

ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA DE LOS MATEMÁTICOS MEXICANOS GRADUADOS EN ESTADOS UNIDOS EN EL PERIODO 1980-1998

Eric González

Instituto de Matemáticas. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria. México, D.F., 04510, MÉXICO.

Miguel Arenas Vargas

Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso y Canal Nacional, Coyoacán, México, D.F., MÉXICO.

Judith Licea de Arenas

Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, México, D.F., 04510, MÉXICO.

Resumen: La investigación desempeñada de 64 mexicanos que obtuvieron su Ph.D. en universidades americanas a partir del año 1980 a 1998 fue probado para determinar el grado de la fuga de cerebros. Una variedad de fuentes fueron utilizadas para este propósito: *Dissertation Abstracts*, *MathSciNet*, *Science Citation Index Expanded* y la base de datos Sistema Nacional de Investigadores. Los resultados mostraron que los matemáticos que trabajaban en el extranjero se desempeñaron mejor que sus colegas en México.

Palabras clave: México; bibliometría; matemáticas; fuga de cerebros.

Title: A BIBLIOMETRIC STUDY OF THE RESEARCH PERFORMANCE OF MEXICAN MATHEMATICIANS DOCTORATED IN THE USA FROM 1980 TO 1998

Abstract: The research performance of 64 Mexicans who obtained their Ph.D. in American universities from 1980 to 1998 was examined in order to determine the extent of brain drain. A variety of sources were used for this purpose: *Dissertation Abstracts*, *MathSciNet*, *Science Citation Index Expanded* and the Mexican National Researchers System database. The results showed that mathematicians working abroad performed better than their colleagues in Mexico.

Keywords: Mexico; bibliometrics; mathematics; brain drain.

INTRODUCCIÓN

La educación representa la estrategia más efectiva de un país para lograr las condiciones de desarrollo mínimas para el bienestar de su población. Los logros científicos y tecnológicos están estrechamente vinculados al bienestar económico y social de los países. En México, la formación de investigadores necesarios para ampliar y consolidar el sistema científico mexicano ha sido prioridad del gobierno desde hace 30 años a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). También, ha preocupado al país lograr un reconocimiento en el ámbito de la ciencia mundial por lo cual crea el Sistema Nacional de Investigadores con el fin de fortalecer y estimular a los investigadores de instituciones de educación superior y de investigación. El Conacyt administra el otorga-

miento de becas para estudios de posgrado fuera del país para que posteriormente se incorporen estos recursos humanos de alta calificación al mercado laboral, sin embargo, la capacidad de las instituciones mexicanas para absorber y emplear a los doctores graduados de universidades del extranjero resulta insuficiente, situación que está relacionada con la migración de talentos, lo cual representa un problema y una gran pérdida al ser éste uno de los fenómenos que afectan en gran medida nuestra economía, es decir, el país no ve recuperada la inversión realizada ni los beneficios de las aportaciones que estos científicos y técnicos habrían generado a la ciencia. Este fenómeno conocido como “fuga de cerebros” se refiere al éxodo intelectual aplicado a quienes emigran a instituciones de países con mayor nivel de desarrollo científico y tecnológico¹. Los países de alto nivel económico, principalmente, Estados Unidos reciben el mayor número de becarios el que se benefician de estas migraciones.

De las áreas de investigación, las *matemáticas* son de las más significativas²; han sido, a lo largo de la historia, una de las herramientas fundamentales para el avance de la ciencia y la tecnología, sin embargo, el apoyo en el desarrollo de esta disciplina, como señala Lobry³, no se trata de un problema prioritario como la salud, la nutrición, la contaminación, infraestructura, energía etc., aunque señala que la falta de investigación en las matemáticas continuará generando dependencia tecnológica en los países subdesarrollados y, en efecto, esta ciencia como todas las demás, son una parte integral de cultura, que sin ella no podría haber desarrollo.

El balance de treinta años realizado por el Conacyt⁴ deja claro que existe carencia de recursos humanos calificados, ya que identifica a más de 25 000 personas trabajando en actividades de ciencia y tecnología en un país de más de 97 millones de habitantes. Por su parte el Sistema Nacional de Investigadores como organismo oficial creado para frenar la pérdida de recursos humanos y para dar reconocimiento a los investigadores, que registrados en su interior, sólo reporta a poco más de 7 mil dedicados a la investigación como actividad fundamental. De éstos, el 23 % corresponde a las áreas de ciencias naturales y exactas. El Sistema Nacional de Investigadores (SNI) destinó para el año 2000 1567 becas repartidas en las áreas de físico-matemáticas y ciencias de la tierra en los niveles del I al III y candidatos, las cuales representan el 21 % del total del SNI⁵.

