podrían alentar a las entidades y fundaciones nacionales de investigación a incluir el acceso libre en su mandato de financiación, estableciendo que la investigación financiada con fondos públicos pueda utilizarse gratuitamente;

b) Los encargados de formular políticas deberían velar por que los datos y la investigación públicos, incluidos los datos brutos de los proyectos experimentales, los estudios o los trabajos de investigación financiados con fondos públicos, puedan consultarse gratuitamente y estén en un formato libremente accesible;

c) Los poderes públicos y la comunidad internacional deberían fomentar la colaboración internacional en materia de digitalización de los resultados de la investigación financiada con fondos públicos, poniéndolos a disposición del público gratuitamente en Internet y asegurándose de que sea fácil encontrarlos.

2. Bibliotecas científicas virtuales

a) Los poderes públicos, en colaboración con otras partes interesadas, deberían asegurar la viabilidad logística y financiera de las bibliotecas científicas virtuales;

b) Los poderes públicos deberían alentar la formación de redes nacionales de investigación y educación, que cuenten con centros de excelencia locales y tengan mucha visibilidad, separando la propiedad de la red de la prestación de servicios y asegurando su sostenibilidad financiera desde el principio.

3. Sistemas de información geográfica

a) Las escuelas deberían utilizar los SIG para reforzar el pensamiento espacial en el sistema educativo adoptando políticas educativas sólidas que prevean la integración en los programas educativos nacionales de los SIG o las nociones fundamentales de geografía en que se basa el pensamiento espacial y apoyando la capacitación de los docentes en ese sentido.

b) Deberían establecerse órganos públicos encargados de obtener, almacenar y difundir datos geográficos, incluidos los obtenidos por teleobservación, para poner la información geográfica a disposición del público al menor costo posible.

c) Es necesario que los encargados de formular políticas respalden los SIG, especialmente habida cuenta de que pueden resultar muy valiosos para sustentar políticas basadas en datos concretos. La colaboración internacional entre establecimientos educativos puede facilitar la capacitación de esos dirigentes en materia de SIG, para que contribuyan a la difusión de la tecnología y la creación de capacidad.

d) Los encargados de formular políticas pueden alentar al sector privado a que participe en el proceso de apertura de la tecnología para los datos geoespaciales. Por ejemplo, las entidades del sector público (las entidades de la administración pública o las bibliotecas) pueden colaborar con empresas del sector privado para indizar la información geoespacial, ponerla a disposición del público en línea y hacer que sea fácil de consultar.

Bibliografia

- Anderson J (2010). *ICT Transforming Education: A Regional Guide*. Bangkok, UNESCO.
- ArcUser Online (2011). "GIS Education Today: An interview with Michael Gould." Available at <http://www.esri.com/news/arcuser/0311/files/gisedtoday.pdf> [Accessed 8 March 2012].
- Asian Development Bank (ADB) (2010). *Information and communication technology for development: ADB experiences*. Mandaluyong City, Philippines, Asian Development Bank.
- Bibliotheca Alexandrina (2011). "Initiatives in Education, Science and Culture: Virtual Science Libraries". Available at <http://www.bibalex.org/NB2010/Home/StaticPage.aspx?page=73> [Accessed 8 March 2012].
- Cerri D and Fuggetta A (2007). *Open Standards, Open Formats, and Open Source (Final Draft)*. Milan, CEFRIEL – Politecnico di Milano.
- Chan L, Kirsop B and Arunachalam S (2011). "Open access archiving: the fast track to building research capacity in developing countries". Available at <http://www.scidev.net/en/features/open-access-archiving-the-fast-track-to-building-r.html> [Accessed 8 March 2012].
- Clements DH (2004). "Geometric and Spatial Thinking in Early Childhood Education." Chapter 10 in D. H. Clements, J. Sarama, A. DiBiase, X Edition. *Engaging young children in mathematics: standards for early childhood*. Mahwah, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Corrado E (2005). "The Importance of Open Access, Open Source, and Open Standards for Libraries". Available at <http://www.istl.org/05-spring/article2.html> [Accessed 8 March 2012].
- CRDF Global (2011). "Fact Sheets: Iraq Virtual Science Library (IVSL)". Available at [http://www.crdfglobal.org/news-and-events/press-room/fact-sheets/2011/06/30/iraq-virtual-science-library-\(ivsl\)](http://www.crdfglobal.org/news-and-events/press-room/fact-sheets/2011/06/30/iraq-virtual-science-library-(ivsl)) [Accessed 8 March 2012].
- Das AK, Sen BK and Josiah J (2008). *Open Access to Knowledge and Information: Scholarly Literature and Digital Library Initiatives – The South Asian Scenario*. New Dehli, UNESCO.
- De Smith MJ, Goodchild MF, and Longley PA (2010). "Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools". Third Edition. Available at <http://www.spatialanalysisonline.com> [Accessed 8 March 2012].
- demap (2011). "GIS Mapping". Available at http://www.demap.com.au/gis_mapping.php [Accessed 8 March 2012].
- Demirci A and Karaburun A (2009). How to Make GIS a Common Educational Tool in Schools: Potentials and Implications of the GIS for Teachers Book for Geography Education in Turkey. *Ozean Journal of Applied Sciences* 2(2). Available at http://ozelacademy.com/OJAS_v2n2_8.pdf [Accessed 8 March 2012].
- Dyer J (2009). *The Case for National Research and Education Networks*. Amsterdam, TERENA.
- ESRI (2011). "GIS for Education". Available at <http://www.esriuk.com/industries/education/rgs.asp> [Accessed 8 March 2012].

