

El análisis de la literatura científica se remonta a principios del siglo pasado con estudios reducidos sobre alguna especialidad; con el paso del tiempo se generaron y desarrollaron métodos e indicadores que facilitaron el análisis de las publicaciones científicas.

A finales de los años sesenta se utilizó por primera vez el término bibliométrico, refiriéndose a las aplicaciones matemáticas y estadísticas utilizadas en la medición del conocimiento por medio de las publicaciones científicas. Dicho análisis se especializa en medir la producción literaria de tipo científico en sus diferentes presentaciones, tales como artículos, publicaciones, revistas, citas bibliográficas, entre otras.

Durante la década de los setenta surge la necesidad de contar con una base de datos multidisciplinaria de la producción científica con cierto nivel de calidad. El *Institute for Scientific Information* se dio a la tarea de crear la base de datos *Science Citation Index*. Cabe hacer notar que existen otras bases de datos referentes a la producción científica pero en su mayoría se enfocan a algún campo o disciplina de la ciencia en específico.

El análisis bibliométrico permite dar a conocer el grado de especialización o carencia que se genera en las áreas de la ciencia de cada país. Los indicadores arrojados por dicho análisis son una gran herramienta en la toma de decisiones para la creación de políticas que pretendan impulsar el desarrollo científico. Sin embargo, el análisis bibliométrico por sí solo no puede reflejar por completo los fenómenos o situaciones alrededor del avance científico,



Producción Científica y Tecnológica

se debe utilizar en combinación con otros indicadores, tales como el Gasto Federal en Ciencia y Tecnología (GFCyT), Gasto Interno en Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE), CRTT, por mencionar algunos para optimizar los resultados.

Por otra parte, este tipo de indicadores son de gran utilidad para las instituciones e investigadores científicos, ya que es un buen escaparate que promueve sus investigaciones y les provee de prestigio.

Esta sección está formada por dos apartados: el primero se refiere a la fuente y a los principales conceptos utilizados en el análisis de la producción de las publicaciones científicas, y en el segundo, se abordan los análisis de la producción científica generada por científicos mexicanos respecto a la producción mundial en los últimos años y en último periodo quinquenal 1990-2000, así como un breve análisis de la producción bibliométrica nacional por entidad federativa e institución y de las revistas nacionales más indexadas por el *Instituto For Scientific Information (ISI)*.

Fuente y conceptos

Como en años anteriores, para este reporte se utilizó la base de datos del ISI, la cual agrupa las publicaciones más reconocidas e influyentes en el campo científico.

La base de datos del ISI clasifica la producción científica en 24 grandes disciplinas. A su vez, los artículos también son clasificados por tipo de documento.

El principal criterio para que una publicación aparezca en la base del ISI es el número de citas* a las que se hace acreedor un artículo, ya que esto refleja la



* Una se define como una referencia a los resultados generados por una investigación previa, ya sea propia o de otro autor, que hace un investigador en un artículo de su autoría y se abordan desde dos perspectivas:

A) Se contabilizaron las citas que recibieron los artículos desde el año de su publicación hasta diciembre de 2000. Con este método se subestima el impacto de los artículos publicados en años recientes, debido a que no han tenido el tiempo suficiente para madurar su influencia en la comunidad científica y ser citados de forma más recurrente.

B) Por otra parte se contabilizó el total de citas realizadas en un año específico, independientemente del año en que se publicó el artículo. Este conteo se hizo en periodos quinquenales, tratando de no subestimar las citas de publicaciones de años recientes.

De lo anterior se desprende un concepto por demás importante, el factor de impacto. Es el cociente entre el número de citas y el número de artículos en un tiempo determinado. Este cociente no es más que el número de citas promedio que recibe cada artículo en un año. Si el factor de impacto se obtiene para periodos quinquenales, en los que se consideran artículos de otros años, se obtendrá una aproximación del promedio de citas para ese periodo.

importancia e influencia de dicho artículo o investigación sobre la comunidad científica.

La contabilización de las citas es un indicador que mide el impacto que tiene un artículo sobre la comunidad científica, y en la mayor parte de las ocasiones puede tomarse como un parámetro de calidad.

El impacto relativo por disciplina se obtiene del cociente del impacto de una disciplina en un país entre el impacto de esa disciplina en el mundo, definiéndose este último como el cociente del total de citas entre el total de artículos exclusivos de esa área en todo el mundo. Un impacto relativo menor que uno indica que se está por debajo del promedio internacional.

