

# La ciencia mexicana en las revistas *Nature* y *Science*: la última década

José Antonio del Río y Héctor Daniel Cortés

En el ambiente científico se comenta que la ciencia mexicana ha mostrado un cierto grado de profesionalización y que en estos momentos debemos apuntar los esfuerzos a producir ciencia que trascienda nuestras fronteras y tenga un impacto real en la ciencia internacional. Para tomar cualquier decisión acerca de qué hacer para fomentar este esfuerzo, es necesario tener información concreta sobre el “estado del arte” de la ciencia mexicana. En este sentido apunta el *Atlas de la ciencia mexicana* ([www.amc.unam.mx/atlas.htm](http://www.amc.unam.mx/atlas.htm)) que nos aporta valiosa información con datos específicos. Mientras más información de este tipo esté disponible, las decisiones que tomen la comunidad científica y los políticos tendrán mayores posibilidades de éxito.

Por otro lado, la comunidad científica también reconoce que en el mundo existen revistas que marcan la pauta en el impacto de las investigaciones en el ámbito internacional. En este conjunto, dos de las revistas de mayor reconocimiento en el ambiente científico son *Nature* y *Science*. Creemos que la información obtenida de los artículos publicados en esas revistas por científicos laborando en México aportará información relevante para la toma de decisiones de política científica.

En este artículo se presenta el análisis de “minería de citas” (Kostoff y del Río, 2001; del Río y colaboradores, 2002) de los resúmenes de los artículos publicados durante casi una década (de 1995 a principios de 2004) en las revistas *Nature* y *Science* en los que algún autor tiene dirección en México o dirección de correspondencia en México. Este periodo no es amplio, pero tampoco es muy corto y sí muy reciente. Seguramente

estamos dejando de lado trabajos importantes en algunos campos de la ciencia mexicana; sin embargo, estamos convencidos que si la ciencia mexicana contribuye sustancialmente en alguna área, encontraremos sus huellas en este análisis.

La información se obtuvo de la base de datos del *Institute for Scientific Information* bajo los siguientes criterios de búsqueda: fuente (*Nature* AND *Science*) AND address (Mexico NOT New), esto último para evitar las direcciones en el estado norteamericano de Nuevo México. Con esta búsqueda se obtuvo la información de 110 artículos publicados en estas revistas en casi una década. De este total de artículos, 62 y 48 fueron publicados en *Science* y *Nature*, respectivamente. Un punto que debemos hacer notar es que, para un periodo de ocho años, el número de artículos publicados es pobre. El total de artículos publicados en *Nature* o *Science* cada año es de 5 mil; de éstos, 2 mil 600 son artículos regulares, cartas de investigación y material editorial. De acuerdo con estudios previos (Kostoff y colaboradores, 2001), con un número de artículos mayor a 50, el conjunto puede ser analizado y del análisis resultante se pueden obtener indicadores del trabajo científico desarrollado en México en el lapso de casi una década. Solamente para comparar, comentemos que los científicos radicados en Argentina, Brasil y España produjeron en esta última década 70, 159 y 391 artículos, respectivamente.

La minería de citas consiste en el conteo de algunos datos de los campos que se obtienen de la base de datos del *Institute for Scientific Information* bajo la búsqueda

queda indicada arriba; en adición, se usa un conteo de palabras clave para indagar algunos aspectos cualitativos. A continuación se presentan los resultados de este conteo realizado con un programa de computadora expresamente creado para este fin.

El primer resultado que presentamos es el conteo del tipo de publicación. En estas revistas se aceptan contribuciones como artículos regulares, cartas, material editorial, artículos de revisión y comentarios a libros. En la Figura 1 observamos que del orden del 80 por ciento de los trabajos publicados son artículos regulares o cartas de investigación. Dado el carácter multidisciplinario de estas revistas, no se puede observar la temática, pero en el análisis de minería de textos trataremos de obtener algunos resultados. La presencia de material editorial, artículos de revisión y reseñas de libros también es un punto que merece un análisis más detallado, y puede ser motivo de reflexión.

Un segundo resultado que presentamos es el conteo de los autores que más aparecen con trabajos publicados en las revistas *Nature* y *Science*. En la Figura 2 se muestran todos los investigadores que aparecen con más de tres artículos y donde un autor tiene una dirección en México en el periodo analizado. Los autores Lazcano (origen de la vida), Rodríguez (astrofísica), y Romo (fisiología celular) laboran en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); mientras que Terrones (nanomateriales) labora en el Instituto

Potosino de Ciencia y Tecnología; y Chávez en el *Monterey Bay Aquarium Research Institute*, que colabora con el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) y el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR).