- European Commission (2006). “Virtual Science Library to open to Iraqi scientists”. Available at http://ec.europa.eu/research/headlines/news/article_06_05_26_en.html [Accessed 8 March 2012].
- FAO (2011). “AGORA: Access to Global Online Research in Agriculture”. Available at <http://www.aginternetwork.org/en/> [Accessed 8 March 2012].
- Farah H O (2011). “Introduction to Geospatial Technologies and Applications”. Presented at the Africa Geospatial Forum on Enabling Socio-Economic Development through Geospatial. 6-8 September 2011, Nairobi, Kenya. Available at <http://www.africageospatialforum.org/2011/proceeding/Hussein%20O.%20Farah.pdf> [Accessed 8 March 2012].
- GGIM (2011). “About GGIM”. Available at <http://ggim.un.org/> [Accessed 8 March 2012].
- Gibson C (2011). “Emerging Technologies and Applications in Infrastructure”. Presented at the Africa Geospatial Forum on Enabling Socio-Economic Development through Geospatial. 6-8 September 2011, Nairobi, Kenya. Available at <http://www.africageospatialforum.org/2011/proceeding/Chris%20Gibson-.pdf> [Accessed 8 March 2012].
- Greyson D, Morrison H and Waller A (2010). “Open Access in Canada: A Strong Beginning”. Available at http://eprints.rclis.org/bitstream/10760/13601/1/Feliciter_56.2_-_%239_Open_Access_Canada_published.pdf [Accessed 9 November 2011].
- Haddad WD and Draxler A (Eds) (2002). *Technologies for Education: Potentials, Parameters, and Prospects*. Paris/Washington, D.C., UNESCO/Academy for Educational Development.
- Hedlund T and Rabow I (2007). *Open Access in the Nordic Countries – State of the Art Report & Workshop Views and Recommendations*. Copenhagen, The Nordbib Programme.
- Heywood I, Cornelius S and Carver S (2006: 3). *Introduction to Geographical Information Systems*. 3rd Edition. Prentice Hall.
- Hitchcock S (2011). “The effect of open access and downloads (‘hits’) on citation impact: a bibliography of studies”. Available at <http://opcit.eprints.org/oacitation-biblio.html> [Accessed 8 March 2012].
- IICD (2007). *ICTs for Education: impact and lessons learned from IICD-supported activities*. The Hague, IICD.
- infoDev-World Bank (2008). *Knowledge map: impact of ICTs on learning and achievement*. Washington, D.C., World Bank.
- Innes LM (2011). “The South African school geography classroom: potential nursery for local tertiary GIS education”. Presentation at AfricaGEO Conference: Developing Geomatics for Africa. Cape Town, South Africa, 31 May–2 June 2011.
- Kelly B *et al.*, Wilson S, Metcalfe R (2007). “Openness in Higher Education: Open Source, Open Standards, Open Access”. *Proceedings ELPUB2007 Conference on Electronic Publishing*. Vienna, Austria. June.
- Kerski J (2003). “The Implementation and Effectiveness of Geographic Information Systems Technology and Methods in Secondary Education”. *Journal of Geography* **102**: 128–137.
- Kerski J (2008). *Developing Spatial Thinking Skills in Education and Society*. Online at <http://www.esri.com/news/arcwatch/0108/spatial-thinking.html> [Accessed 8 March 2012].

