



**HAL**  
open science

## Mapeo de la evolución de la producción de ciencias y tecnologías emergentes: comparación de estrategias lexicales sobre las nanociencias y nanotecnologías

Eduardo Robles Belmont, Dominique Vinck

### ► To cite this version:

Eduardo Robles Belmont, Dominique Vinck. Mapeo de la evolución de la producción de ciencias y tecnologías emergentes: comparación de estrategias lexicales sobre las nanociencias y nanotecnologías. VIII Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y Tecnología, Jul 2010, Buenos Aires, Argentina. pp.n/a. halshs-00507815

**HAL Id: halshs-00507815**

**<https://shs.hal.science/halshs-00507815>**

Submitted on 1 Aug 2010

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Mapeo de la evolución de la producción de ciencias y tecnologías emergentes: comparación de estrategias lexicales sobre las nanociencias y nanotecnologías

(Artículo presentado en ESOCITE 2010, Buenos Aires, Argentina)

**Eduardo, Robles-Belmont**

PACTE Politique - Organisations, Université de Grenoble, France.  
[roblesbelmont@yahoo.fr](mailto:roblesbelmont@yahoo.fr)

**Dominique, Vinck**

PACTE Politique - Organisations, Université de Grenoble, France.  
[dominique.vinck@upmf-grenoble.fr](mailto:dominique.vinck@upmf-grenoble.fr)

**Palabras clave:** mapeo de la emergencia de tecnologías, cienciometría, ecuaciones lexicales, datos bibliométricos, nanociencias y nanotecnologías.

## Resumen:

Frente a la progresión de nuevas ciencias y tecnologías diversos estudios de las ciencias sociales se han desarrollado entorno a la caracterización de su evolución. Dentro de estos estudios, el rápido crecimiento y la convergencia de diversas disciplinas en las nanociencias y nanotecnologías hacen difícil su caracterización. Dentro de la disciplina de la cienciometría, podemos identificar dos puntos centrales en la literatura académica sobre el desarrollo de las NCT. Una parte de esta literatura se centra sobre la caracterización de la evolución de las NCT y otra parte sobre las metodologías empleadas para la obtención de los datos bibliográficos. En este artículo hacemos una revisión y una comparación de diversas estrategias para la obtención de datos y, centrándonos en el caso específico del desarrollo de las NCT en México, mostramos que existen diferencias marcadas entre las diversas estrategias metodológicas propuestas en la literatura académica. Esto pone en relieve algunos límites en el uso de datos cuantitativos en los estudios sociales de la ciencia, por lo que sugerimos sobrepasar estos límites complementando los estudios cienciométricos con datos cualitativos, que nos permiten verificar la pertinencia de los resultados.

## Introducción

La emergencia de las nanociencias y nanotecnologías (NCT) ha llamado la atención de diversos actores en todo el mundo. De hecho, se habla de una carrera por el desarrollo de las NCT que comenzó con el lanzamiento de la Iniciativa Nacional para las Nanotecnologías del gobierno de Estados Unidos en el 2000. Una amplia literatura ha surgido en las ciencias sociales entorno a la emergencia de las NCT. Por una parte, varios reportes y trabajos académicos, basados en datos cuantitativos, han sido publicados en la disciplina de la cienciometría con el fin de estudiar la evolución de estas ciencias y tecnologías a nivel global (Glänzel *et al.*, 2003; Porter *et al.*, 2008; Mogoutov & Kahane, 2007; Kostoff *et al.*, 2007; entre otros). Parte de

estos estudios se centran además en la participación de las economías llamadas emergentes en el desarrollo de las NCT, ya que la presencia de nuevos países ha sido señalada. Huang et al. (2010) hacen una revisión de más de 120 artículos de estudios sociales de la ciencia sobre NCT, en los cuales han identificado cuatro temas en discusión: 1. la interdisciplinariedad de las NCT, 2. la relación entre las nanociencias y la nanotecnología, 3. la dependencia y 4. la carrera global del desarrollo de las NCT. También, estos mismos autores han efectuado una comparación de varias estrategias para la obtención de datos cuantitativos sobre la producción global de la nanotecnología. La comparación de las estrategias muestra que las basadas en métodos lexicales lanzan resultados similares, pero estos resultados difieren de los obtenidos por métodos no lexicales.

Por otra parte, otros trabajos en ciencias sociales se han centrado en otro tipo de estudios, que podemos calificar de cualitativos, orientados a la comprensión de las nuevas dinámicas en la ciencia y en la tecnología resultado de la emergencia de las NCT, así como del impacto socioeconómico de éstas en la sociedad<sup>1</sup>.

En un estudio sobre el desarrollo de las NCT en México una de las primeras tareas ha sido la de caracterizar la evolución de su producción en este país. A partir de datos sobre la publicación de artículos y patentes (datos cuantitativos) hemos efectuado y discutido varios estudios (Robles et al., 2008; Robles & Vinck, 2009; Robles & Vinck, 2011). Paralelamente, nuestra investigación se basa igualmente en una serie de entrevistas efectuadas a diversos actores científicos y políticos implicados en el desarrollo de las NCT en México. Además, otro tipo de datos sobre el financiamiento y los proyectos de investigación también han sido recolectados y movilizados en nuestro estudio.