Cabe mencionar que en total se encontraron 642 autores diferentes para los 110 artículos que se analizan. Aquí resalta Lazcano, que ha tenido un promedio de una contribución por año publicada en alguna de estas revistas. Estas contribuciones son cartas, material editorial y revisión de libros. Es importante aclarar que de la lista los apellidos no castellanos son de científicos que colaboran con científicos radicados en México (J. L. Bada con Lazcano; P. M. Ajayan con M. Terrones; los casos de Ehrlich y Peterson son similares al caso de Chávez, ya que colaboran con más de dos científicos mexicanos que no aparecen en esta lista, y Torrelles –español– con Rodríguez), y que su presencia en esta lista indica su grado de colaboración con la ciencia desarrollada en México. Por otro lado, al buscar los nombres en el directorio de miembros de la Academia Mexicana de Ciencias (2004) observamos que el área que cada autor cultiva es diferente. En este análisis no se distingue el orden de aparición de los autores en las publicaciones.

En este tipo de análisis siempre cabe la pregunta acerca de cuál es la tasa por año de publicaciones me-

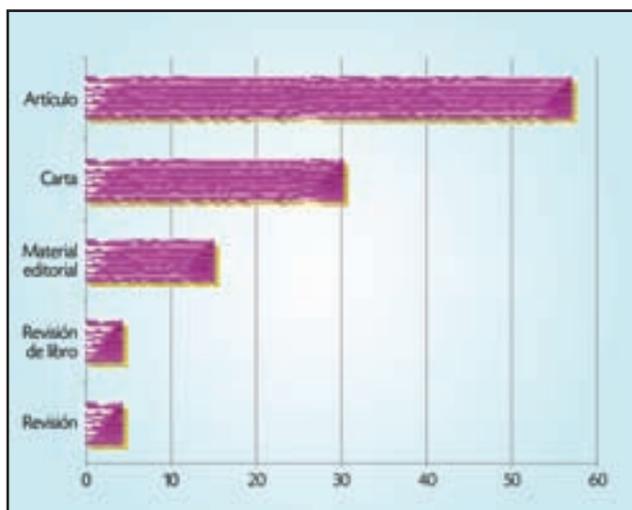


Figura 1. Tipo de trabajos publicados en el periodo 1995-2004.

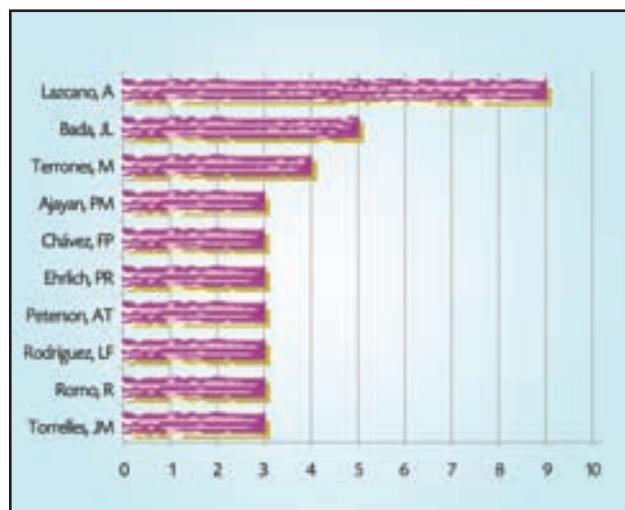


Figura 2. Autores más prolíficos en el periodo 1995-2004.

xicanas en estas revistas. Del número total de publicaciones en el periodo se podría inferir una tasa del orden de 12 publicaciones anuales en estas revistas por parte de algún científico trabajando en México. En la Figura 3 se muestra la evolución temporal del número de artículos en estos años. Es importante mencionar que aunque la búsqueda se limitó al periodo 1995-2004, se encontró un artículo publicado en 1994, pero reportado al *Institute for Scientific Information* en 1995. En el año 2004 solamente aparecen tres publicaciones, debido a que la búsqueda fue realizada en el mes de abril de ese año. En la gráfica llama la atención que, a no ser por el valle en los años 1999 y 2000, parece existir una tendencia a estabilizarse en un número aproximado de 17 artículos por año, hecho cuyas causas merecen un análisis más detallado: quizás se deba a la política científica o a la crisis económica. Pero una conducta oscilante en la tasa de producción científica frecuentemente es asociada a un número pequeño de científicos, es decir, a una carencia de masa crítica para mantener una producción científica ya no sobresaliente, sino estable. En otras palabras, las oscilaciones de la producción científica que parecen existir son un indicador de una comunidad no madura en su conjunto que todavía no se consolida. Esto sugeriría que todavía no se alcanza una masa crítica de científicos en México, que permita lograr un mayor impacto en la ciencia internacional. En este punto cabe insistir que la mues-

