

El uso inteligente de herramientas de búsqueda en ciencia, aplicado a la sismicidad en minas

Estudio de caso

VÍCTOR WILSON-CORRAL* | MAYRA RODRÍGUEZ-LÓPEZ**
JAIME JIMÉNEZ GUZMÁN*** | MARIO NIEVES SOTO****

Se presenta aquí el caso de la búsqueda de información científica correspondiente a la sismicidad en minas como un ejemplo de la forma de proceder para búsquedas de información relevante y actualizada, que se puede aplicar en cualquier área de la ciencia. Para identificar las tendencias actuales del conocimiento científico publicado sobre sismicidad en minas, se usaron 222 referencias bibliográficas de documentos científicos publicados en el periodo 2008-2009. Estas referencias fueron obtenidas usando la base de datos HighWire Press. En este estudio se utilizaron herramientas tales como el administrador de información científica EndNote, el índice anual de revistas científicas *Journal Citation Report (JCR)* y la Base de Datos HighWire Press. Una vez generados los datos empíricos, fueron interpretados para identificar las tendencias actuales en el estudio de la sismicidad en minas. Esta herramienta de trabajo puede ayudar a estudiantes y profesores a desarrollar habilidades para acercarse a bibliografía relevante.

The authors present here a case study of how to search for scientific information about seismicity in mines as an example of the way in which students should proceed to find relevant and up to date information, which can be applied in any area of science. In order to identify the current trends of the knowledge about seismicity in mines, the authors made use of 222 bibliographical entries of scientific papers published between 2008 and 2009, which the authors obtained by means of the HighWire Press database. For this study they made use of tools such as the scientific information managing software EndNote, the annual scientific periodicals index Journal Citation Report (JCR), and the HighWire Press data base. After generating the empirical data, they interpreted them in order to identify the current trends in the study of seismicity in mines. This working tool can be useful for students and teachers to help them develop skills to approach specific bibliography for the area they need.

Palabras clave

Aprendizaje
Estudiantes
Índices y bases de datos
Búsqueda de información
Países en desarrollo
Proceso educativo

Keywords

Learning
Students
Index and databases
Search for information
Developing countries
Educational process

Recepción: 24 de mayo de 2011 | Aceptación: 3 de diciembre de 2011

* Doctor en Ciencias y Profesor Titular en el Área de Minas y Metalurgia de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Actualmente desarrolla la línea de investigación asociada a la fitoextracción de oro alojado en desechos de mina. CE: vimawc@uas.edu.mx

** Ingeniería en Recursos Naturales en el Centro de Estudios Justo Sierra (CEJUS), Sinaloa. Desarrolla investigaciones relacionadas con la fitominería para extracción de oro. CE: mayraceciliarguez@gmail.com

*** Doctor en Ciencias e investigador del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), UNAM, México. Líneas de investigación: sistemas sociales, sistema de ciencia y tecnología, y diseño organizacional. CE: jjimen@unam.mx

**** Doctor en Ciencias y Director General de Investigación y Posgrado (DGIP), Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Líneas de investigación: tratamientos de efluentes acuícolas usando moluscos como biofiltros, bioenergética, alimentación de invertebrados acuáticos, fisiología de moluscos. CE: direccion.dgip@uas.edu.mx

INTRODUCCIÓN¹

En ciencia, la explosión de la información ha creado una constante necesidad de actualización y perfeccionamiento (Jiménez, 2009). La demanda de información nunca ha sido tan alta, y este aumento hace que sea necesario garantizar el suministro de información confiable y de la más alta calidad. La meta de la ciencia es producir nuevo conocimiento del mundo natural (Osborne, 2010) que debería ser aplicado con el propósito de lograr el mejoramiento de los niveles de bienestar social (Jiménez, 2009; Escalante y Jiménez, 1998). Sin embargo, las grandes diferencias existentes en los niveles de desarrollo de los países muestran que este objetivo no ha sido cumplido cabalmente. Una compleja mezcla de factores ha confluído para que este mosaico de condiciones sociales se esté manifestando actualmente, y al mismo tiempo se identifica, desde hace tiempo, una clara tendencia en relación con la generación y aplicación del conocimiento científico, lo que ha dado lugar a lo que se denomina la *sociedad del conocimiento*. Desde hace algunos años, las economías que lograron su pleno desarrollo han basado su fortaleza, en gran medida, en la calidad de la información que usan como insumo para la generación de conocimiento nuevo, así como en la capacidad para aplicar este conocimiento a la producción (Cerejido, 2009). Las tendencias actuales en relación con el aprendizaje de las ciencias por parte de los estudiantes de las instituciones educativas de todo el mundo, debe tener como principal insumo información científica actualizada y de alta calidad, proveniente de publicaciones de prestigio. Como resultado de lo anterior,

se esperaría que las instituciones educativas avanzaran en el propósito de garantizar, para todos sus estudiantes, el desarrollo de competencias de alto nivel para su desempeño profesional. Esto, por supuesto, incluye a las instituciones educativas de Latinoamérica, donde el nivel de calidad de la información usada por los estudiantes es un aspecto que ha sido sistemáticamente descuidado. Curiosamente, y contrario a lo que podría suponerse, en países con economías desarrolladas ocurre un fenómeno similar. Por ejemplo, en los Estados Unidos, la gran mayoría de los estudiantes está acostumbrada a las clases de ciencias donde aún se insiste en aprender a través de memorizar hechos del mundo natural (Alberts, 2010).

La ciencia y su lenguaje

Se puede decir que la ciencia se basa en la generación e interpretación de datos. Adicionalmente, la ciencia trata de comunicar hechos, ideas e hipótesis. Los científicos escriben, hablan, debaten, visualizan, escuchan y leen acerca de sus especialidades, pero el lenguaje usado en la ciencia es diferente al usado en la conversación coloquial. Para los estudiantes que no están familiarizados con el lenguaje de la ciencia, el acto aparentemente simple de la comunicación puede ser una barrera para su comprensión o para involucrarse con la ciencia (Hines *et al.*, 2010). Como consecuencia de lo anterior, los esfuerzos para ayudar a los estudiantes a entender el conocimiento científico deben tener siempre en cuenta la necesidad de entender los términos utilizados para escribir y hablar sobre ciencia, es decir, las palabras de uso académico así como los términos específicos de cada disciplina (Snow, 2010).