En el ámbito bibliométrico se han aportado diversos métodos de evaluación para la producción científica, en los que se han expuesto diversos criterios de cómo medir esta producción, desde definir ciertas áreas de estudio, pasando por hacer mediciones de acuerdo con la cantidad de artículos publicados, con su calidad y prestigio de los investigadores, hasta medir las citas de un artículo que ha sido elaborado por más de un investigador

y con coautores de diferentes nacionalidades. La diversidad de variables que influyen en el análisis de la producción científica puede en ocasiones confundir o desviar dicho análisis, por ejemplo, el número de citas por sí solo no es el único indicador del impacto de la producción, ya que un número creciente de citas puede ser resultado de una producción importante de artículos con diversas coautorías, los cuales podrían haber sido citados en algunas ocasiones, sin influir demasiado en la comunidad.

Producción científica en México

El número de artículos publicados por científicos mexicanos durante el periodo 1990-2000 ascendió a 32,726, con una tasa media anual de crecimiento del 11.9% durante dicho periodo. El perfil científico de los artículos generados por científicos mexicanos recae en cuatro disciplinas, las cuales representan el 56.7% del total de la producción nacional, tales disciplinas son: física, con un 19.2%, segunda de la medicina, con 13.9%, plantas y animales, con 12.3%, y química, con un 11.3%, entre las disciplinas menos participativas se encuentran leyes, educación, computación y economía, todas ellas con menos de un punto porcentual. La producción de artículos escritos por científicos mexicanos en el año 2000, y registrados por el ISI, presentaron un crecimiento de 2.2% respecto a 1999, el menor desde 1988.

Física es la disciplina dominante desde principios de la década de los noventa, su producción durante el periodo 1990-2000 es de 6,298 artículos; sin embargo, en el 2000 sólo se generaron 926 artículos, lo que representa una disminución del 2.9%

y su IMPACTO económico*

PARTICIPACIÓN MUNDIAL DE ARTÍCULOS DE PAÍSES LATINOAMERICANOS, 2000

N°	País	Participación
1	Brasil	1.33
2	México	0.64
3	Argentina	0.59
4	Chile	0.25
5	Venezuela	0.12
6	Colombia	0.08
7	Uruguay	0.04
8	Costa Rica	0.03
9	Perú	0.03
10	Ecuador	0.01
11	Panamá	0.01

respecto a 1999; medicina fue la segunda disciplina más productiva durante el periodo, con 4,553 artículos, y creció a un ritmo de 10.1% respecto a 1999; plantas y animales, la tercera en el orden, arrojó un crecimiento anual de 9.1% y 4,010 documentos en el mismo periodo, y química, por su parte, presentó un crecimiento de 1.4% respecto a 1999, con 3,711 artículos elaborados durante el periodo 1990-2000. Las disciplinas con mayor retroceso, durante el periodo 1990-2000, están encabezadas por ciencias sociales, con 21.9%, astrofísica y computación, con 21.8% y 18.2%, respectivamente.

En el plano internacional, a pesar de que las publicaciones generadas por científicos mexicanos incluidos en la base de datos del ISI han presentado una tasa de crecimiento media anual de 13.3% en el periodo 1990-2000, en el 2000 sólo representan el 0.64% del total mundial.

Al realizar un análisis comparativo con los países miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), los artículos elaborados por científicos mexicanos ocupan el lugar 22 de un total de 28 países; respecto a Latinoamérica, ocupan el segundo lugar, muy por debajo de las publicaciones brasileñas, las cuales constituyen el 1.33% del total mundial.

Estados Unidos es el mayor productor de artículos científicos. Participó en el año 2000 con 243,269 artículos, lo que equivale al 34.0% de la producción mundial, 24.5 puntos porcentuales por encima del Reino Unido, que se sitúa como la segunda nación más importante, con 9.6%, le siguen Japón, con 9.5%, Alemania, con 8.8, y Francia, con el 6.3 por ciento.

Durante la pasada década (1990-2000), el país que exhibió mayor dinamismo en la producción de artículos científicos fue Corea, ya que reportó un crecimiento de 22.7%, seguida por Turquía, con 18.1; Portugal, con 13.5, y México, con 11.9%.

El perfil científico a nivel mundial está encabezado por las disciplinas de medicina, química y física, las cuales representan el 42.3% del total mundial en el periodo 1990-2000. Las disciplinas con menor producción son: leyes, educación y computación.