tra fue tomada en una ventana de tiempo corta, pero muy reciente.

Uno de los aspectos importantes en la publicación de estos trabajos puede ser obtenida del dato de las colaboraciones de los científicos mexicanos con sus colegas en otros países. En la Figura 4 se observan estas colaboraciones cuando se produjeron más de tres trabajos publicados. Se observa una abrumadora colaboración con los Estados Unidos de América. Este resultado muestra la gran dependencia de los trabajos de investigadores en México de la ciencia desarrollada en los Estados Unidos de América. Este país aparece en más del 50 por ciento de los artículos publicados por mexicanos, situación que es más del triple de cualquier otro país. (Para este conteo se toma en cuenta la aparición del país en la dirección de los artículos.) Sorprende la colaboración con Tailandia, que aparece con algún investigador coautor en más de tres artículos.

Los aspectos de colaboraciones entre un grupo de países son también importantes. En la Tabla 1 se observan los grupos de países que tienen más de dos artículos en colaboración. Es de hacerse notar que el mayor número de colaboraciones se da entre los Estados Unidos de América y México; de hecho, es mayor el número de colaboraciones con ese país que con cualquier otro incluyendo al propio México. Otro punto es que los artículos publicados solamente por investigadores con dirección en México ocupa el segundo lugar, y

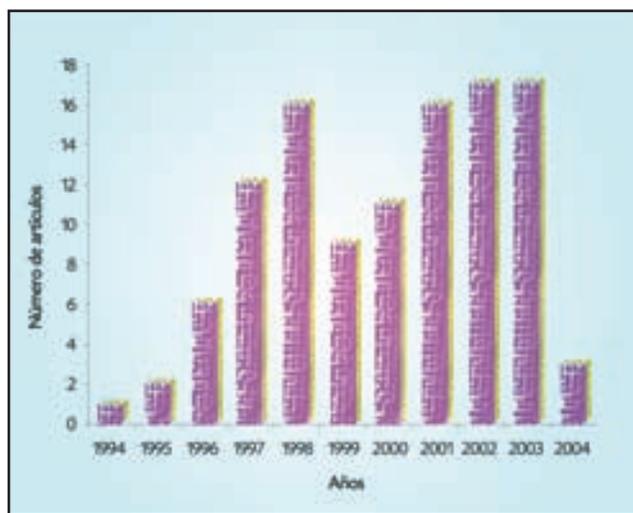


Figura 3. Evolución temporal.

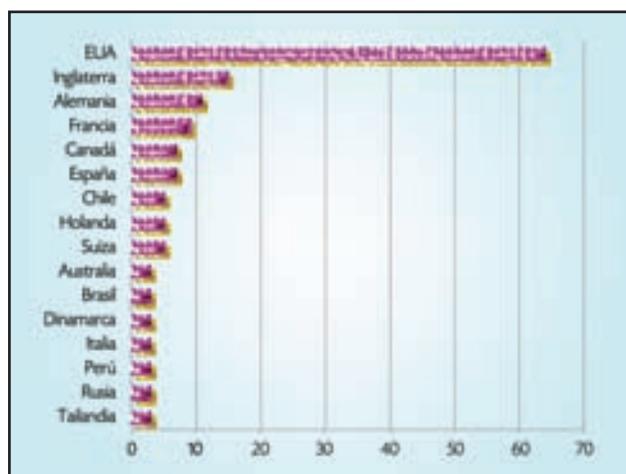


Figura 4. Países que han colaborado en las publicaciones de

**Tabla 1**

Colaboraciones entre países	Número de artículos
México y EUA	29
México	27
Brasil, Chile, México y EUA	2
Canadá, Inglaterra, México y EUA	2
Inglaterra, México y EUA	2
Francia, México y EUA	2
México, Perú y EUA	2