1 Los autores agradecen a Rigoberto Ayala Mireles, Sergio Ayón Ayón, Filiberto Zepeda Flores, Abraham Reséndiz Hernández, Ernesto Sámano Reséndiz, Carlos García Vega, y Jesús Ricardo García Vega, estudiantes de tercer grado del Área de Minas y Metalurgia en el Programa de nivel Técnico Superior Universitario, ofrecido por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Sinaloa, quienes participaron en la generación de datos empíricos en este estudio. Asimismo, agradecen al Dr. Marcelino Cerejido, profesor titular en el Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), por su importante contribución en el aspecto conceptual asociado a este estudio. Asimismo, se agradece a la L.S.C. Silvia Verónica Reyes Villela, profesora de la Academia de Lenguaje y Comunicación en el CETMAR N° 13 de Topolobampo, Sinaloa, México, por dedicarle parte de su valioso tiempo a la lectura de este artículo.

Es muy importante tener en cuenta que para lograr en los estudiantes una mayor competencia en la lectura, escritura e investigación científica, se requiere de maestros competentes que entiendan el papel fundamental que representa la alfabetización en la ciencia para el mejoramiento de estas competencias. Asimismo, es importante que los profesores entiendan que ellos deben convertirse en los guías de sus estudiantes en esas prácticas, en lugar de sustituir el aprendizaje por ejercicios de memorización (Krajcik y Sutherland, 2010).

La ciencia y el idioma para su publicación

La información científica es usada en los procesos intelectuales, productivos y sociales con el objeto de avanzar en la ciencia, la innovación tecnológica, la productividad, el crecimiento económico y, finalmente, en el mejoramiento de las condiciones de vida de las personas. En relación con los lenguajes en los cuales se expresa el nuevo conocimiento, algunos estudios publicados hace más de dos décadas muestran que el idioma universal de la ciencia es el inglés (Garfield, 1987). De acuerdo con Garfield, el científico que no tiene dominio sobre el idioma inglés enfrenta dos grandes obstáculos en la comunicación con sus colegas de todo el mundo: el primero es la dificultad en el uso de la literatura científica, cuyas revistas importantes se escriben en inglés; en segundo lugar, no escribir artículos en inglés atraerá significativamente a menos lectores. Por no haber desarrollado la habilidad de escribir en inglés, un científico puede construir alrededor de su trabajo una valla que mantendrá a sus colegas a distancia.

Es importante que el estudiante se familiarice con formas de proceder que le posibiliten el desarrollo de habilidades deseables para el aprendizaje de las ciencias, independientemente del área del conocimiento en la cual se esté formando como profesional (López Pérez, 2006; López Pérez y Cruz, 2006; Moreno, 2006). La importancia que tiene para los estudiantes de ciencia el poder tener acercamiento al

conocimiento científico publicado en inglés, ha llevado, de acuerdo con Webb (2010), a que muchos países de África que en el pasado fueron colonizados por Estados anglosajones elijan el inglés como la lengua para la enseñanza en sus escuelas, como un medio para promover la movilidad económica y social entre sus estudiantes y egresados.

Las revistas científicas y sus índices de calidad

La medida de la producción científica de unidades de investigación alrededor del mundo es un aspecto muy importante que ha despertado el interés de los estudiosos (Nejati *et al.*, 2009). Así, la medición de la cantidad y la calidad de la producción científica generada han sido y sigue siendo objeto de permanentes y cuidadosos estudios. Para medir estos aspectos de la ciencia que se produce en los países, es necesario analizar el número de artículos de investigación publicados y arbitrados, así como las citas que estos documentos han recibido (King, 2004). Sin embargo, algunos analistas han encontrado que es altamente difícil evaluar la productividad científica debido, entre otras cosas, a complejidades de orden técnico, así como a la clasificación temática de los artículos y, finalmente, al manejo de la autoría múltiple (Matthiessen *et al.*, 2010).

El nivel de calidad de las fuentes de información en las que se publican los avances del conocimiento de cualquier área está siendo objeto de permanente evaluación. Los niveles de escrutinio a los que se someten los documentos científicos antes de su publicación, así como aquellos que valoran la calidad de las investigaciones desarrolladas por la comunidad científica, son practicados, a menudo, con altos niveles de rigurosidad. Sin embargo, a pesar de lo anterior las publicaciones científicas pueden llegar a ser objeto de fraudes por parte de algunos investigadores que, en ocasiones, logran burlar el arbitraje al que sus documentos deben ser sometidos antes de su publicación. Un claro ejemplo de ello

lo constituye el incidente registrado recientemente en la Escuela de Medicina de Monte Sinaí, en la ciudad de Nueva York, donde un grupo de investigadores publicó fraudulentamente cuatro documentos científicos relacionados con el área de genoterapia en revistas con altos niveles de influencia en el ámbito científico contemporáneo (Miller, 2010).

La manera de evaluar la calidad de las fuentes primarias de información científica es también variada. A continuación se describen brevemente dos de las formas más comúnmente usadas para analizar la calidad de una revista: la primera es la denominada “factor de impacto”, que es el cociente entre el número de citas de la revista en un periodo de dos años, y el número de artículos publicados en esta revista en el mismo periodo. La segunda es la que se conoce como “Science Citation Factor”, en el cual se analiza el número de veces que se cita una revista (Hofbauer, 2002). De ahí que las fuentes de información científica donde se publica el conocimiento nuevo, generado por la actividad de la comunidad científica, deben ser cuidadosamente elegidas en las instituciones educativas, para luego hacer una selección de aquellas que resulten más pertinentes y relevantes para el proceso de formación de los estudiantes.

Las bases de datos científicas

Un estudiante alfabetizado en ciencia debe tener la habilidad para localizar la información científica pertinente para el aprendizaje en su área de interés. Los depósitos de información científica más comúnmente usados son las bases de datos científicas; se trata de dispositivos electrónicos sistematizados que contienen información científica organizada para su uso. Además, una base de datos es un sistema destinado a organizar, almacenar y recuperar grandes cantidades de datos fácilmente. Generalmente, esta colección organizada de datos se encuentra en forma digital.

En relación con su contenido, las bases de datos pueden ser bibliográficas, de documentos

de texto, o de estadísticas. Las bases de datos bibliográficas internacionales son herramientas útiles para el estudio de muchos aspectos del sistema internacional de investigación. Algunas bases de datos muy conocidas en el ámbito académico contemporáneo son: BIOSIS, HighWire Press, MedLine, ScienceDirect, Scirrus, Scopus y Web of Science. Sin embargo, a pesar de la gran utilidad que representa el uso de esta herramienta para el proceso de formación de los estudiantes, en general, sus habilidades para usar las bases de datos científicas y obtener, a partir de éstas, la información científica pertinente para el desarrollo de un trabajo específico, es sumamente limitada.