En la tarea de la caracterización del desarrollo de las NCT en México, partiendo del estudio efectuado por Huang y sus colaboradores, hemos igualmente efectuamos una comparación de estrategias de consultas lexicales centrándonos sobre el caso particular de México. Nuestros resultados contrastan con los presentados por Huang y sus colaboradores, ya que encontramos diferencias marcadas en los resultados sobre las instituciones, las disciplinas, las revistas de publicación y las

---

<sup>1</sup> Sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América latina, la revista REDES publicó en mayo de 2009 un *Dossier* constituido por varios trabajos cualitativos. Por otra parte, en el sitio web de la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (ReLANS, <http://www.estudiosdeldesarrollo.net/relans/>) hay disponibles varios trabajos académicos sobre el desarrollo de las NCT en América latina.

colaboraciones internacionales, lo que abre una serie de cuestionamientos sobre los límites de las estrategias utilizadas para la caracterización y evaluación de las NCT.

En este artículo revisamos algunas de las metodologías y herramientas de la bibliometría que son utilizadas para la obtención de datos bibliométricos, donde señalamos igualmente algunas críticas que han sido dirigidas a estas metodologías. Revisamos igualmente cuáles son las propuestas para el estudio del desarrollo de las nanociencias y presentamos una comparación de algunas de estas propuestas. Al final del texto, avanzamos algunas conclusiones.

### **Fuentes de datos para la caracterización de la ciencia y de la tecnología**

En los estudios sociales de las ciencias una de las tareas frente a las ciencias y tecnologías emergentes consiste en caracterizar su evolución. La disciplina de la bibliometría ofrece varias herramientas metodológicas para el estudio cuantitativo de las actividades científicas y tecnológicas (Callon *et al.*, 1993; Moed *et al.*, 2004), entre las cuales está el conteo de artículos y de patentes que nos proporciona indicadores sobre las actividades de la producción científica y tecnológica. El tratamiento de los datos obtenidos por el conteo de referencias bibliométricas no aportan informaciones sobre los investigadores e instituciones involucrados en la producción del conocimiento, sobre las relaciones que reflejan las colaboraciones nacionales e internacionales, sobre las temáticas de investigación desarrolladas, sobre las revistas (journals) donde se publican, sobre los flujos de información y también sobre la fuente de financiamiento de la investigación<sup>2</sup>, entre otras informaciones. Si la identificación de las referencias bibliométricas es la etapa preliminar al uso de otras herramientas de la bibliometría, esta tarea es entonces determinante para la robustez y la validez de los análisis bibliométricos.

Las referencias de los artículos y de patentes son comúnmente obtenidas a partir de la consulta de bases de datos. De las cuales se distinguen dos tipos. Las primeras bases de datos se caracterizan por ser generales, es decir, contienen datos indexados sobre todas las disciplinas en forma general. La base de datos más recurrida para este tipo de estudios es la *Science Citation Index* (SCI) de la ISI Thomson para los artículos que ofrecen una base de datos para las ciencias exactas

---

<sup>2</sup> Recientemente la SCI incluyó en su base de datos un campo sobre las « agencias de financiamiento », los datos proporcionados por este nuevo campo nos pueden proporcionar información sobre el financiamiento de las actividades científicas, que son de interés en los estudios sociales de la ciencia.

y otra para las ciencias sociales en general. Existen otras bases de datos que también son usadas para este fin, tales como la base SCOPUS, la base francesa PASCAL y últimamente ha entrado en la escena el Google Académico (Scholar Google, que indexa artículos y reportes académicos, entre otros documentos universitarios), entre otras bases de datos. Para las patentes, existen igualmente diversas bases de datos de las oficinas nacionales, regionales e internacionales de patentes. La Micropatent, propiedad de la empresa Thomson Reuters, misma empresa propietaria de la SCI, propone la base de datos más apropiadas para el conteo de patentes (Porter *et al.*, 2008), ya que propone por ejemplo la MPI-INPADOC *Plus*, que es una base de datos que comprende los datos de las bases de 71 países, incluyendo bases de datos internacionales como la WIPO (World Intellectual Property Organization), la EPO (European Patent Office) y la Eurasian Patent Office.

El segundo tipo de bases de datos son las especializadas. Estas bases de datos se enfocan sobre la indexación de documentos por disciplina o área del conocimiento en particular. Algunas de estas bases de datos son la Medline para las ciencias médicas y de la salud, la Derwent Biotechnology Abstracts enfocada en artículos y patentes en biotecnología, la Zoological Records dedicada a registros bibliográficos sobre la zoología, animales, bioquímica y medicina veterinaria, entre muchas otras bases de datos especializadas.

Otra forma para obtener datos bibliométricos es consultar directamente las revistas y periódicos científicos. En este caso para obtener las referencias de artículos específicos a una disciplina o un campo es necesario tener una selección de las revistas a consultar, para lo cual se presentan dos alternativas. La primera es consultar a los expertos de la disciplina en cuestión, ellos como escritores y lectores especializados pueden listar las revistas especializadas. La otra alternativa es usar los *Journal Citation Reports* emitidos por la ISI Thomson. Estos reportes están elaborados por disciplinas o campos del conocimiento y a través de estos reportes podemos identificar las revistas especializadas en las disciplinas que investigamos.

### **Validez de los resultados**

En el debate sobre el uso de estas herramientas, la robustez y la fiabilidad de los estudios son centrales (Callon *et al.*, 1993). De hecho la mayoría de los trabajos académicos se limitan a discutir estos dos puntos, mismo si se ha señalado la

importancia de ir más allá en el debate sobre los métodos para la construcción de indicadores sobre la ciencia y la tecnología (Rogel & Aguado, 2008).