- Kifuonyi, O. (2009). "Of road blocks and building blocks." Available at http://www.geospatialworld.net/index.php?option=com_content&view=article&id=19128&Itemid=280 [Accessed 8 March 2012].
- Laakso M, Welling P, Bukvova H, Nyman L, Björk B and Hedlund T (2011). "The Development of Open Access Journal Publishing from 1993 to 2009". PLoS ONE 6(6).
- Liben LS (2006). "Education for Spatial Thinking". in Renniger KA and Sigel IE (Eds). Handbook of Child Psychology – Volume 4: Child Psychology in Practice. Sixth Edition. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
- Longley P, Goodchild M, Maguire DJ and Rhind DW (2005). Geographic information systems and science. 2nd Edition.
- Moody G (2006). "Parallel universes: open access and open source". Available at <http://lwn.net/Articles/172781/> [Accessed 8 March 2012].
- Moore G (2010). "Scholarly Communication". University of Toronto Bulletin, Tuesday 8 June 2010.
- National Research Council (NRC) (2005). NRC's final report, entitled Learning to Think Spatially: GIS as a Support System in the K-12 Curriculum. Washington, D.C., National Research Council.
- National Research Council (NRC) (2006). Strategies for Preservation of and Open Access to Scientific Data in China. Washington, D.C., National Research Council.
- NBER (2011). "Who has free access to NBER Working Papers?" Available at <http://www.nber.org/help/wp/free.html> [Accessed 8 March 2012].
- Nyerges TL, McMaster R and Couclelis H (2011). "Geographic Information Systems and Society: A Twenty-Year Research Perspective" in Nyerges TL, Couclelis H and McMaster R (Eds). The SAGE Handbook of GIS and Society. London, SAGE Publications Ltd.
- Pan-American Health Organisation (2011). "Developing the Virtual Health Library". Available at <http://www.guy.paho.org/vhl.html> [Accessed 8 March 2012].
- RCAAP (2009). "Open Access Policies Kit". Available at <http://projecto.rcaap.pt/index.php/lang-pt/consultar-recursos-de-apoio/remository?func=startdown&id=336> [Accessed 8 March 2012].
- Riccio HM (2001). "The Virtual Library - Past, Present & Future". Available at <http://www.llrx.com/features/virtuallibrary.htm> [Accessed 8 March 2012].
- Rubenstein JM and Roy DL (2011). "The Cultural Landscape: An Introduction to Human Geography – Basic concepts". Available at http://wps.prenhall.com/esm_rubenstein_humangeo_7/6/1647/421852.cw/index.html [Accessed 8 March 2012].
- Shanley L (2007). GIT Governance: State Models and Best Practices – Pennsylvania. Madison, Wisconsin Department of Administration.
- Stuart N, Moss D, Hodgart B and Padikonyana P (2009). "Making GIS work in developing countries: views from practitioners in African". RICS Research Report. Edinburgh, Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS)/University of Edinburgh.
- Thomson Reuters (2006). "Iraqi Virtual Science Library will help rebuild Iraq for the 21st century". Available at <http://science.thomsonreuters.com/news/2006-07/8329413/> [Accessed 8 March 2012].
- Tinio VL (2002). "ICT in Education". E-Primers on the application of Information and Communication Technologies (ICTs) to development. New York, UNDP.

United Kingdom Science and Learning Expert Group (2010). "Science and Mathematics Secondary Education for the 21st Century". Report of the Science and Learning Expert Group. London.

UNCTAD (2011). Measuring the Impacts of Information and Communication Technology for Development. UNCTAD Current Studies on Science, Technology and Innovation No. 3. United Nations publication. UNCTAD/DTL/STICT/2011/1. New York and Geneva.

UNESCO (2011). "Open Access to Scientific Information". Available at <http://www.unesco.org/new/en/communication-and-information/access-to-knowledge/open-access-to-scientific-information/> [Accessed 8 March 2012].

UNESCO (2010). UNESCO Science Report 2010: The Current Status of Science Around the World. Paris, UNESCO.

University of Maryland (2011). "Scientist Leads Creation of Virtual Science Library for Iraq". Available at <http://www.newswise.com/articles/scientist-leads-creation-of-virtual-science-library-for-iraq> [Accessed 8 March 2012].

Viega J (2004). "Open Source Security: Still a Myth". Available at http://onlamp.com/pub/a/security/2004/09/16/open_source_security_myths.html [Accessed 8 March 2012].

Wheeler D (2011). "Is Open Source Good for Security?" Available at <http://www.dwheeler.com/secure-programs/Secure-Programs-HOWTO/open-source-security.html> [Accessed 8 March 2012].

WHO (2011). "HINARI: Research in Health." Available at <http://www.who.int/hinari/en/> [Accessed 8 March 2012].

WIPO (2011). "ARDI: Research for Innovation". Available at <http://www.wipo.int/ardi/en/> [Accessed 8 March 2012].

World Bank (2011). "Education and Development". Available at <http://go.worldbank.org/15CGSJ3R40> [Accessed 8 March 2012].

Zhong C (2009). "Development of institutional repositories in Chinese universities and the Open Access movement in China". Institute of Advanced Technology Working Paper. Beijing, Peking University.