Los administradores de información científica

Con el desarrollo de las tecnologías de la información y de la comunicación se han generado condiciones para que los volúmenes de información disponibles acerca de cualquier área del conocimiento sean abundantes. El manejo de esta información se dificulta a medida que el volumen de información crece, y esto hace necesario el uso de herramientas eficaces para administrarla. Los administradores de información científica son herramientas muy útiles tanto para el manejo de la misma como para la construcción de bases de datos empíricos acerca de aspectos relevantes del conocimiento científico, asociado a cualquier área. Un administrador de información es un dispositivo electrónico que permite, entre otras muy útiles aplicaciones, el poder realizar búsquedas de información en bases de datos bibliográficas, y organizar referencias e imágenes instantáneamente. Además ayuda a que la lista de referencias bibliográficas, cuadros y figuras de documentos científicos, aparezcan en el orden establecido por el autor.

Uno de los administradores de información científica más poderosos que actualmente se conocen es EndNote. Otros administradores que están disponibles y que también son usados por la comunidad científica son, por

ejemplo: Reference Manager, ProCite, BibTex, RefWorks y Zotero. Desafortunadamente, el uso de estas herramientas tan útiles en el proceso de aprendizaje, se ha limitado sólo a algunos investigadores. La inmensa mayoría de los estudiantes y profesores de nivel superior desconocen el manejo de las mismas, así como los beneficios que éstas podrían aportar al desarrollo de habilidades para la construcción de su aprendizaje.

La alfabetización científica en el mundo contemporáneo

Es un hecho generalizado que existen serias deficiencias en los estudiantes de todos los niveles educativos respecto del desarrollo de habilidades para el aprendizaje de las ciencias. En este sentido, resulta relativamente fácil explicar las razones por las cuales en países con economías desarrolladas, la mayor parte de la población tiene problemas de analfabetismo en la ciencia y en países con economías en proceso de desarrollo, “la ciencia no existe” (Cerejido, 2009).

La alfabetización en la ciencia ha sido el “grito de batalla” de la reforma en la educación científica desde hace 20 años, aunque esta frase ha tenido múltiples y a veces contradictorios significados (Pearson *et al.*, 2010). Algunos investigadores latinoamericanos, como es el caso de Marcelino Cerejido, también han insistido en la importancia de que los estudiantes sean individuos alfabetizados en la ciencia (Cerejido, 2009). Según este autor, el analfabetismo científico es la incapacidad de interpretar la realidad “a la manera científica”, es decir, sin invocar milagros, revelaciones, dogmas ni el principio de autoridad.

Tanto en los países con economías desarrolladas como en aquellos con economías en desarrollo, en las últimas cinco décadas se ha generado un consenso dentro de la comunidad de la educación científica acerca de la necesidad de centrarse en la alfabetización científica (Webb, 2010). Una curiosa dificultad que se presenta a menudo, en relación con la

adquisición de conocimiento científico por los estudiantes, consiste en que resulta más difícil lograr la modificación de un conocimiento ya adquirido que lograr el aprendizaje de un conocimiento nuevo (Van den Broek, 2010). En algunos países se están desarrollando esfuerzos importantes para lograr el establecimiento de políticas orientadas hacia el mejoramiento en la calidad de la educación, la ciencia y la investigación. Tal es el caso de la India donde, recientemente, el gobierno ha abierto varias instituciones de investigación y educación de alta calidad, y ha establecido campus adicionales a los institutos tecnológicos. Adicionalmente, con el propósito de fortalecer las medidas aplicadas, también se ha duplicado el número de becas doctorales y postdoctorales en los últimos cinco años (Bayry *et al.*, 2011).

Los objetivos de la educación de los estudiantes en ciencias podrían ser diversos. Por ejemplo, las metas de la ciencia en la escuela, de acuerdo con las Normas Nacionales de Educación en la Ciencia en los Estados Unidos, son: educar a los estudiantes para que sean capaces de experimentar la riqueza y la emoción de conocer y comprender el mundo natural; usar adecuadamente procesos y principios científicos en la toma de decisiones personales; participar inteligentemente en el discurso público y el debate sobre cuestiones de carácter científico y tecnológico; y aumentar su productividad económica a través de la utilización de conocimientos, comprensión, y habilidades de personas científicamente alfabetizadas en sus carreras (National Committee on Science Education Standards and Assessment, 1996). Estos son los aspectos que actualmente, en los Estados Unidos, definen una sociedad científicamente alfabetizada.

La alfabetización informacional

En los últimos años, la ciencia y la información sobre la ciencia han experimentado cambios auténticamente revolucionarios (Day,

2005). A este respecto hay que agregar que los países del llamado primer mundo han desarrollado la forma de transformar la información científica en conocimiento científico, y éste, en producción y “poder”; mientras que los países del denominado “tercer mundo” aún no lo han podido lograr (Cereijido, 2009). Como ya se ha dicho, en las instituciones educativas de los países en desarrollo ocurren serias deficiencias en el proceso de aprendizaje de los estudiantes; una de las manifestaciones de estas deficiencias consiste en la escasa habilidad que los estudiantes (y profesores) exhiben para definir, buscar, clasificar, seleccionar, recuperar y aplicar la información científica actual, relevante, pertinente y de impacto en su proceso de aprendizaje.

Un estudiante capaz de determinar la naturaleza y el nivel de la información que requiere, puede ser considerado como un estudiante *alfabetizado informacionalmente* (Warner, 2003). El desarrollo de las habilidades necesarias para ser un estudiante alfabetizado en el uso de la información científica debiera ser una cualidad esencial, cualquiera que sea la institución en la que los estudiantes estén llevando a cabo su proceso de formación (Licea de Arenas, 2007). También es de hacerse notar que la adquisición de un atributo tan deseable como lo es el ser alfabetizado en el uso de la información científica no debería limitarse sólo a los estudiantes, sino que tendría que ser una cualidad esencial en los individuos de la especie humana. Desafortunadamente, en los países de América Latina y el Caribe la falta de acceso de una gran parte de la población a los servicios educativos hace que la alfabetización informacional se convierta en una tarea difícil de lograr (Licea de Arenas, 2009).

Los paradigmas de la enseñanza y el aprendizaje

Cambiar paradigmas es difícil. De acuerdo con Barr y Tagg (1995), los paradigmas cambian cuando el paradigma dominante pierde su capacidad para resolver problemas

y generar una visión positiva del futuro. La discusión, que aún permanece sobre la mesa, acerca de los paradigmas de la enseñanza y del aprendizaje, se ha prolongado hasta la actualidad. Documentos científicos publicados hace más de una década advierten que el paradigma dominante confunde el fin con los medios (Barr y Tagg, 1995), es decir, la misión de las instituciones no debiera ser la de dar instrucción al estudiante, sino más bien lograr que *aprenda a aprender* y que produzca el conocimiento que requiere para el mejor desempeño de su trabajo. Hasta hace algunos años, los programas educativos eran contruidos a través de una simple recopilación de aportaciones que se obtenían del conjunto de disciplinas que constituían una profesión; sin embargo, durante las décadas recientes se han observado algunas iniciativas para revisar estas prácticas (Majoor, 2004).