La validez de los resultados de las consultas de las bases de datos depende por una parte de la robustez de la base consultada. Es decir, entre más referencias bibliográficas comprenda la base de datos, los resultados obtenidos serán por lo tanto más robustos. El espectro de revistas indexadas en las bases de datos marca por lo tanto un límite no negligente, esto ya que no todas las bases de datos comparten los mismos criterios de selección de revistas y publicaciones por indexar. También el factor de las lenguas de publicación en las indexaciones es importante. Las críticas dirigidas hacia la ISI Thomson por privilegiar la indexación de revistas en inglés, hecho que excluye toda una literatura importante en otras lenguas, constituye un ejemplo de los límites de las bases de datos (Carpenter & Narin, 1981).

Por otra parte, la validez depende igualmente de la representatividad de los resultados obtenidos durante la consulta de la base de datos, esto ya que las consultas de las bases de datos se efectúan a través de motores de búsqueda que por medio del uso de palabras clave nos permiten identificar las referencias deseadas. Para la obtención de las referencias de los artículos, durante la consulta se utilizan ecuaciones en los motores de búsqueda. Estas ecuaciones están constituidas de palabras clave y de operadores del álgebra booleana (AND, OR y NOT) que sirven para incluir, excluir y cruzar las palabras clave durante la consulta. En el lenguaje de la cienciometría se usa el término “silencio” cuando el resultado de nuestra consulta no ha identificado datos (referencias) que hay que tomar en cuenta, y cuando se usa el término “ruido” es para decir que nuestra consulta ha considerado datos que no hay que tomar en cuenta. Es por esto que las palabras clave son directamente relacionadas a los resultados, y por lo tanto a la validez del corpus de nuestra base de datos final. Base de datos que contendrá la materia prima para efectuar mucho otros análisis usando las demás herramientas de la cienciometría.

### **Mapeo de la evolución de las nanociencias y nanotecnologías**

Como ya mencionamos, la emergencia de las NCT ha igualmente llamado la atención de los estudios sociales de la ciencia. Dentro de estos estudios, una parte importante moviliza datos cuantitativos, entre los cuales muchos conciernen referencias bibliométricas de artículos y patentes. De hecho, de los 120 trabajos

publicados en ciencias sociales analizados por Huang y sus colaboradores (2010), 90% se basan en análisis de publicaciones y patentes en nanotecnología. Igualmente ya mencionamos que estos autores clasifican las estrategias de búsqueda de datos en consultas lexicales estándar, consultas lexicales evolutivas, consultas a partir de análisis de citación y consultas de publicaciones en el núcleo de revistas en nanotecnología.

Los primeros trabajos sobre el desarrollo de las NCT se limitaron en usar el prefijo “nano” para identificar las referencias de artículos (Tolles, 2001; Meyer *et al.*, 2001; Braun *et al.*, 1997). Esta estrategia de búsqueda es cuestionable porque se presenta el problema de ruido y silencio en los resultados obtenidos: no todos los artículos que contienen “nano” son productos de la nanociencia y no todos los artículos publicados en el campo de la nanociencia utilizan el prefijo “nano”. Para responder a los problemas de ruido y silencio, se han propuesto otras estrategias de búsqueda que están constituidas por ecuaciones formadas por el prefijo “nano” más una serie de palabras clave que sirven, por una parte, para incluir referencias del campo de las NCT y, por otra parte, para excluir referencias que no corresponden a este campo científico. Además, en la definición de estas estrategias hay la intervención de especialistas en el campo de las NCT (Glänzel *et al.*, 2003; Noyons *et al.* 2003; Porter *et al.*, 2008), es decir, las ecuaciones son sometidas a revisión por parte físicos, químicos, ingenieros de materiales, entre otros actores científicos que desarrollan investigación en esta área, quines analizan y eventualmente modifican si es pertinente las ecuaciones. El objetivo de confrontar las ecuaciones con los especialistas es validar las estrategias de búsqueda empleadas, sin embargo esta tarea es cuestionada por pérdida de objetividad al momento de la intervención de los especialistas (Huang *et al.*, 2010; Mogoutov & Kahane, 2007).

Otras estrategias basadas en ecuaciones lexicales son las llamadas consultas lexicales evolutivas. El objetivo de estas estrategias de búsqueda es partir del punto de la cadena del prefijo “nano” e ir incorporando progresivamente las palabras clave complementarias sin descartar las que fueron empleadas anteriormente (Mogoutov & Kahane, 2007). Esto con el fin de responder al rápido crecimiento de las nanociencias y al carácter multidisciplinario de estas.

Una de las propuestas de este tipo de estrategia es la propuesta por Kostoff *et al.* (2006). Estos autores parten de una consulta sencilla que utiliza la palabra

“nanotecnología”, de los resultados conforman una base de datos y al corpus de esta base de datos efectúan un análisis de pertinencia con la ayuda de un programa para efectuar análisis de Minería de Datos (TextMining). Una serie de palabras y de frases pertinentes es agregada a la ecuación de búsqueda.