La productividad científica medida a través de la presencia de publicaciones es un indicador del avance de la ciencia nacional. A este respecto, de acuerdo con los resultados obtenidos por el Institute for Scientific Information⁶, México ha incrementado su producción científica. Dicho organismo reportó que la contribución mexicana a la ciencia mun-

¹ Castaños de Lomnitz, H. La migración de talentos en México. *Ciencia y Desarrollo* 1993; 19 (112): 16-20.

² Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. *Indicadores de la actividad científica y tecnológica (SEP, CONACYT)* [En línea] Disponible: URL: http://info.main.conacyt.mx/dapeyt/indicadores/ver_html/cap_iiiPUBLICACIONES/biblio_iii.html [Consulta: 15/05/01].

³ Lobry, C. Mathematics and development. *Nature* [En línea] Disponible: URL: <http://helix.nature.com/wcs/c17.html> [Consulta: 15/05/01].

⁴ *1971-2000 Treinta años de Programa de becas-crédito: evolución, resultados e impacto*. México, SEP, CONACYT, 2000.

⁵ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. *Programa especial de Ciencia y Tecnología (SEP, CONACYT)* [En línea] Disponible: URL: <http://info.main.conacyt.mx/pecyt/indexc.html> [Consulta: 7/11/01].

⁶ Latin America: a growing presence [En línea] Disponible: URL: <http://www.in-cites.com/contries/latin-america.html> [Consulta: 11/11/01].

dial fue de 28,101 artículos en la última década, y que más del 70% de éstos trabajos se han producido en los últimos cinco años.

La capacidad de generar conocimiento nuevo está determinada también por el número de personas dedicadas a las actividades científicas y por el nivel de estudios alcanzado. En este sentido, el doctorado ha sido reconocido por la Clasificación Internacional Normalizada (ISCED)⁷ como el grado en el que se adquieren las habilidades y destrezas para realizar investigación de frontera, con capacidad para organizar y dirigir grupos de investigación y para la formación de recursos humanos para el desarrollo de la ciencia.

Los estudios doctorales se realizan en las universidades e institutos de enseñanza superior. La cantidad de programas establecidos está en relación con la demanda de la enseñanza. México ha formado recursos humanos tanto en los programas doctorales nacionales, como en instituciones del extranjero, principalmente los Estados Unidos, el Reino Unido, Francia y España. Sin embargo, el análisis de los graduados en el extranjero y sus efectos en la ciencia nacional no han sido realizados, o bien se desconocen. Por ello, es importante iniciar el estudio de la contribución científica que dichos graduados han realizado en beneficio de México, si bien, asumimos que condiciones laborales más ventajosas y mejores condiciones de vida motivan a investigadores, principalmente jóvenes, a buscar nuevos horizontes.

A partir de 1970, México ha enviado a becarios a prepararse al extranjero en su afán por formar recursos humanos de alta calificación, razón por la cual en esta investigación se propuso identificar a un grupo de exbecarios formados como doctores en el área de matemáticas en instituciones norteamericanas. Esta situación da como resultado el interés de analizar a los talentos mexicanos, con la intención de conocer qué han realizado, cuánto y quiénes, a través de la medición de su producción científica. La *bibliometría*⁸ se aplica al quehacer de un grupo de doctores en matemáticas con el fin de construir indicadores bibliométricos y de estima.

Para ello, primero se identificaron los recursos humanos formados en área de las matemáticas en instituciones educativas de Estados Unidos. Se identifican subconjuntos: los que permanecen en el país y han sido reconocidos por el gobierno de México como investigadores nacionales; los que emigran y están adscritos a instituciones norteamericanas y, por último, los que desaparecen de la escena científica.

El camino recorrido por el gobierno de México ha sido largo, empero, hay factores ajenos a los planes de ciencia y tecnología que causan que recursos humanos formados a través de programas específicos no se incorporen a las instituciones científicas de México, hechos que pueden llevar a un replanteamiento de políticas de formación de recursos humanos en el extranjero.

MÉTODOS

Los datos empíricos para analizar el desempeño de los doctorados mexicanos en matemáticas que obtuvieron su grado en instituciones de educación superior de Estados Unidos, se construyeron a partir de la base de datos *Dissertation Abstracts Online*, que es la

⁷ UNESCO. International Standard Classification of Education ISCED, 1997.