De acuerdo con Arenas *et al.* (2003), el aprendizaje de la ciencia está basado más en el descubrimiento guiado por un asesor que en la transmisión de la información generada en un área del conocimiento. Sostienen, además de lo anterior, que inherente al aprendizaje basado en la investigación se encuentra un elemento de reciprocidad: el personal docente de la institución de educación superior puede aprender de sus estudiantes, tal y como los estudiantes aprenden de ellos. El aprendizaje basado en la investigación requiere, entonces, de un profundo cambio de la forma en que el sistema educativo funciona.

La experiencia de la mayoría de los estudiantes de las instituciones de educación superior es que en la enseñanza tradicional se toma un curso después de otro, y se listan, transcriben, absorben y repiten esencialmente los mismos conceptos plasmados en libros no necesariamente actualizados, tal y como se ha hecho por generaciones. Un estudio sobre el sistema educativo de los Estados Unidos ha alertado con respecto a que, intentando enseñar en forma rigurosa, frecuentemente se provoca que las clases sean una experiencia

ardua y tediosa en lugar de interesante y atractiva, con lo que muchos estudiantes son desanimados por profesores que rechazan reconocer nuevos enfoques (Greenwood *et al.*, 1999). Así, la creencia de la transmisión de conocimientos por la exposición ha sido superada desde el punto de vista conceptual, tecnológico y científico, especialmente en el nivel de la educación superior. Los profesores deben transformar sus sitios de investigación (laboratorios, campos de experimentación, cubículos, salas de seminarios y comunidades) en *espacios de aprendizaje* en los cuales los estudiantes de cualquier nivel participen en el proceso de descubrimiento y de comunicación del conocimiento. Así, aquellos que desarrollen los conocimientos y habilidades, sin importar su nivel académico, deben practicarlas en su propio entorno, y ayudar a los demás a desarrollarlas.

El paradigma de la sociedad industrial le está cediendo su lugar al paradigma de la sociedad del conocimiento, donde el principal recurso económico es el conocimiento y el desarrollo de las habilidades intelectuales del ser humano, cualquiera que sea su condición. El conocimiento, entonces, no se transmite de un individuo a otro, sino que se construye *en forma colectiva* por medio de operaciones y habilidades basadas en la investigación y la interacción social (Arenas *et al.*, 2003). Sin embargo, el uso de herramientas para el aprendizaje y el desarrollo de habilidades deseables que faciliten al estudiante ser protagonista en la construcción de su propio aprendizaje, ha sido descuidado en las instituciones educativas en todos los niveles. Existen pocos reportes científicos en los cuales se dé constancia acerca del uso de herramientas avanzadas tales como los administradores de información científica, las bases de datos científicas y los catálogos de revistas científicas publicados anualmente, cuyo uso ayude en la generación de datos, pues en la gran mayoría de las instituciones de educación superior, estos aspectos

son completamente desconocidos por los estudiantes y, con frecuencia, hasta por los propios docentes.

El proceso de aprendizaje en las escuelas de minería en México

Los profesores en las carreras de minería en México, generalmente ponen el énfasis en la transmisión de información acerca de aspectos técnicos muy específicos; desafortunadamente, de esta forma se descuidan los aspectos finos del aprendizaje de las ciencias asociadas a la minería. Especialmente notables, en este país, son las deficiencias exhibidas tanto por estudiantes como por profesores en una disciplina conocida como *sismicidad en minas*, donde los profesores no logran crear consensos en relación con las formas y los contenidos que debieran trabajarse por los estudiantes de minas.

El currículo correspondiente tanto a las carreras de minería como a cualquier otra área del conocimiento debiera revisarse con frecuencia para poder actualizarlo oportunamente, con el propósito de identificar los aspectos nuevos del conocimiento que resulten fundamentales para el aprendizaje de los estudiantes en su área de formación profesional. Cuando la revisión no es oportuna, se puede provocar que los estudiantes experimenten un notable desfasamiento con respecto a los aspectos específicos que deberían tratarse en cada asignatura.

Herramientas de búsqueda en ciencia, aplicadas a la sismicidad en minas

A continuación se detalla el uso inteligente de herramientas de búsqueda de bibliografía relevante y actualizada sobre sismicidad en minas. Esta relación detallada del proceso se expone como un ejemplo de la forma en que se puede llevar a cabo una búsqueda en cualquier rama del conocimiento.

Aplicando el administrador de información científica EndNote X3, el índice de

revistas Journal Citation Report (edición 2008),² publicado por la empresa Thompson Reuters y la base de datos científica HighWire Press, los objetivos de este estudio fueron:

- a) Medir la proporción de información científica asociada a la sismicidad en minas que se publicó en español y en inglés en el periodo 2008-2009.
- b) Identificar las series periódicas que publicaron la mayor proporción de la información científica acerca de sismicidad en minas en el periodo 2008-2009.
- c) Identificar las series periódicas más impactantes que publicaron documentos científicos acerca de sismicidad en minas en el periodo 2008-2009.
- d) Analizar la distribución geográfica sobre la producción científica asociada a la sismicidad en minas en el periodo 2008-2009.
- e) Identificar a los investigadores que generan la información científica asociada a la sismicidad en minas en el periodo 2008-2009, y sus correspondientes centros de investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Información científica sobre sismicidad en minas publicada en español

Con el propósito de identificar la proporción de información científica que se publica en español acerca de la sismicidad en minas, se desarrolló una serie de búsquedas de información en la Base de Datos HighWire Press de la biblioteca de la Universidad de Stanford. Esta biblioteca fue seleccionada por ser considerada como una de las plataformas líderes en contenido de publicaciones científicas alrededor del mundo.³ Inicialmente, con el propósito de localizar el volumen de información publicada en español, se realizó la búsqueda de referencias bibliográficas usando la frase:

“sismicidad en minas”, combinada con las opciones de búsqueda: “*Anywhere in text*”, “*all*” y “*HighWire-hosted content only*”. El periodo definido para la realización de la búsqueda de información fue: enero 1753-febrero 2010.

Información científica sobre sismicidad en minas publicada en inglés

Posteriormente, con el propósito de obtener el volumen de información publicada en inglés acerca del tópico seleccionado para este estudio, se realizó la búsqueda de referencias bibliográficas en la misma base de datos, usando la frase: “*seismicity mine*”, combinada con las opciones de búsqueda: “*Anywhere in text*”, “*HighWire-hosted content only*” y “*all*”. Nuevamente, el periodo definido para el desarrollo de la búsqueda de la información científica correspondió a: enero 1753-febrero 2010.