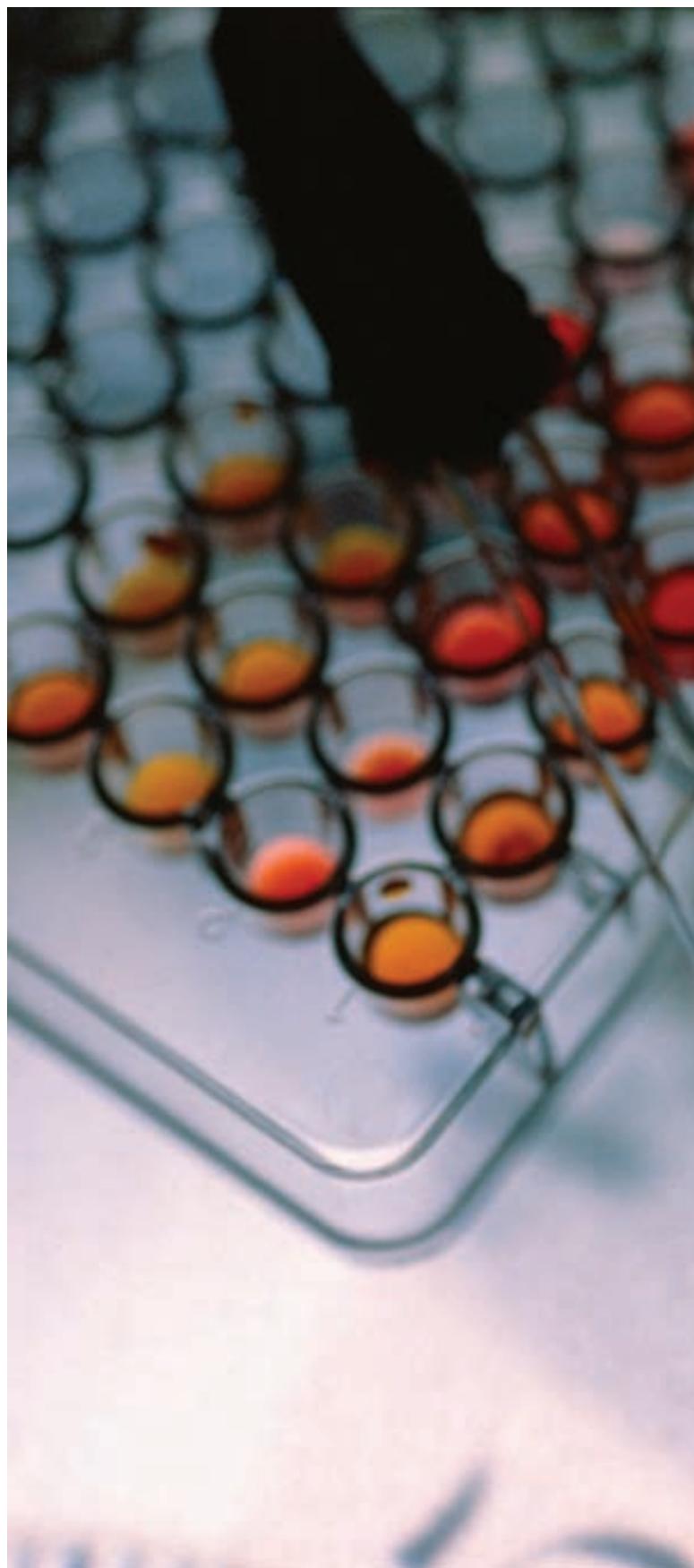
representa más del 25 por ciento de las publicaciones en estas revistas. Fuera de esos dos grupos los datos caen dramáticamente a dos o menos artículos en colaboración por grupo de países. En estos 110 artículos participaron investigadores radicados en 41 países diferentes.

Del análisis bibliométrico también se pueden obtener la relación de las colaboraciones a nivel institución. En la Tabla 2 se presenta el número de artículos donde aparece una institución. Solamente se muestran las instituciones con más de tres artículos publicados en el periodo analizado. En total se encontraron 270 diferentes instituciones participando en estas 110 publicaciones. Dentro de las más prolíficas reconocemos en ellas instituciones de tres países: México, USA y España. En el caso del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en España, al buscar la correlación con la Tabla 1 podemos concluir que esta institución colabora con al menos dos grupos de investigación que tienen contacto con México y que publiquen en *Nature* o *Science*.