Otra estrategia más avanzada es la propuesta por Mogoutov y Kahane (2007). La estrategia de estos autores parte de una ecuación conformada por el prefijo “nano” y una serie de términos que contienen este prefijo, así como de otros términos que tienen la función de excluir referencias no relevantes de la nanociencia (por ejemplo, NaNO<sub>2</sub>, nanosegundos, etc.). Esta ecuación es enriquecida por palabras y combinación de palabras claves extraídas de los títulos y de las palabras claves de los artículos. La selección de estas palabras clave es el resultado de un proceso conformado por un análisis de pertinencia de las palabras, una clasificación por campos de las NCT, un análisis de co-ocurrencia de las palabras (y de una evaluación de relevancia a través de un índice de especificidad) y finalmente por la validación de los resultados por parte de expertos y otros actores involucrados en el desarrollo de las NCT.

Otra estrategia que es pertinente evocar es la basada en el análisis de citas. Esta estrategia ha conocido una menor expansión para el estudio de la evolución de las nanociencias, que las estrategias lexicales. Este tipo de análisis es comúnmente acompañado de estrategias lexicales, y por medio de las citas se pueden identificar otro tipo de publicaciones que no son identificadas con estrategias lexicales (Zitt & Bassecouard, 2006; Bassecouard *et al.*, 2007). El método basado en el análisis de citas parte de un corpus obtenido de una estrategia lexical y a través de las vinculaciones de las citas se expande la bibliografía sobre el campo analizado, la nanociencia en este caso. El análisis de citas es útil para el estudio de la convergencia de las disciplinas en el campo de las nanociencias (Bassecouard *et al.*, 2007). Por otra parte, la hibridación de dos métodos (lexical y cita) es propuesta para sobrepasar los límites de las estrategias lexicales y la pérdida de objetividad por la verificación de expertos (Zitt & Bassecouard, 2006).

Frente a la complejidad para obtener corpus representativos del campo de las NCT y a la diversidad de estrategias para identificar referencias bibliométricas en la literatura, estudios sobre la caracterización del desarrollo de las NCT comienzan a reproducir las estrategias y a comparar los resultados. Tal es el caso del reporte del

Observatorio Iberoamericano de Ciencia, Tecnología e Innovación (OICTeI, 2008) donde los autores del reporte para seleccionar la estrategia a emplear, efectúan una comparación de dos estrategias que son las propuestas por Porter *et al.* (2008) y por Kostoff *et al.* (2005). De acuerdo con los autores del reporte, los resultados en términos de número de referencias identificadas son similares, pero la cercanía de los corpus de ambas estrategias es del 70%. Para la selección final del corpus a utilizar los expertos nanotecnólogos intervinieron y la estrategia de Porter y sus colaboradores fue la retenida, por que, según los autores, presenta el corpus más representativo de los temas actuales en las NCT. Otro trabajo, que ya mencionamos, es el efectuado por Huang *et al.* (2010), el cual presenta una comparación de seis estrategias, entre las cuales cinco son lexicales. El estudio efectuado por Huang y sus colaboradores muestra en sus resultados a nivel global que las categorías en instituciones, revistas científicas, países, disciplinas involucradas en el desarrollo de las NCT son muy similares. La sexta estrategia (basada en el análisis de un conjunto de revistas especializadas en NCT) propuesta por Leydesdorff & Zhou (2007) presenta resultados muy distantes a los obtenidos con las estrategias lexicales.

### **Comparación de estrategias de búsqueda de datos**

Como ya mencionamos en la introducción, durante nuestra investigación sobre la progresión de las NCT en México, una de nuestras primeras tareas fue la de caracterizar la evolución de estas ciencias y tecnologías emergentes. En la búsqueda de la obtención de un corpus representativo del campo de las nanociencias en México, reproducimos varias estrategias lexicales. En una segunda etapa, partiendo del trabajo de Huang *et al.* (2010) hicimos una comparación de los resultados obtenidos de las diferentes estrategias. Los resultados detallados de esta comparación han sido discutidos y publicados (Robles & Vinck, 2009 y 2011). Las estrategias lexicales que reproducimos son las propuestas por Noyons *et al.* (2003), Glänzel *et al.* (2003), Porter *et al.* (2008) y Mogoutov & Kahane (2007), además de luso del prefijo “nano”.

Para delimitar nuestras consultas al caso específico de México, hemos agregado a las ecuaciones de búsqueda el “MX” en el campo “CU” (country) en el motor de búsqueda de la Web of Science (WoS) de la SCI. Lo anterior nos permite obtener solo las referencias que conciernen a México, eliminándonos un problema de “ruido” ligado a las referencias que conciernen a instituciones de investigación situadas en

el estado de Nuevo México en Estados Unidos (Universidad de Nuevo México y Laboratorios Sandia, por ejemplo) y que no han sido publicadas en co-autoría con alguna institución mexicana. Por otra parte, esta forma de obtener las referencias sobre México, también nos permitió obtener corpus más pequeños y, por lo tanto, más fáciles de manipular. Esto último es relevante, ya que en este tipo de estudios hay un trabajo importante, en términos de inversión de tiempo, en la limpieza de los corpus de las bases de datos. De hecho, hay una falta de estandarización de los datos sobre los nombres de los autores e instituciones, así como de las direcciones postales, lo que propicia una ambigüedad en los corpus obtenidos y, por lo tanto, los análisis y las evaluaciones resultantes pierden credibilidad (Zitt & Bassecouard, 2008). La tarea de estandarización de los datos demanda en efecto un tiempo considerable, ya que, por ejemplo, para el 2006 la estrategia de Mogoutov et Kahane arroja 86,751 artículos publicados en todo el mundo (Huang *et al.*, 2010) y estandarizar esta cantidad de datos demanda esfuerzos considerables en tiempo de trabajo. Entonces, para un estudio sobre un país en específico, como es el caso de nuestro estudio sobre México, poder identificar solamente las publicaciones desde el momento de la consulta de la base de datos presenta una ventaja no negligente. En esta parte de nuestra investigación, el trabajo de estudio de campo, que se ha ido realizando paralelamente a la producción de datos cuantitativos, jugó un papel importante porque la parte empírica de nuestro estudio nos ha permitido tener un amplio panorama de los actores implicados en el desarrollo de las NCT en México, así como de sus relaciones y de las disciplinas o áreas del conocimiento donde se desenvuelven. Todo este conocimiento del terreno de estudio, fue seguidamente movilizado en el proceso de estandarización y limpieza de los corpus de nuestras bases de datos.