Determinación de la proporción de información publicada en cada revista

Aunque la búsqueda inicial se llevó a cabo de 1753 a 2010, se eligió el periodo 2008-2009 para la realización de este estudio con el fin de utilizar la información relevante y actualizada sobre el problema planteado. A efecto de determinar la proporción con la que participa cada revista en el volumen total de información científica, se tomó el total de las referencias bibliográficas encontradas en el periodo considerado (2008-2009), que fue de 222. Para este propósito, se seleccionó el administrador de información científica EndNote X3 debido a que es una de las herramientas para la administración de información más poderosa disponible en la actualidad. A continuación, se procedió a construir una plantilla en EndNote X3, lo que permitió extraer, de la muestra seleccionada, el nombre de la revista en la que se publicó cada artículo correspondiente a las 222 referencias. Para la creación de la plantilla se desarrolló un procedimiento que incluyó la siguiente secuencia de comandos en

² Thompson Reuters (2008), *Journal Citation Report*, Philadelphia, PA.

³ Véase HighWire Press, Brief background en: <http://highwire.stanford.edu/about/> (consulta: mayo 12 de 2010).

EndNote X3: Edit → Output Styles → New Style → Bibliography → Templates → Reference Types → Journal Article → Insert Field → Journal. La plantilla así creada fue almacenada en el menú de plantillas ya existentes en EndNote X3. Luego, la plantilla generada fue seleccionada del menú existente para ser utilizada con el propósito ya descrito al inicio de esta sección. A continuación se desarrolló la siguiente secuencia de comandos en EndNote X3: Edit → Select All → Edit → Copy Formated. El procedimiento anterior permitió obtener la lista del total de revistas contenidas en la muestra estudiada.

La fase siguiente del trabajo consistió en trasladar la lista de revistas, obtenida en el paso anterior, a una hoja de Excel. Posteriormente, el listado contenido en Excel fue ordenado alfabéticamente. Luego se realizó el conteo de frecuencias de aparición de cada revista en el listado de Excel. Finalmente, se calculó la proporción con que participa cada revista en el volumen total de la muestra estudiada y se expresó en forma de porcentaje.

Determinación del factor de impacto de las revistas científicas

Para este caso se usaron las 222 referencias bibliográficas mencionadas en el apartado anterior. El índice de revistas que fue seleccionado para la consulta del factor de impacto de las revistas científicas fue Journal Citation Report (JCR), edición 2008. Este índice, de frecuencia de aparición anual, editado y publicado por Thompson Reuters, fue seleccionado por ser uno de los más aceptados entre la comunidad científica contemporánea. Finalmente se consultó el factor de impacto de cada una de las revistas contenidas en el listado.

Aplicando el procedimiento que se explica a continuación, se determinó el factor de impacto de los títulos de las revistas científicas comprendidas en la muestra estudiada. Inicialmente, con el propósito de facilitar la obtención del listado de revistas a las que corresponden los artículos científicos asociados

a las referencias bibliográficas de la muestra estudiada, se procedió a exportar, de la Base de Datos HighWire Press, las 222 referencias bibliográficas a una biblioteca creada previamente en EndNote X3. Para este propósito, después de abrir la biblioteca que contenía la muestra, se aplicó la siguiente secuencia de comandos en EndNote X3: Tools → Open Term Lists → Journal Term List. A continuación se copió la lista de revistas obtenida en el paso anterior y se trasladó a una hoja de Excel.

Determinación de la distribución geográfica de la producción científica acerca de la sismicidad en minas

En este estudio también se abordó la distribución geográfica de la producción científica asociada con la sismicidad en minas. Para este propósito, después de abrir el archivo de 222 referencias bibliográficas se desarrolló la siguiente secuencia de comandos en EndNote X3: Edit → Output Styles → New Style → Bibliography → Templates → Reference Types → Journal Article → Insert Field → Author Address. La plantilla así creada se almacenó en el menú de plantillas ya existentes en EndNote X3. Posteriormente, la plantilla creada fue seleccionada del menú para ser utilizada con el propósito ya descrito. A continuación, después de asegurarse de tener abierto el archivo de referencias de la muestra estudiada, se desarrolló la siguiente secuencia de comandos en EndNote X3: Edit → Select All → Edit → Copy Formated. Este procedimiento permitió obtener la lista de países que correspondió a las 222 referencias bibliográficas. La información obtenida a partir del procedimiento anterior se trasladó a una hoja de Excel.

El paso anterior permitió obtener información acerca de la institución y el país en el que se desempeñan los investigadores correspondientes a las referencias de la muestra estudiada. Después de concluida la fase anterior, se suprimieron de cada línea de la hoja de Excel los detalles correspondientes a la dirección del autor dejando en cada línea únicamente el

nombre del país al que corresponde la institución del autor. Posteriormente, el listado así obtenido se ordenó alfabéticamente y se realizó el conteo de frecuencias de aparición de cada país contenido en la lista. Finalmente, se calculó la proporción de artículos, expresada en porcentaje, con que participa cada país en el volumen total de referencias de la muestra estudiada.

Determinación de la sociología de la producción científica acerca de la sismicidad en minas

Otro de los aspectos que se determinó en este estudio fue el que corresponde a la cantidad de artículos científicos publicados acerca de la sismicidad en minas por cada investigador. Para ello, inicialmente se construyó una plantilla desarrollando la siguiente secuencia de comandos en EndNote X3: Edit → Output Styles → New Style → Bibliography → Templates → Reference Types → Journal Articles → Insert Field → Author. Antes de llevar a cabo esta secuencia de comandos se abrió el archivo que contenía las 222 referencias bibliográficas. La plantilla así creada fue guardada en el menú de plantillas de EndNote X3.

Habiendo concluido la fase descrita en el párrafo anterior, se desarrolló la siguiente secuencia de comandos en el administrador de información: Edit → Select All → Edit → Copy Formated. El procedimiento anterior facilitó la obtención de la lista total de autores contenidos en las 222 referencias bibliográficas. La información obtenida a partir del procedimiento anterior se trasladó a una hoja de Excel. Posteriormente, se ordenó la lista de autores obtenida en el paso anterior, dejando únicamente un autor en cada línea del archivo Excel. Posteriormente, el listado así obtenido

se ordenó alfabéticamente, se realizó el conteo de frecuencias de aparición de cada autor en la lista y finalmente se calculó la proporción con que participa cada autor en el volumen total de referencias bibliográficas estudiadas. Una vez identificada la lista de autores se procedió a buscar en las fichas bibliográficas, uno a uno, a la totalidad de los autores, para conocer la institución o la dependencia en la cual se desempeña cada uno.