⁸ Glosario ALA de bibliotecología y ciencias de la información / Heartsill Young, ed., Terry Belanger, colab. (et al.). Madrid: Diaz Santos 1988: 473.

fuelle de información que contiene los registros bibliográficos de las tesis doctorales y de maestría presentadas en universidades norteamericanas, a partir de 1861. La base de datos representa el trabajo de graduados en más de 1000 instituciones norteamericanas y europeas. Se identificaron 1678 registros de graduados mexicanos correspondientes al periodo de 1980 a 1998; de éstos, 65 correspondieron a matemáticas.

La fuente utilizada para observar la importancia de las universidades de procedencia en las que estuvieron inscritos los doctorados en matemáticas fue *U.S. News Online*⁹, donde se encuentran clasificadas las instituciones de educación superior de los Estados Unidos.

La identificación de los trabajos publicados por los investigadores en el área de matemáticas se llevó a cabo a través de la base de datos de la especialidad *MathSciNet*¹⁰.

Para determinar la repercusión de los trabajos publicados por los investigadores en matemáticas se recurrió, a través de la *ISI Web of Science*, en particular al *Science Citation Index Expanded (SCI)* del Institute for Scientific Information (*ISI*)¹¹. La búsqueda cubrió el periodo de 1975 a 2001, que corresponde a los años disponibles en la base de datos.

Con el propósito de averiguar si el investigador está en activo en alguna institución local o extranjera, se utilizarían como referencia las direcciones que muestran los resultados de las búsquedas.

Para determinar la importancia relativa de las revistas científicas utilizadas para publicar los trabajos de los matemáticos estudiados se utilizó el *Journal Citation Reports (ISR)*¹². A continuación se procedió a identificar a los graduados con nivel de doctorado (PhD) adscritos al *Sistema Nacional de Investigadores (SNI)*¹³, en el periodo de 1998-2000, es decir, los investigadores vigentes al año 2000.

Las fuentes utilizadas para identificar la institución donde actualmente prestan sus servicios los matemáticos fueron el *World directory of mathematicians*, publicado por la International Mathematical Union¹⁴, y la *Combined membership list*¹⁵ que registra alfabéticamente los nombres y direcciones de las organizaciones y comités de matemáticos en todo el mundo.

Por otra parte, dado que pudiera ser conveniente conocer el número de investigadores que, en promedio, un investigador tendrá en su vida profesional, mediante una metodología semejante a la utilizada para estudiar la fecundidad, se obtuvieron las tasas de publicación por grupos quinquenales (i) de edad profesional (T_{pi}). Dichas tasas son el producto

⁹ US News Online: Best Graduate Schools 2000 [En línea] Disponible: URL: <http://www.usnews.com/usnews/edu/college/rankings/natunivs/natua/natua_sl.htm> [Consulta: 13/05/01].

¹⁰ MathSciNet. [En línea] American Mathematical Society, 2000. Disponible: URL: <http://www.ams.org/msnhtml/about_mathscience.html> [Consulta: 7/09/01].

¹¹ Science Citation Index [En línea] Institute for Scientific Information. Disponible: URL: <<http://wos.isitrial.com/CIW.cgi>> [Consulta: 15/05/01].

¹² Journal Citation Reports (JCR). Science Edition [En microficha] Philadelphia: Institute for Scientific Information, 1999.

¹³ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. *Sistema Nacional de Investigadores (SEP, CONACYT)* [En línea]. Disponible: URL: <http://info.main.conacyt.mx/sni/sni000.html> [Consulta: 4/02/00].

¹⁴ World directory of mathematicians 1998. Rio de Janeiro, Brasil: International Mathematical Union; 1998. 1093 p.

¹⁵ Combined Membership list. Providence, Rhode Islan: American Mathematical Society 1996: 392 p.

de la división de los eventos (trabajos publicados) entre el tiempo vivido que los investigadores han estado en posibilidad de publicar (edad profesional); de esta manera se tiene el comportamiento en cuanto a publicaciones, específico para cada grupo quinquenal de edad profesional (i)¹⁶.

RESULTADOS

Los resultados del estudio realizado acerca de los doctorados en instituciones de educación superior de los Estados Unidos, fueron los siguientes:

Instituciones formadoras

El grupo a estudiar se constituyó a partir de la base de datos *Dissertation Abstracts*; se identificó que 1678 tesis de origen mexicano se graduaron en el periodo de 1980 a 1998; de ese número, 65 correspondieron a doctores en matemáticas.

Los doctorados en las instituciones de Estados Unidos se graduaron en 35 instituciones registradas en *U.S. News Online* (Cuadro 1). Sólo 24 de ellos recibieron su grado de doctor de 17 instituciones consideradas en la lista de las 50 mejores universidades nacionales.