Una vez que los corpus de nuestras bases de datos fueron estandarizados y revisados, los datos fueron tratados con ayuda del programa Access y Excel. En la comparación de las estrategias vemos que el comportamiento del crecimiento de las curvas de la productividad de nanociencias es muy similar (Robles & Vinck, 2011). Sin embargo, si nos adentramos en los resultados que constituyen los corpus de las diferentes estrategias vemos diferencias en los resultados sobre las áreas del conocimiento implicadas en las NCT, las revistas de publicación, las instituciones y

las colaboraciones internacionales. Para mostrar fácilmente las diferencias en los resultados obtenidos hemos agregado colores a las tablas.

Uno de los indicadores comunes a caracterizar son las disciplinas o áreas del conocimiento donde se desarrollan las NCT, comúnmente se usa la clasificación propuesta por la SCI donde una publicación puede ser indexada en más de una disciplina. En la tabla 1 mostramos las primeras diez disciplinas, donde vemos que para las cinco estrategias el primer lugar de la lista es ocupado por “ciencia de materiales”, sin embargo, el porcentaje del total de los artículos para cada estrategia varía de cada una de éstas con respecto a las otras. A partir del segundo rango, vemos que las disciplinas cambian de posición; unas descendiendo y otras ascendiendo en las listas de las diferentes estrategias. De los rangos del 2 al 4 los cambios se dan prácticamente entre tres disciplinas que son “físico-química”, “física de la materia condensada” y “física aplicada”. Pero a partir del quinto rango, los cambios entre las disciplinas son más notorios. Los porcentajes de los artículos publicados también presentan cambios importantes entre las estrategias, salvo algunas excepciones como el tercer rango de las estrategias de Noyons *et al.* y Glänzel *et al.* donde la diferencia porcentual es de 0,91%, lo que puede deberse a que las ecuaciones de ambas estrategias tengan un conjunto de palabras claves que hayan identificado las mismas referencias. Otro punto que llama nuestra atención al comparar los resultados de las estrategias es la aparición (y también desaparición) en la lista de disciplinas que no veíamos en las otras estrategias. Tal es el caso de la “astronomía y la astrofísica” en el rango cinco de la estrategia propuesta por Mogoutov y Kahane, disciplina que es poco representada en las otras estrategias. La pertinencia de este resultado es confirmada en cierta medida a lo largo de nuestra encuesta empírica, ya que hemos detectado que varios de los actores científicos implicados en el desarrollo de las nanociencias en México laboran en esta rama de la física. Además, en México existe una tradición de investigación en la astronomía y la astrofísica, ya que este país cuenta con varios centros de investigación en este campo que trabajan no solo en la parte teórica y de la observación de los astros, sino que también desarrollan proyectos de investigación y desarrollo entorno a los instrumentos científicos. Por ejemplo, en el Instituto Nacional Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) se desarrollan proyectos en el campo de las nanociencias y este mismo instituto participa en el proyecto de la construcción del Gran Telescopio

Milimétrico en México, proyecto que se desarrolla en conjunto con la Universidad de Massachussets en Estados Unidos. Un investigador del INAOE nos confirma, durante una entrevista, que en este instituto se desarrollan prototipos para obtener imágenes de los astros que incorporan nuevos materiales nanoestructurados para la fabricación de detectores para los bolómetros de las cámaras que operan a bajas temperaturas. También, en el INAOE viene de ser inaugurado el Laboratorio de Innovación en MEMS, que es parte del Laboratorio Nacional de Nanoelectrónica, proyecto que surge del Departamento de Microelectrónica del INAOE creado en los años 70 para responder a la demanda de la fabricación de circuitos para los instrumentos utilizados en la astronomía y en la astrofísica.

Sobre los otros indicadores que comúnmente se abordan en los estudios cuantitativos, como son las revistas donde se publican los resultados, las instituciones donde se producen y las colaboraciones científicas, vemos igualmente cambios importantes entre los resultados de las diferentes estrategias que hemos reproducido. Para el caso de las revistas científicas (ver Tabla 2), vemos estos cambios y que los porcentajes de artículos publicados en cada revista son bajos, esto posiblemente se debe a que la diversidad de revistas donde se publican los resultados es amplia. Estos resultados muestran igualmente que entre más completa y avanzada es la estrategia de búsqueda de referencias la “revista mexicana de física” sube en el rango de la lista, lo que sugiere que la presencia de revistas locales puede una forma de verificar la pertinencia de los corpus de las bases de datos resultantes de las estrategias cuando los estudios están delimitados a un país o región en específico.