RESULTADOS

Al proceder de la forma ya descrita, uno de los aspectos que se determinó en este estudio fue el volumen de información científica que se publica tanto en inglés como en español acerca de la sismicidad en minas. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Volumen de información científica que se publicó en inglés y español acerca de la sismicidad en minas en el periodo 2008-2009

Idioma	Artículos publicados
Español	5
Inglés	2240

En la segunda columna del Cuadro 1 puede observarse que la mayor proporción de la información científica publicada acerca de sismicidad en minas corresponde al idioma inglés, con un total de 2 mil 240 artículos publicados en el periodo 2008-2009.

Con referencia al volumen de información que se publica en cada una de las revistas científicas que abordan este tópico, los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Listado de revistas científicas que publicaron la mayor proporción de artículos acerca de la sismicidad en minas en el periodo 2008-2009

Revista	Participación en la producción (%)
<i>Bulletin of the Seismological Society of America</i>	37.79
<i>Geological Society of America Special Papers</i>	17.70
<i>Seismological Research Letters</i>	12.91
<i>Geology</i>	6.69
<i>Geological Society of America Bulletin</i>	6.22
<i>Geological Society, London, Special Publications</i>	5.74
<i>Journal of the Geological Society</i>	4.30
<i>Field Guides</i>	3.35
<i>Geosphere</i>	2.07

Nota: el 3.23 por ciento restante se distribuye entre 15 revistas.

La segunda columna del Cuadro 2 muestra que la revista que publica la mayor proporción de artículos científicos acerca de la sismicidad en minas es el *Bulletin of the Seismological Society of America*. Por otra parte, se determinó el factor de impacto de cada una de las revistas científicas contenidas en las referencias bibliográficas. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 3.

La segunda columna del Cuadro 3 muestra que, de las revistas que publican acerca de la sismicidad en minas, *Science* es la de mayor factor de impacto, con un valor de 28.103.

Además de los aspectos ya citados, en este estudio se determinó la forma en que se distribuye la producción científica por país de origen, es decir, la geografía del conocimiento científico asociada al tópico estudiado. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 3. Factor de impacto de las revistas científicas que publicaron información acerca de sismicidad en minas en el periodo 2008-2009

Revista	Factor de impacto
<i>Science</i>	28.103
<i>Journal of Petrology</i>	4.289
<i>Geological Society of America Bulletin</i>	3.032
<i>Bulletin of the Seismological Society of America</i>	2.199
<i>Geosphere</i>	1.627
<i>Geology</i>	1.569
<i>AAPG Bulletin</i>	1.364
<i>Economic Geology</i>	1.265
<i>Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology</i>	0.919
<i>Environmental and Engineering Geosciences</i>	0.300

Nota: el resto de las revistas que fueron identificadas en este estudio no tiene factor de impacto, de acuerdo con el índice JCR, edición 2008.

Cuadro 4. Distribución geográfica de la producción científica relacionada con la sismicidad en minas en el periodo 2008-2009

País	Distribución de la producción científica
Estados Unidos	55.6
Reino Unido	5.1
Francia	5.1
Alemania	4.1
Italia	3.1
Sudáfrica	3.1
Canadá	2.6
España	2.6
Japón	2.0
México	2.0
Nueva Zelanda	2.0
Austria	2.0

Nota: el 3.23 por ciento restante se distribuye entre 15 revistas.

Al observar la segunda columna del Cuadro 4, es posible apreciar que Estados Unidos es el país que domina la producción científica asociada con la sismicidad en minas, con el 55.6 por ciento de la producción científica generada en el periodo estudiado.

Finalmente, se identificó al grupo de investigadores que desarrollan su actividad científica en la generación de conocimiento acerca de la sismicidad en minas. Los resultados relacionados con la sociología del conocimiento científico asociado a este tópico, para el periodo estudiado, se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Investigadores que generaron el conocimiento científico, asociado con la sismicidad en minas, en el periodo 2008-2009

Autor	Institución	Frecuencia
R. Durrheim	Council for Scientific and Industrial Research and School of Geosciences, University of Witwatersrand, Johannesburg, South Africa	6
E. Hauksson	Seismological Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena CA	5
A. Lomax	A Lomax Scientific, Mouans-Sartoux, France	4
K.R. Felzer	Department of Earth and Planetary Sciences, Harvard University, Cambridge, Massachusetts	4
S. Ma	Department of Earth Sciences, University of Western Ontario, London, Ontario, Canada	4
V. Peci	Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario, Canada	4
A.A. Velasco	Professional Geophysicist Texas, University of Texas at El Paso Geological Sciences	3
A. Kijko	Seismology Unit, Council for Geoscience, Pretoria, South Africa	3
C. Zeiler	Geological Sciences Department, University of Texas	3
D.W. Eaton	Department of Geoscience, University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada	3
H. Igel	U.S. Geological Survey, University of Washington, Seattle	3
J.F. Hughes	U.S. Geological Survey, University of Washington, Seattle	3
J.L. Anderson	Geology Department, University of Hawaii at Hilo	3
K. Hutton	Seismological Laboratory, California Institute of Technology	3
M.K. McCarter	Department of Mining Engineering University of Utah	3
M. Lamontagne	Geological Survey of Canada	3
M. Suter	Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Estación Regional del Noroeste, Hermosillo, Sonora, México	3
S. E. Hough	U.S. Geological Survey, Pasadena, California	3
S. Halchuk	Canadian Hazard Information Service, Geological Survey of Canada	3
T. Parsons	U.S. Geological Survey, Western Region, Southwest area, Geology discipline	3
W.R. Walter	Lawrence Livermore, California National Laboratory	3

Nota: sólo se incluyen autores que hayan generado una producción de tres o más artículos en el periodo estudiado. La lista restante la constituyen 668 autores.

La primera columna del Cuadro 5 muestra que R. Durrheim es el investigador que mayor cantidad de artículos publicó sobre el tópico en el periodo estudiado.

DISCUSIÓN

La segunda columna del Cuadro 1 permite apreciar que sólo 0.2 por ciento de la información científica relacionada con la sismicidad en minas se publica en español, mientras que 99.8 por ciento se publica en inglés. Esto es congruente con la afirmación hecha por Garfield (1987), en el sentido de que el idioma universal de la ciencia es el inglés.

Por otra parte, al observar la segunda columna del Cuadro 2 es posible determinar que las siguientes revistas, en conjunto, publican 68.4 por ciento del total de la producción científica asociada a la sismicidad en minas: *Bulletin of the Seismological Society of America*, *Geological Society of America Special Papers* y *Seismological Research Letters*. Es decir, en tres revistas científicas se concentran más de las dos terceras partes de la producción total. En la misma columna del Cuadro 2 se observa que uno de cada tres documentos científicos sobre sismicidad en minas se publica en la revista *Bulletin of the Seismological Society of America*. En el Cuadro 3 se aprecia que esta revista tuvo un factor de impacto de 2.199, de acuerdo con el índice Journal Citation Report, edición 2008.