Sin embargo, la institución de educación superior en la que se reportó el mayor número de graduados fue la *University of Arizona* 13.8 % (Cuadro 2), no incluida en la clasificación de las 50 mejores universidades nacionales, sino en las de segundo nivel.

En un tercer nivel se encuentra la Texas Tech University que sólo graduó a un matemático. De dos de las universidades clasificadas en cuarto nivel, la University of Houston y la University of Texas at Arlington, egresaron 3 graduados. La Wesleyan University que graduó a 3 matemáticos no está acreditada, según *U.S. News Online*. Finalmente, la Claremont Graduate School, con un graduado en el área de matemáticas, está ubicada en el lugar 11 de la categoría Liberal Arts Colleges. Se pudo establecer que la mayoría de los matemáticos egresaron de las universidades de Estados Unidos los años de 1986 y 1994 (13.8 %) (Figura 1).

Instituciones de adscripción

De los 65 doctores en matemáticas, 35 de ellos se incorporaron a instituciones nacionales; el Instituto de Matemáticas de la Universidad Nacional Autónoma de México contrató al 15.4% del total de graduados en EUA.

Publicaciones

A través de la búsqueda en *MathSciNet*, se identificó que quienes obtuvieron su grado de doctor en EU publicaron un total de 401 documentos, distribuidos, conforme a la siguiente tipología:

- 363** artículos científicos
- 27** publicaciones en serie
- 5** capítulos de libros
- 6** trabajos en congresos, simposia, conferencias

¹⁶ Licea de Arenas J. *Indicadores de la actividad científica universitaria en el área de salud*. México, Universidad Nacional Autónoma de México 1990. (Cuadernos de CESU; 19).

En el año de 1995 se publicaron 39 artículos, convirtiéndose en el año más productivo del periodo estudiado (Figura 2).

De los 401 trabajos publicados, los doctores objeto de estudio participaron en 245 trabajos como primeros autores y 156 como coautores.

En relación con la forma de publicación, los doctores en matemáticas generaron en forma individual 150 trabajos (37.40 %). De los trabajos publicados en forma colectiva, su posición en la autoría fue variada (Cuadro 3).

En cuanto al grado de colaboración en la publicación de trabajos se encontró que la mayor parte de los trabajos se produjeron en autoría múltiple: el 1.59, según la fórmula de Subramanyan¹⁷:

$$C = \frac{Nm}{Nm + Ns}$$

Donde C = grado de colaboración

Nm = número de trabajos de investigación en autoría múltiple y

Ns = número de trabajos en autoría individual

Al buscar el grado de colaboración entre los graduados fue posible establecer una red de colaboración entre los matemáticos en estudio; dos de los investigadores adscritos a la Universidad Michoacana colaboran entre sí en trabajos publicados, mientras que cuatro doctores adscritos al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (n=2) y el Instituto de Matemáticas de la Universidad Nacional Autónoma de México (n=2) colaboraron en 11 trabajos (Figura 3).

En relación con el tipo de documento en el que publicaron sus trabajos los matemáticos, se advierte la significativa preferencia por publicar artículos en revistas principalmente de origen extranjero (n=371); de esos 371 artículos, 23 se publicaron en México. La revista más utilizada por los doctores formados en Estados Unidos fue *Annals of Mathematical Studies* con 27 trabajos (6.73%), la cual, sin embargo resultó no formar parte de las revistas centrales (Cuadro 4).

Por otro lado, *Physics Review D*, con un *factor de impacto* de 3.695, según el *Journal Citation Reports*, sólo publicó un artículo (Cuadro 5).

Los matemáticos graduados en los Estados Unidos publicaron sus artículos en revistas principalmente de matemáticas (n=211), pero también de otras áreas (Cuadro 6).

Los manuscritos de los doctores en matemáticas, se “fugaron” hacia fuentes editadas en los Estados Unidos (n=38), Inglaterra (n=15), Holanda (n=12), Alemania (n=11), Suiza (n=7), y Japón (n=5).

De los 401 trabajos localizados en *MathSciNet*, 105 fueron indizados en *SCI*. Sin embargo, este último índice registró 9 artículos no considerados en *MathSciNet* (Cuadro 7).

Por lo que respecta a los matemáticos más productivos con visibilidad internacional GD. Villa Salvador, adscrito al Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, graduado en 1986, publicó 16 documentos que obtuvieron 43 citas (11.37 %) y M. Eudave Muñoz del Instituto de Matemáticas de la Universidad Nacional Autónoma de México tuvo 16 publicaciones citadas en 33 ocasiones.