En lo que concierne a las instituciones (ver Tabla 3), vemos las tres principales Universidades de México en los primeros rangos de la lista. Sin embargo, el porcentaje de artículos publicados por cada una de estas instituciones presenta una variación no negligente de una estrategia a la otra. Además, a partir del quinto rango de la lista, se observa una inestabilidad de la posición de las instituciones. Para el caso de los países colaboradores con México en las nanociencias, vemos un comportamiento similar al comparar los resultados de las diversas estrategias.

Top 10	Nano*	Noyons et al	Glänzel et al	Porter et al	Mogoutov et Kahane
1	Materials science, multidisciplinary (34,41%)	Materials science, multidisciplinary (28,26%)	Materials science, multidisciplinary (21,98%)	Materials science, multidisciplinary (18,80%)	Materials science, multidisciplinary (17,32%)
2	Chemistry, physical (24,63%)	Chemistry, physical (21,26%)	Chemistry, physical (18,10%)	Chemistry, physical (18,03%)	Physics, applied (11,74%)
3	Physics, applied (22,83%)	Physics, condensed matter (18,91%)	Physics, condensed matter (18,00%)	Physics, condensed matter (15,42%)	Physics, condensed matter (11,39%)
4	Physics, condensed matter (19,87%)	Physics, applied (18,96%)	Physics, applied (17,16%)	Physics, applied (13,38%)	Physics, multidisciplinary (5,62%)
5	Nanoscience & nanotechnology (16,08%)	Nanoscience & nanotechnology (12,52%)	Nanoscience & nanotechnology (9,12%)	Physics, atomic, molecular & chemical (8,98%)	Astronomy & astrophysics (4,95%)
6	Chemistry, multidisciplinary (12,41%)	Chemistry, multidisciplinary (10,53%)	Physics, atomic, molecular & chemical (7,49%)	Physics, multidisciplinary (8,44%)	Materials science, coatings & films (4,36%)
7	Physics, atomic, molecular & chemical (6,50%)	Physics, atomic, molecular & chemical (6,44%)	Chemistry, multidisciplinary (8,50%)	Nanoscience & nanotechnology (6,15%)	Chemistry, multidisciplinary (4,00%)
8	Polymer science (5,27%)	Polymer science (5,01%)	Physics, multidisciplinary (4,96%)	Chemistry, multidisciplinary (5,85%)	Physics, atomic, molecular & chemical (3,96%)
9	Physics, multidisciplinary (4,31%)	Physics, multidisciplinary (4,29%)	Chemistry, inorganic & nuclear (4,23%)	Polymer science (4,76%)	Nanoscience & nanotechnology (3,90%)
10	Materials science, coatings & films (3,47%)	Materials science, coatings & films (3,68%)	Materials science, coatings & films (3,85%)	Optics (4,08%)	Engineering, chemical (3,84%)

Tabla 1. Lista de los diez primeras (Top 10) disciplinas en nanociencias en México de las diferentes estrategias.

Top 10	Nano*	Noyons et al	Glänzel et al	Porter et al	Mogoutov et Kahane
1	Journal of nanoscience and nanotechnology (4,05%)	Physical review B (4,29%)	Physical review B (3,85%)	Physical review B (3,61%)	Revista mexicana de fisica (2,86%)
2	Chemical physics letters (3,34%)	Journal of nanoscience and nanotechnology (3,22%)	Revista mexicana de fisica (2,29%)	Revista mexicana de fisica (2,74%)	Physical review B (2,08%)
3	Physical review B (3,34%)	Chemical physics letters (2,71%)	Journal of applied physics (2,29%)	Journal of physical chemistry B (1,77%)	Journal of applied physics (1,70%)
4	Applied physics letters (3,02%)	Applied physics letters (2,55%)	Applied physics letters (2,22%)	Chemical physics letters (1,70%)	Astrophysical journal (1,58%)
5	Journal of physical chemistry B (2,89%)	Journal of physical chemistry B (2,61%)	Chemical physics letters (2,12%)	Journal of applied physics (1,56%)	Thin solid films (1,53%)
6	Nano letters (2,25%)	Journal of physical chemistry C (1,64%)	Journal of physical chemistry B (2,08%)	Physical review A (1,56%)	Materials letters (1,31%)
7	Applied physics A-materials science & processing (2,19%)	Nano letters (1,79%)	Thin solid films (1,53%)	Thin solid films (1,52%)	Astronomy & astrophysics (1,17%)
8	Journal of physical chemistry C (2,19%)	Revista mexicana de fisica (1,84%)	Applied physics a-materials science & processing (1,35%)	Applied physics letters (1,45%)	Applied physics letters (1,14%)
9	Journal of applied physics (2,12%)	Applied physics a-materials science & processing (1,74%)	Surface science (1,28%)	Journal of physical chemistry A (1,41%)	Monthly notices of the royal astronomical society (0,92%)

10	Revista mexicana de física (1,93%)	Journal of applied physics (1,58%)	Solid state communications (1,21%)	Journal of chemical physics (1,22%)	Journal of physical chemistry B (0,89%)
----	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	---

Tabla 2. Lista de las diez primeras revistas de publicación de las nanociencias en México de las diferentes estrategias.