Por otra parte, los resultados mostrados en el Cuadro 3 también permiten observar que la revista de mayor impacto en el ámbito científico contemporáneo, que publica acerca del tópico referido, es *Science*, cuyo factor de impacto es 28.103. Sin embargo, de acuerdo con los resultados presentados en el Cuadro 2, esta revista no se encuentra situada entre las que más publican acerca de este importante tópico. Es importante señalar que no es una revista especializada en el tema en cuestión, sino que está dedicada a reportar resultados relevantes de la ciencia en general.

Los resultados mostrados en el Cuadro 4 revelan que los Estados Unidos ejercen un fuerte dominio sobre el resto de los países del mundo, ya que generan 55.6 por ciento de la producción científica asociada a la sismicidad en minas. Es decir, uno de cada dos documentos científicos relacionados con el tópico señalado se produce en instituciones o dependencias localizadas en ese país. Lo anterior es consistente con los datos publicados por King (2004), que establecen que entre 1997 y 2001, la producción científica de los Estados Unidos representó 34.86 por ciento de la producción científica global, seguido por el Reino Unido, con 9.4 por ciento. En cuanto a los países iberoamericanos, la producción científica de España representó 2.85 por ciento y la de Brasil 1.21 por ciento de la producción científica global. El resto de los países iberoamericanos no aparecen en la lista de los 32 países más importantes en este aspecto. Consecuentemente, es posible que estos países tampoco se encuentren en condiciones de poder vincular el escaso conocimiento científico generado en sus instituciones con la producción y generación de bienestar para sus pobladores (Jiménez, 2009; Escalante y Jiménez, 1998).

Los fondos para la operación de las universidades en Latinoamérica son, en su mayor parte, provenientes de las instituciones gubernamentales. Mientras tanto, la proporción de financiamiento que estas universidades obtienen a partir de los servicios que ofrecen a las empresas o a la comunidad, son sumamente limitados. Este fenómeno ocurre en forma inversa en los países con economías desarrolladas, donde las universidades obtienen una proporción importante de sus recursos a partir de los servicios que ofrecen a la sociedad y a la iniciativa privada a través de la conformación de consorcios universidad-empresa. De ahí la gran importancia de que en las instituciones educativas de los países de Latinoamérica se diseñen políticas adecuadas que les permitan incrementar los fondos destinados a incentivar la actividad científica,

así como a revisar los modelos de aprendizaje aplicados en estas instituciones.

Los resultados mostrados en el Cuadro 5 muestran que R. Durrheim es quien encabeza actualmente la producción científica asociada con la sismicidad en minas. Este investigador generó un total de seis publicaciones en el periodo 2008-2009. Además, se pudo determinar que actualmente colabora en el Council for Scientific and Industrial Research and School of Geosciences, University of Witwatersrand, Johannesburgo, Sudáfrica. Su productividad científica asciende a un promedio de un documento publicado cada cuatro meses. Este autor es seguido por E. Hauksson, del Seismological Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California. Hauksson generó un volumen total de cinco publicaciones en el mismo periodo en el que Durrheim produjo seis.

Las herramientas usadas en este estudio, así como los datos empíricos generados, son elementos que pueden ser usados por los estudiantes para realizar una crítica seria acerca del nivel de desfasamiento que experimentan con relación a la información que actualmente se encuentran utilizando en su proceso de formación, comparada con la información que debieran estar utilizando en esta área del conocimiento. El desarrollo constante de las tareas de búsqueda expuestas en este estudio, así como la generación de datos empíricos y la interpretación de los datos generados, permite a los estudiantes elevar el nivel de calidad de la información utilizada como insumo en su proceso de aprendizaje. Es importante también considerar que el desarrollo de las tareas de búsqueda a las que se refiere este estudio, por parte de los estudiantes, permite la adquisición de conocimientos y habilidades que los harán individuos críticos de la información científica, que es el principal insumo utilizado en su proceso de aprendizaje.

En la era de la universidad posmoderna, las instituciones educativas, gubernamentales, y la sociedad en general, exigen una

formación de alta calidad en los estudiantes. Lamentablemente, debido a las enormes deficiencias que los estudiantes de las instituciones de educación superior en Latinoamérica exhiben en sus habilidades para ser selectivos o críticos respecto de la información científica usada en su proceso de aprendizaje, no se encuentran en condiciones de convertirse en factor de cambio en el desarrollo económico de sus países. La calidad en la formación de los estudiantes en las instituciones educativas es altamente deficiente, y esto se debe, en parte, al escaso nivel de calidad de las fuentes de información utilizadas como insumo en su proceso de aprendizaje. Consecuentemente, los estudiantes de las instituciones educativas latinoamericanas no desarrollan las habilidades necesarias para ser críticos en el proceso de selección de la información científica utilizada. Las estrategias aplicadas en las instituciones educativas durante las últimas décadas, orientadas hacia la adquisición de una cultura crítica de la información usada en el aprendizaje, evidentemente han fracasado.

CONCLUSIONES

Los estudiantes de nivel superior deben desarrollar habilidades para generar datos empíricos así como para su interpretación y uso en el mejoramiento de la calidad de su aprendizaje. Los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que es conveniente que los estudiantes de las carreras de minería en las instituciones educativas en Latinoamérica desarrollen las habilidades necesarias para definir, buscar, localizar, clasificar, seleccionar, recuperar, leer y aplicar, en su proceso de aprendizaje, la literatura científica relevante que se publica. Asimismo debieran familiarizarse, desde los primeros niveles de sus estudios profesionales, con el uso de herramientas avanzadas para la adecuada administración de la información científica generada en el área de su formación profesional. Las conclusiones aquí expuestas se aplican a todas

las áreas del conocimiento que se cultivan en nuestras universidades. Finalmente, los datos obtenidos en este estudio muestran que los países emergentes no realizan una actividad científica al nivel de los países desarrollados, en lo referente a la sismicidad en minas.

TRABAJOS FUTUROS

En el futuro deberán desarrollarse estudios similares a éste, considerando otras áreas del conocimiento, con el propósito de aportar datos empíricos acerca de los niveles de

calidad de la información usada por los estudiantes. Asimismo, deberá evaluarse el nivel de habilidad desarrollado por los estudiantes de las instituciones de educación superior en Latinoamérica para aplicar en su proceso de formación herramientas de vital importancia como las bases de datos científicas, los índices de calidad de las series periódicas y los administradores de información científica que están actualmente disponibles. Esto es, el nivel de pertinencia, actualidad e impacto de las fuentes de información científica usadas por los estudiantes deberá ser evaluado permanentemente.