Citas e impacto de los artículos mexicanos

Como se mencionó en el inicio de esta sección, la cantidad de citas que recibe un artículo puede ser un indicador de la importancia o influencia de dicho artículo en el ámbito de su área del conocimiento. Con el fin de no subestimar la citación de los artículos recientes, se presenta un breve análisis quinquenal.

En México, las disciplinas dominantes tanto en producción como en número de citas recibidas en los últimos 20 años

están encabezadas por física y medicina. En el quinquenio de 1996-2000, física generó el 20% del total de artículos a nivel nacional, y el 18% del total de citas recibidas. Medicina, la segunda disciplina en importancia, participó con un 14% tanto en producción de artículos como en citas recibidas. Las disciplinas antes mencionadas en conjunción con plantas y animales, química y biología representan el 64% de la producción nacional de artículos, y el 62% de citas recibidas en el quinquenio 1996-2000.

Las disciplinas con mayor producción dentro de nuestro país obedecen a la tendencia internacional; sin embargo, su participación en relación con el total mundial por disciplina fue modesta, ya que física y medicina contribuyeron con el 0.9 y 0.3%, respectivamente, durante el último quinquenio. Por otra parte, astrofísica se mantiene como la disciplina nacional con mayor aportación al total mundial dentro de su especialidad, con una participación de 1.9%. En la misma tónica, plantas y animales se ubicó con un 1.1%, y agricultura y ecología, terceras en el orden, contribuyen con 0.9% en el mismo periodo.

Por otra parte, el comportamiento del último quinquenio, por lo que a citas totales se refiere, presenta un crecimiento del 12.3% respecto al quinquenio inmediato anterior. Las disciplinas que sobresalen por su mayor dinamismo fueron: psicología, con 53.0; astrofísica, con 34.2 y multidisciplinarias, con 26.6% de crecimiento. En contraparte, las disciplinas con menores incrementos fueron agricultura, con 0.8, y física, con 3.0%. Por su parte, neurociencias reportó una disminución de 2.0 puntos porcentuales.

Las disciplinas con mayor producción y citas recibidas no siempre son las de mayor impacto. Tal es el caso de biología molecular, la cual arrojó un impacto del 5.5 en el último quinquenio (1996-2000); inmunología, un 4.8, y neurociencias, un 3.7 de impacto, disciplinas con modestas producciones pero con un alto nivel de impacto. Por otro lado, de las grandes productoras, sólo astrofísica y biología alcanzaron un impacto por encima de los 3.0 puntos, al arrojar 5.2 y 3.3 puntos de impacto, respectivamente. Las disciplinas con los menores impactos estuvieron encabezadas por educación, leyes y matemáticas. Ingeniería es una de las disciplinas con una producción media que ha crecido a tasas moderadas, pero con niveles de impacto menores a los de la unidad.

El comportamiento de la producción, citas e impacto de cada disciplina está en función de sus características específicas; con el fin de facilitar las comparaciones entre ellas o los diferentes campos del conocimiento se emplea el factor relativo, el cual se refiere a comparar el avance de cada disciplina desarrollada al interior de un país con el estándar internacional de cada una de ellas; dicho estándar es igual a la unidad, por lo que las disciplinas que se sitúan por debajo de la unidad tendrán un impacto relativo menor al comportamiento internacional, y, el caso contrario, las disciplinas con impacto relativo mayor a uno ejercerán una influencia mucho mayor respecto a los parámetros internacionales.

El impacto relativo de las disciplinas desarrolladas en el país durante el último quinquenio (1996-2000), se encuentra todavía por debajo de la norma internacional. Las

disciplinas con un impacto relativo cercano a la unidad están encabezadas por computación (0.88), agricultura y astrofísica (0.77), economía (0.76), las cuales reportan producciones menores, pero que en proporción a las citas recibidas y al comportamiento internacional son las más próximas al estándar internacional. En contraparte, las disciplinas más alejadas de los parámetros internacionales son educación (0.20), y psicología y psiquiatría (0.28). Las grandes productoras y generadoras de citas fluctúan en el rango de 0.48 a 0.63, en el mejor de los casos 37 puntos por debajo de la norma internacional, esto se deriva de la escasez de citas recibidas por disciplina a los artículos mexicanos en comparación con el total mundial de las citas recibidas por disciplina.

En el escenario internacional, en el quinquenio 1996-2000, de un grupo de países seleccionados se observa que los Estados Unidos presentaron el mayor impacto relativo con un 1.44, seguidos muy de cerca por el Reino Unido, con 1.20 y por Canadá, con 1.17. Con respecto a países latinoamericanos, el mejor ubicado es Chile, con 0.69, seguido por Argentina, con 0.61 y por México, con 0.55.