En la Tabla 3 se pueden observar las colaboraciones entre instituciones que produjeron más de un artículo

**Tabla 2**

Instituciones	Número de artículos
UNAM	50
Universidad de California, San Diego	8
NASA	6
Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Instituto Politécnico Nacional)	5
Universidad del Sur de California	5
Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España	4
Harvard Smithsonian CTR Astrophysics	4
Universidad Estatal de Oregon	4





**Tabla 3**

Colaboraciones entre instituciones	Número de artículos
UNAM	9
UNAM y Universidad de California, San Diego	4
Boise State University, Brown University, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CISESE), Lamont Doherty Earth Observatory, Oregon State University, Universidad de California en Santa Cruz, Universidad del Sur de California	2
Lamont Doherty Earth Observatory	2
Instituto del Mar de Perú, Monterey Bay Aquarium Research Institute, NW Biol. Research Center La Paz	2
Universidad de Stanford y UNAM	2
Universidad Thomas Jefferson y UNAM	2

en estas revistas en este periodo de tiempo. En la tabla se muestran las colaboraciones con al menos dos trabajos publicados. Aquí destaca la colaboración entre la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad de California en San Diego. También se observa que la UNAM es la única institución mexicana que produjo, durante este periodo de tiempo, más de un artículo en estas revistas sin colaboración de otra institución, sea mexicana o extranjera. Esta tabla y la Figura 2 indican que no existe en México un cúmulo de trabajo científico que produzca resultados publicables en estas revistas de forma al menos anual; esta afirmación se sustenta en que la correlación entre las nueve publicaciones de Lazcano y la UNAM no es completa.

Cuando los científicos publican en revistas como *Nature* o *Science*, sus expectativas radican fundamentalmente en la búsqueda de un mayor impacto de su trabajo de investigación. Generalmente esto se contabiliza como el número de citas recibidas por su trabajo publicado. En la Figura 5 se presenta el número de artículos de investigadores en México en relación con el número de citas que han recibido. Se observa que 30 de estos trabajos no han recibido cita alguna, que 10 de ellos sólo han recibido una cita y que 11 han recibido más de 100 citas.

De la base de datos del *Institute for Scientific Information* se puede obtener otro resultado sobre el número de referencias que utiliza un trabajo realizado por

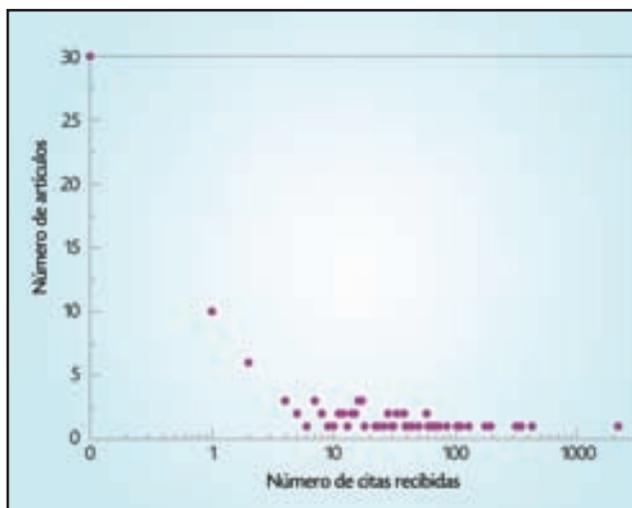


Figura 5. En el eje Y se grafican el número de artículos publicados en *Science* o *Nature* contra el número de citas que han recibido hasta el 2004.

investigadores que laboran en México y que fue publicado en *Nature* o *Science*. En la Figura 6 se nota que estos artículos tienen en su mayoría menos de cuarenta referencias, y que más de 30 de ellos usaron menos de 10 referencias para fundamentar su trabajo. De estas referencias, la mayoría de ellas fueron a las propias revistas *Nature* y *Science*, como se ve en la Tabla 4. En esta tabla solamente se presentan revistas que recibieron más de 20 citas. De la Tabla 4 se observa que tres revistas de las más referidas son multidisciplinarias, cinco de astronomía y una de geofísica, neurofisiología, genética y bacteriología. De esta tabla se pueden inferir los principales tópicos de las investigaciones analizadas en este trabajo. El total de revistas citadas en los 110 artículos es de 863, lo que manifiesta una gran diversidad de lectura de material científico y reafirma el hecho que hay una dispersión de temas.