Top 10	nano*	Noyons et al	Glanzel et al	Porter et al	Mogoutov et Kahane
1	UNAM (42,83%)	UNAM (43,23%)	UNAM (40,29%)	UNAM (41,64%)	UNAM (35,90%)
2	IPN (15,95%)	IPN (15,38%)	IPN (18,65%)	IPN (16,78%)	IPN (18,51%)
3	IMP (11,00%)	IMP (8,99%)	IMP (7,77%)	UAM (8,78%)	UAM (9,31%)
4	IPICYT (9,20%)	UAM (8,28%)	UAM (7,11%)	IMP (6,94%)	IMP (6,38%)
5	UAM (7,52%)	IPICYT (7,56%)	UASLP (5,48%)	BUAP (5,74%)	BUAP (4,12%)
6	UASLP (6,43%)	BUAP (5,52%)	BUAP (5,24%)	UASLP (3,97%)	UASLP (3,26%)
7	BUAP (5,66%)	UASLP (5,31%)	IPICYT (5,03%)	IPICYT (3,58%)	SSA (2,53%)
8	CIMAV (4,24%)	CIMAV (3,17%)	UNISON (2,88%)	CIMAV (3,18%)	ININ (2,25%)
9	ININ (3,86%)	ININ (2,81%)	CIMAV (2,64%)	UGuad (2,79%)	INAOE (2,23%)
10	CIQA (2,96%)	UNISON (2,76%)	SSA (2,53%)	UGto (2,63%)	UNISON (2,05%)

Tabla 3. Lista de las diez primeras instituciones más productivas en nanociencias en México de las diferentes estrategias.

## Conclusiones

En este artículo hemos revisado algunos de los puntos que se debaten en la disciplina de la cienciometría entorno a las estrategias metodológicas para la obtención de datos bibliométricos para el caso de las nanociencias. Se señalaron algunos de los límites presentes desde la selección de las bases de datos y de las metodologías a utilizar. Vimos igualmente que en la obtención de referencias de las bases de datos se presentan problemas de “ruido y “silencio”, problemas que ponen en juego la representatividad y validez de los corpus obtenidos y por lo tanto de los estudios.

En el estudio del desarrollo de las NCT, las estrategias basadas en consultas lexicales tienen un lugar importante al ser las más concurridas. Sin embargo, el carácter multidisciplinario y el rápido crecimiento de esta nueva área del conocimiento hacen difícil la definición de una ecuación de búsqueda que nos permita la construcción de una base de datos representativa.

Los resultados de la comparación de estrategias enfocadas al caso específico de México, nos ha permitido hacer un acercamiento (zoom) en los datos obtenidos por

las diferentes estrategias para la obtención de datos bibliométricos. En esta comparación hemos visto que las diferentes estrategias lexicales estándar y evolutivas arrojan resultados diferentes sobre las disciplinas, las revistas científicas, las instituciones y los países implicados en el desarrollo de las NCT. Estos resultados contrastan con los reportados por Huang et al. (2010), quienes comparan diversas estrategias sobre la producción de nanociencias a nivel global y obtienen en su estudio resultados similares entre las diversas estrategias lexicales. Estos autores argumentan que la razón de que los resultados sean similares radica en que en las ecuaciones de búsqueda de las diferentes estrategias se comparte un conjunto de palabras claves comunes. Esto sugiere que las palabras claves que no se comparten arrojan pocos resultados, lo que hace que las diferencias en los resultados de las diversas estrategias sean mínimas. Sin embargo, los cambios importantes encontrados en nuestros resultados sugieren lo contrario, es decir, que las palabras clave que no se comparte entre las diferentes estrategias arrojan referencia que tienen un impacto notorio en los resultados.

La discusión sobre los métodos para la obtención de datos representativos y pertinentes de un campo en específico de la ciencia queda aún abierta, sobre todo para las ciencias y tecnologías emergentes y convergentes, como son el caso de las micro y nanotecnologías. Sobre estas últimas, si partimos del hecho que todas las estrategias lexicales han sido revisadas por expertos nanotecnólogos (lo que aceptado como una forma de validación de los resultados), la fusión de los resultados de las diferentes estrategias constituye entonces una alternativa para la obtención de un corpus representativo del campo de las NCT (Robles & Vinck, 2011).

Finalmente, es importante señalar que este tipo de estudio cuantitativo enfocado en la caracterización de la evolución de la ciencia tiene otros límites que no han sido abordados en este artículo; por ejemplo, la identificación de actores. Por medio del conteo de artículos y patentes podemos en efecto identificar algunos actores, pero existe una serie de actores que juegan papeles importantes en el desarrollo científico y tecnológico que quedan fuera de estudios cuantitativos. No obstante, estos estudios pueden ser enriquecidos con datos cualitativos recolectados por medio de otros métodos de las ciencias sociales, tales como las entrevistas semi-estructuradas y las observaciones directas no participantes, entre otros. En nuestra investigación sobre el desarrollo de las micro y nanotecnologías en México, hemos

llevado a cabo una metodología basada en ambos tipos de estudios. Por una parte, hemos centrado esfuerzos en la obtención y tratamiento de datos cuantitativos y, por otra parte, una serie de entrevistas a diversos actores, de visitas y de observaciones de las actividades en los laboratorios se ha llevado a cabo, con el fin de obtener datos cualitativos. Esta combinación nos ha permitido tener un pasaje constante entre lo cuantitativo y lo cualitativo, lo que nos ha proporcionado una imagen más representativa del panorama del desarrollo de estas ciencias y tecnologías emergentes en México. Se trata de hecho de una complementación de métodos que nos ha igualmente permitido verificar lo cuantitativo con lo cualitativos y viceversa, así como avanzar en la comprensión de las dinámicas del desarrollo de las micro y nanotecnologías en México. Esta complementariedad constituye por lo tanto una alternativa para sobrepasar algunos límites metodológicos en los estudios sociales de la ciencia y la tecnología.