De 1981 a 2000, el Distrito Federal es el que genera la mayor producción de literatura científica en el país, con 37,879 artículos, y además es el que aporta el mayor número de citas, con 183,280, sin embargo, su impacto se ubica en el cuarto sitio a nivel nacional, con 4.8. A pesar del nivel de producción, Tlaxcala posee el mayor impacto, con 7.2, seguido de Chiapas, con 5.5 y de Morelos, con 5.4, durante el mismo periodo.

La mayor producción de artículos científicos y de citas se realizó en el centro del país, de tal forma que el D.F., Morelos, Puebla y el Estado de México concentraron 44,623 artículos, lo que representa el 74.0% del total nacional. Este comportamiento es congruente con la elevada concentración de instituciones de educación superior y de centros de investigación de alto nivel en esta región del país.

Producción científica por institución

Como se señaló en la sección anterior, el mayor volumen producido de documentos científicos se realiza en el centro del país, principalmente en la UNAM, la cual participó en el quinquenio 1996-2000 con 12,190 artículos, y 25,244 citas. Su producción científica es la más importante del país, ya que cuenta con los centros e institutos de investigación más importantes en diversas disciplinas, los cuales desarrollan y fomentan la generación de nuevos conocimientos y tecnologías. La Secretaría de Salud es la segunda institución en importancia, con 2,488 artículos y 4,068 citas. El Instituto Politécnico Nacional (IPN), representado por el Cinvestav, y el IPN como tal se sitúa en el tercer lugar, con 4,628 artículos y 8,756 citas, y la UNAM, con 1,901 y 2,837 artículos y citas, respectivamente.

Centros SEP-CONACYT

Por lo que respecta a las instituciones que conforman los centros SEP-Conacyt, se puede observar que su comportamiento en el último quinquenio no varía con respecto a periodos pasados. De tal forma, que las instituciones que mayor número de artículos generaron son el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), con 536 artículos, el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), con 517 y el Centro de Investigaciones en Óptica, A.C. (CIOAC), con 344 publicaciones, de igual manera estas instituciones son las que mayor impacto reportaron en el quinquenio 1996-2000.


Colaboración

La relación con las redes de colaboración con otros países en la producción de do-

cumentos científicos durante el quinquenio 1996-2000, se conserva el mismo comportamiento que en periodos anteriores, a excepción de la nueva inclusión de Cuba por lo tanto, los científicos mexicanos desarrollan la mayor parte de sus vínculos con científicos norteamericanos, europeos, y en menor medida, con científicos de origen latinoamericano.

De igual forma, el 40% de los artículos de origen extranjero que son citados por científicos mexicanos provienen de Norteamérica, situación que confirma la estrecha relación que existe con México en materia científica.

Revistas mexicanas procesadas por el ISI

De acuerdo con sus normas de calidad, las cuales hacen referencia a la calidad e influencia que deben presentar las publicaciones científicas, el ISI procesa seis revistas científicas de origen mexicano: revista *Archivos de Investigación Médica*, revista *Historia Mexicana*, *Revista de Investigación Clínica*, *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, *Revista Mexicana de Física*, y *Revista de Salud Mental*, de las seis, la mitad se refiere a investigaciones relacionadas con la salud. Las revistas con mayor producción de artículos y número de citas son: *Revista Mexicana de Física* y revista *Archivos de Investigación Médica*, las cuales generaron en el último quinquenio 529 y 436 artículos, respectivamente. Además de representar el 57% del total de artículos generados por las seis revistas indizadas, este comportamiento reafirma la tendencia de la producción nacional, en la que las disciplinas con el mayor número de artículos generados son física y medicina. El mayor impacto durante el mismo periodo fue arrojado por la *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, figurando con un 2.47 de impacto. 

PRODUCCIÓN E IMPACTO SEGÚN EL ESTADO DE RESIDENCIA DEL AUTOR 1981-2000

Estado	Artículo	Citas	Impacto
Distrito Federal	37,879	183,280	4.8
Morelos	2,180	17,184	5.4
Puebla	2,334	8,074	3.2
Guatemala	2,000	6,749	3.3
Estado de México	7,907	8,770	4.0
Tlaxcala	1,784	6,463	3.7
Morelos	1,547	6,272	3.4
Chiapas	1,021	3,562	3.4
Estado de México	1,881	2,594	2.1
Veracruz	576	2,455	2.4