En el análisis bibliométrico también se puede obtener la tabla de los artículos más citados; dado que no se encontró ningún artículo citado más de tres veces, esta información no se presenta. Consideramos que un trabajo citado en no más de tres artículos de los analizados no da información útil.

Otro indicador interesante es la tabla de autores más citados en estos trabajos. Estos datos se encuentran en la Tabla 5, donde se presentan solamente los autores que recibieron más de seis citas en el conjunto de 110 trabajos. Por otro lado, también debemos tomar en cuenta que los autores más referidos en los 110

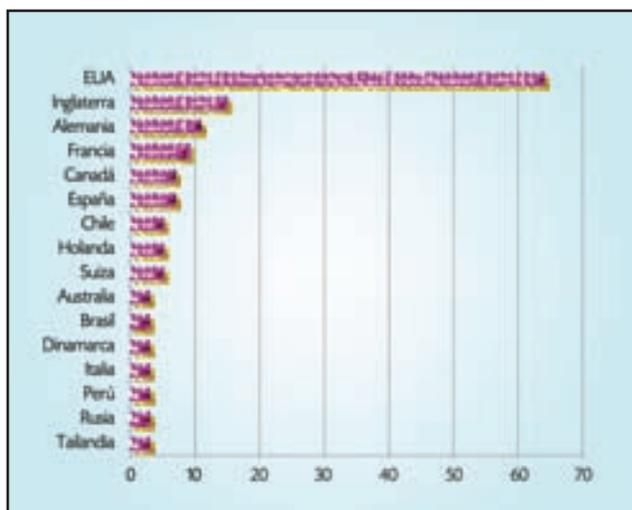


Figura 6. Número de referencias usado en cada artículo de científicos mexicanos.

Tabla 4

Revistas citadas	Número de veces citada
<i>Science</i>	156
<i>Nature</i>	152
<i>Geophysical Research Letters</i>	52
<i>Proceedings of the National Academy of Science USA</i>	47
<i>Astrophysical Journal</i>	42
<i>Astrophysical Journal 1</i>	37
<i>Astronomy &amp; Astrophysics</i>	36
<i>Astrophysical Journal 2</i>	30
<i>Nucleic Acids Research</i>	23
<i>Journal of Neurophysiology</i>	22
<i>Monthly Notices of the Royal Astronomical Society</i>	21
<i>Journal of Bacteriology</i>	20

trabajos son coautores de algunos de estos mismos trabajos, pero no realizan su trabajo de investigación en México; asimismo, notamos que el número de coincidencias entre autores del trabajo y autores citados es pobre (de la lista solamente hay dos nombres de investigadores que laboran en México: Rodríguez, en la UNAM, y Rudomín, que labora en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados).

La Tabla 5 indica que la diversidad de temas es grande. En este análisis solamente se considera al primer autor del trabajo referido. En este punto debemos hacer notar que algunos científicos mexicanos no son citados de forma estándar y por lo tanto se pueden perder sus citas en búsquedas generales y automatizadas.

A continuación presentamos los resultados de un sencillo análisis de texto. Para ello se analizaron los resúmenes que provee la base de datos. En *Nature* y *Science* solamente hay resúmenes en los artículos regulares. Por lo tanto, fueron analizados bajo este esquema solamente 59 trabajos.

Usamos una técnica para definir las palabras clave de un texto (Ortuño y colaboradores, 2002). Este método se basa en medir la distancia entre la aparición de las palabras en un texto y el cálculo de su desviación estándar. Una desviación estándar normalizada mayor a uno indica que la distribución de esa palabra en el texto es no aleatoria. De esta manera se puede determinar que las palabras que cumplan con esta caracte-

rística son relevantes en el texto analizado. Esta idea se sustenta en que la desviación estándar es un indicador análogo a la entropía, y en algunas ocasiones puede jugar su papel (Reiss y colaboradores, 1986) como medida del orden (o, inversamente, del desorden).

Podemos inferir que la ciencia en México todavía no llega a tener una masa crítica de investigadores que produzca conocimiento constante

En el análisis de una sola palabra encontramos algunas palabras relevantes que aparecen en la Tabla 6. Las palabras también corroboran la temática que indicaban las revistas más citadas. Sin embargo, la observación más importante es que hay una gran dispersión en los 110 trabajos, lo cual confirma que no existe un campo de liderazgo internacional en el quehacer científico mexicano.