## Referencias

- Braun, T., Schubert, A. & Zsindely, S. (1997), Nanoscience and Nanotechnology on the Balance, *Scientometrics*, Vol. 38, issue 2, pp. 321-325.
- Callon, M, Coutial, J.-P. & Penan, H. (1993), *La Scientométrie*, Paris, PUF.
- Carpenter, M. P. & Narin, F. (1981), The adequacy of the Science Citation Index (SCI) as an indicador of internacional scientific activity, *Journal of the American Society of Information Science*, Vol. 32, No. 6, pp. 430-439.
- Glänzel, W., et al. (2003), *Nanotechnology: Analysis of an emerging domain of scientific and technological endeavour*, Leuven: K.U. Leuven, Steunpunt O&O Statistieken, Report.
- Huang, C., Notten, A. & Rasters, N. (2010), Nanoscience and technology publications and patents: a review of social science studies and search strategies, *Journal of Technology Transfer*.
- Kostoff, R., Murday, J. S., Lau, C. G. Y., & Tolles, W. M. (2005), *The Seminal Literature of Nanotechnology Research*, Office of Naval Research (ONR)/United States Navy and Marine Corps, Arlington. Disponible en <http://stinet.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA435986&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf>
- Kostoff, R. N., Stump, J. A., Johnson, D., Murday, J. S., Lau, C. G. Y., & Tolles, W. M. (2006), The structure and infrastructure of the global nanotechnology literature, *Journal of Nanoparticle Research*, Vol. 8, Issue 1, pp. 301-321.
- Kostoff, R.N., Koytcheff, R.G. & Lau, C.G.Y (2007) Global nanotechnology research literature overview, *Current Science*, 92 (11), 1492-1498.
- Leydesdorff, L., & Zhou, P. (2007), Nanotechnology as a field of science: Its delineation in terms of journals and patents, *Scientometrics*, vol. 70, issue 3, 693–713.

- Meyer, M., Persson, O., Power, Y, with Nanotechnology Expert Group and Eurotech Data (2001), *Mapping excellence in nanotechnologies*. Preparatory study for the European Commission, DG Research.
- Moed, H. F., Glänzel, W. & Schmoch, U. (Eds.), (2004), *Handbook of Quantitative Science and Technology Research. The Use of Publication and Patent Statistics in Studies of S&T Systems*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Mogoutov, A. & Kahane, B. (2007), Data search strategy for science and technology emergence: A scalable and evolutionary query for nanotechnology tracking, *Research Policy*.
- Noyons, E. C. M. et al. (2003), *Mapping Excellence in Science and Technology across Europe. Nanoscience and Nanotechnology*, Report of project EC-PPN CT-2002-0001 to the European Commission.
- OICTel (2008), *La nanotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencias*, Observatorio Iberoamericano de Ciencia, Tecnología e Innovación del Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI, disponible en <http://www.oei.es/salactsi/nano.pdf>
- Porter, A. L. et al. (2008), Refining search terms for nanotechnology, *Journal of Nanoparticle Research*.
- Robles, B. E., & Vinck, D. (2011), A panorama of nanoscience developments in Mexico based on the comparison and crossing of nanoscience monitoring methods, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, in press.
- Robles, B. E., Vinck, D., et de Gortari Rabiela, R. (2008), *Desarrollo de las nanociencias en México: una visión a partir de las publicaciones científicas*, artículos presentado en la Conferencia NanoMex08, Noviembre 2008, México D.F.
- Robles, B. E. & Vinck, D. (2009), *Evolución del desarrollo de las nanociencias en México. Panorama constituido a partir de la comparación y cruce de métodos para el monitoreo de las nanociencias*, artículo presentado en la Conferencia NanoMex09, 10 y 11 de Noviembre, Ensenada, México.
- Rogel, S. R. & Aguado, L. E. (2008), "Límites epistemológicos en la construcción de indicadores para evaluar las actividades científicas: una lectura constructivista", en Osorio, F., Arnold, M, González, L. S. & Aguado, L. E., (coord.), *La nueva teoría social en Hispanoamérica. Introducción a la teoría de sistemas constructivista*, Colección Pensamiento universitario no. 11, UAEMEX, México, pp. 121-136.
- Tolles, W. (2001), National Security Aspects of Nanotechnology, in Roco, M. C. & Bainbridge, *Societal Implication of Nanotechnology*, NSET Workshop Report, NSF, Arlington, VA, 173-187.
- Zitt, M. & Bassecouard, E. (2006), Delineating complex scientific fields by an hybrid lexical-citation method: An application to nanosciences, *Information Processing and Management*, vol. 42, pp. 1513–1531.
- Zitt, M. & Bassecouard, E., (2008), Quelques défis des indicateurs scientométriques, *MODULAD*, no. 38, pp. 51-62.
- Bassecouard, M., Lelu, A. & Zitt, M. (2007), Mapping nanosciences by citation flows : A preliminary analysis, *Scientometrics*, vol. 70, no. 3, pp. 859-880.