REFERENCIAS

- ALBERTS, Bruce (2010), "Prioritizing Science Education", *Science*, vol. 328, núm. 5977, pp. 405-405.
- ARENAS Vargas, Miguel, Joel López Pérez, Rafael Rodríguez Martínez, Luis de Jesús Núñez Verdugo, Héctor Manuel López Pérez, Carlos Florentino Landeros Avilés, Víctor Manuel Salomón Soto, Marcos Bucio Pacheco y Víctor Wilson Corral (2003), *Establecimiento de un centro de investigación sobre el aprovechamiento de los recursos naturales y la protección del medio ambiente*, Surutato (México), Centro de Estudios Justo Sierra (CEJUS).
- BARR, Robert y John Tagg (1995), "From Teaching to Learning. A new paradigm for undergraduate education", *Change*, vol. 27, núm. 6, pp. 12-25.
- BAYRY, Jagadeesh, Sriní V. Kavery y Peter Follette (2011), "Indian Science: Steps to excellence", *Science*, vol. 331, núm. 6013, pp. 29-30.
- CEREJIDO, Marcelino (2009), *La ciencia como calamidad. Un ensayo sobre el analfabetismo científico y sus efectos*, Barcelona, Gedisa.
- DAY, Robert (2005), "Qué es un artículo científico?", en Organización Panamericana de la Salud (ed.), *Cómo escribir y publicar trabajos científicos*, Washington DC, Oryx Press, pp. 8-14.
- ESCALANTE, Juan C. y Jaime Jiménez (1998), "Merit-Based Incentive Systems and the Problem of Productivity in Science and Technology in Two Latin American Countries", *Science Studies*, vol. 11, núm. 2, pp. 62-75.
- GARFIELD, Eugene (1987), "English Spoken Here", *The Scientist*, vol. 1, núm. 20, pp. 9-9.
- GREENWOOD, Mary Rita Cooke y Karen Kovacs North (1999), "Science Through the Looking Glass: Winning the battles but losing the war?", *Science*, vol. 286, núm. 5447, pp. 2072-2078.
- HINES, Pamela, Wible Brad y Melissa McCartney (2010), "Learning to Read, Reading to Learn", *Science*, vol. 328, núm. 5977, pp. 447-447.
- HOFBAUER, Roland (2002), "Do we Need Journal Quality Factors?", en Roland Hofbauer, Michael Frass, Bernhard Gmeiner, Alan D. Kaye (eds.), *Euro-Factor (E-F). The new European Journal Quality Factor. The new European "scientific currency"*, Viena, VICER, pp. 6-7.
- JIMÉNEZ, Jaime y Juan Carlos Escalante (1990), "J.D. Bernal in a Latin American Perspective: science for development?", *Science Studies*, núm. 3, pp. 59-66.
- JIMENEZ, Jaime (2009), "New Collaborative Forms of Doing Research", en Ann Dennis y Devorah Kalekin-Fishman (eds.), *The ISA Handbook in Contemporary Sociology*, Londres, Sage Publications, pp. 91-105.
- KING, David (2004), "The Scientific Impact of Nations", *Nature*, vol. 430, pp. 311-316.
- KRAJCIK, Joseph y LeeAnn Sutherland (2010), "Supporting Students in Developing Literacy in Science", *Science*, vol. 328, núm. 5977, pp. 456-459.
- LICEA de Arenas, Judith (2007), "La evaluación de la alfabetización informacional: principios, metodologías y retos", *Anales de Documentación*, núm. 10, pp. 215-232.
- LICEA de Arenas, Judith (2009), "La alfabetización informacional en el entorno hispanoamericano", *Anales de Documentación*, núm. 12, pp. 93-106.
- LÓPEZ Pérez, Héctor (2006), "La generación de competencias para la construcción de conceptos en las ciencias empíricas", en Joel López Pérez (ed.), *Competencias genéricas para el avance de la ciencia*, Los Mochis, Mercurio, pp. 180-203.

- LÓPEZ PÉREZ, Joel y Jorge Cruz (2006), "Competencias genéricas del trabajador intelectual en la ciencia", en Joel López Pérez (ed.), *Competencias genéricas para el avance de la ciencia*, Los Mochis, Mercurio, pp. 3-64.
- MAJLOOR, Gerard (2004), *A Joint Learning Initiative. Recent Innovations in Education of Human Resources for Health*, JLI Working Paper 2-3, Netherlands, Medical Education Institute/ Maastricht University.
- MATTHIENSSEN, Christian Wichmann, Anette Winkel Schwarz y Soren Find (2010), "World Cities of Scientific Knowledge: Systems, networks and potential dynamics. An analysis based on bibliometric indicators", *Urban Studies*, vol. 47, núm. 9, pp. 1879-1897.
- MILLER, Greg (2010), "Misconduct by Postdocs Leads to Retraction of Papers", *Science*, vol. 329, núm. 5977, pp. 1583-1583.
- MORENO Reséndez, Alejandro (2006), "Desarrollo de habilidades para la actividad científica en la era tecnológica", en Joel López Pérez (ed.), *Competencias genéricas para el avance de la ciencia*, Los Mochis, Mercurio, pp. 213-228.
- National Committee on Science Education Standards and Assessment (1996), *National Science Education Standards*, Washington, DC, National Academy Press.
- NEJATI, Ammar, Seyyed Jenab y Hosseini Mehdi (2009), "A Two-Dimensional Approach to Evaluate the Scientific Production of Countries (case study: the basic sciences)", *Scientometrics*, vol. 84, núm. 2, pp. 357-364.
- OSBORNE, Jonathan (2010), "Arguing to Learn in Science: The role of collaborative, critical discourse", *Science*, vol. 328, núm. 5977, pp. 463-466.
- PEARSON, David, Elizabeth Moje y Cyntha Greenleaf (2010), "Literacy and Science: Each in the Service Of The Other", *Science*, vol. 328, núm. 5977, pp. 459-463.
- SNOW, Catherine (2010), "Academic Language and the Challenge of Reading for Learning About Science", *Science*, vol. 328, núm. 5977, pp. 450-452.
- VAN DEN BROEK, Paul (2010), "Using Texts in Science Education: Cognitive Processes and Knowledge Representation", *Science*, vol. 328, núm. 5977, pp. 453-456.
- WEBB, Paul (2010), "Science Education and Literacy: Imperatives for the Developed and Developing World", *Science*, vol. 328, núm. 5977, pp. 448-450.
- WARNER, Dorothy Anne (2003), "Programmatic Assessment: Turning process into practice by teaching for learning", *Journal of Academic Librarianship*, vol. 29, núm. 2, pp. 169-176.