### Conclusiones

Con este análisis se observa que existen temáticas que han logrado publicar trabajos en las revistas *Science* y *Nature*. Sin embargo en este análisis no aparece una línea de investigación con una clara producción sistemática que indique su relevancia en el contexto internacional. De lo anterior podemos inferir que la ciencia en México todavía no llega a tener

Tabla 5

Autores citados	Número de veces citado
Vaupel, J. W.	12
Carey, J. R.	9
Peterson, A. T.	9
Hildebrand, A. R.	7
Rieseberg, L. H.	7
Chávez, F. P.	6
Mountcastle, V. B.	6
Palme, H.	6
Partridge, L.	6
Pope, K. O.	6
Rodríguez, L. F.	6
Rudomín, P.	6
Sharpton, V. L.	6

Tabla 6

Palabras relevantes	Número de veces encontrada
species	29
nitrogen	15
evolution	13
structure	13
star	12
modern	12
galaxies	11
nanotubes	10
climate	10
crater	10
gene	7
genomic	6
marine	6
planetary	6

una masa crítica de investigadores que produzca conocimiento constante.

Claramente el análisis aquí presentado tiene limitaciones y no rescata todos los trabajos relevantes de la ciencia mexicana. Como ya se ha mencionado, entre otras posibles limitaciones del trabajo se encuentra que la ventana de análisis es limitada. Esto último implica la necesidad de realizar más estudios similares a éste por área de especialidad, analizando revistas de alto impacto (por ejemplo: *Cell*, *Physical review*, *Trends in ecology and evolution*) y apoyar con mayor decisión trabajos como el *Atlas de la ciencia en México*, que en conjunto nos darán una visión de la situación real de la ciencia en México y aportará elementos para la toma de decisiones.

Por otro lado, dada la situación que refleja este análisis consideramos que todavía la población de científicos mexicanos no ha alcanzado un número suficiente para generar conocimiento relevante en forma sostenida, y proponemos que se dediquen mayores esfuerzos a crear ese número crítico de científicos profesionales para que en el camino se puedan ir gestando áreas de investigación mexicana que puedan tener incidencia en el contexto internacional.

### Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y el Gobierno del Estado de Morelos, bajo el proyecto FOMIX 9250. También hacemos patente nuestro agradecimiento a Luis Felipe Rodríguez por habernos sugerido analizar las publicaciones de mexicanos en *Nature* y *Science*.

### Bibliografía

- Academia Mexicana de Ciencias (2004), Directorio, CD-ROM.
- Academia Mexicana de Ciencias, *Atlas de la ciencia en México*, [www.amc.unam.mx/atlas.htm](http://www.amc.unam.mx/atlas.htm)
- Kostoff, R. N. y J. A. del Río (2001), "The impact of physics research", *Physics World*, pág. 47-51.
- Kostoff, R. N., J. A. del Río, J. A. Humenik, E. O. García y A. M. Ramírez (2001), "Citation mining: integrating text mining and bibliometrics for research user profiling", *J. Am. Soc. Inf. Sci. Techn.* 52, 1148.
- Ortuno, M., P. Carpena, P. Bernaola-Galván, E. Muñoz, A. M. Somoza (2002), "Keyword detection in natural languages and DNA", *Europhysics Letters* 57, 759.
- Reiss, H., A. D. Hammerich y E. W. Montroll (1986), "Thermodynamics of non-physical systems", *J. Stat. Phys.* 42, 647.
- Del Río, J. A., R. N. Kostoff, E. O. García, A. M. Ramírez y J. A. Humenik (2002), "Phenomenological approach to profile impact of scientific research: citation mining", *Adv. Complex Syst.* 5, 19. También disponible en: <http://arXiv.org/abs/physics/0112047>.

**Jesús Antonio del Río Portilla** es investigador titular del Centro de Investigación en Energía de la UNAM en Temixco, Morelos. Doctor en Ciencias por la UNAM, es miembro de las Academias Mexicana de Ciencias, de Ingeniería y de Ciencias de Morelos. Sus líneas de investigación versan sobre termodinámica de procesos irreversibles, nanoestructuras y sistemas complejos.  
antonio@servidor.unam.mx

**Héctor Daniel Cortés González** es ingeniero en sistemas computacionales del Instituto Tecnológico de Mérida. En 2004 recibió la certificación de Ingeniero RedHat (RHCE). Actualmente trabaja en la Unidad de Cómputo del Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y colabora en proyectos de minería de citas y desarrollo de *software* libre.  
hdcg@cie.unam.mx