¹⁷ Subramanyan K. Bibliometric studies of research collaboration: a review. *Journal of information Science* 1983: 33-38.

Los doctores más productivos, así como más visibles, medidos a través de sus citas egresaron, principalmente, de 8 universidades (Cuadro 8).

Estima

De los 65 investigadores del área de matemáticas graduados en Estados Unidos, 23 de ellos (35 %) pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (figura 4), es decir 1 de cada 2.8 son investigadores o candidatos a investigadores nacionales.

Los 23 doctores pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores publicaron 206 trabajos, o sea 51.37 % del total de publicaciones según *MathSciNet* lo cual lleva a señalar que los investigadores adscritos al SNI son ligeramente más eficientes que aquellos que no lo son; dichos trabajos recibieron 119 citas. La fecundidad de los investigadores adscritos al Sistema Nacional de investigadores será de 22.55 trabajos, trabajos que publicará en su vida productiva (Cuadro 9).

De acuerdo con su nivel en el SNI, los matemáticos pertenecientes al Nivel II mostraron una actividad más destacada: 117 publicaciones (29.17%), que recibieron 109 citas (28.5 %) (Cuadro 10).

En relación con la autoría, 80 trabajos se produjeron en forma individual, 51 artículos en colaboración con otro colega, 74 con dos colaboradores, 24 trabajos con tres y 1 con otros cuatro autores (Cuadro 11).

Éxodo

Se identificó que 20 doctores formados en Estados Unidos permanecen en el mismo país que les otorgó el grado. Los egresados de la University of Arizona (n=3), Ohio State University (n=3) y University Of Utah (n=2) se encuentran laborando en su *alma mater* o en la iniciativa privada.

Los doctores en matemáticas que no regresaron a su país de origen lograron producir 157 trabajos que alcanzaron 251 citas. La fecundidad de los matemáticos que abandonaron el país será de 38.7, trabajos, según la fórmula citada (Cuadro 12).

Se pudo apreciar que, en relación con los trabajos publicados por los doctores fugados, el 70% de los trabajos lograron ser citados por otros investigadores, mientras que el 30 %, de las citas obtenidas fueron autocitas (Fig. 5).

Los 17 doctores en matemáticas que no pertenecen al SNI, pero están adscritos a diferentes instituciones dedicadas al desarrollo de las matemáticas, tanto en el Distrito Federal como del interior de la República Mexicana publicaron 40 trabajos, por los cuales sólo recibieron 13 citas. En cuanto al comportamiento de fecundidad de los de los matemáticos no adscritos al Sistema Nacional de investigadores será de 32.1 trabajos al final de su vida productiva (Cuadro 13).

Finalmente, se supone que 10 de los matemáticos sujetos de estudio, al no haberse podido identificar por medio de alguna fuente de información, desertaron de la actividad científica, si bien dos de ellos publicaron 5 trabajos, pero sin recibir cita alguna.

De los resultados obtenidos en esta investigación, se comprenden los aspectos importantes de la repercusión de la investigación científica generada por este grupo de investigadores, de la cual se obtuvieron indicadores básicos de su aportación a las matemáticas.

DISCUSIÓN

Para comprender el comportamiento del grupo de doctores estudiado, fue necesario describir el entorno en que se desarrolla la investigación científica en México, a partir de cuándo se hace investigación en matemáticas en el país, de qué manera se da la comunicación científica y cómo se evalúa. De especial importancia resulta el apartado relativo a los indicadores científicos en los que se destaca en qué dirección se mueve la investigación científica. La conformación de una fuerza de trabajo para la ciencia ha tardado cerca de 50 años. No ha sido empresa sencilla, amén de requerir enormes recursos económicos.

Al analizar y cuantificar los resultados de las aportaciones generadas por los doctores dedicados a la investigación en matemáticas es notorio que, si bien, de los 65 graduados en universidades norteamericanas, 24 de ellos egresaron de 17 instituciones clasificadas dentro de las 50 mejores de los Estados Unidos, de acuerdo con la fuente *U.S. News Online*, no se observó que las preferencias de los matemáticos mexicanos estén dirigidas hacia escuelas de prestigio, puesto que la institución que más graduados reportó fue la *University of Arizona*, la cual resultó pertenecer a las instituciones de segundo nivel. No hubo evidencia de que la universidad de mayor prestigio fuera la institución con mayor capacidad de sus egresados para producir conocimiento y tener mayor repercusión.

Se pudo observar que las instituciones más productivas dedicadas al desarrollo de las matemáticas en México, y que incorporaron al mayor número de graduados de los Estados Unidos se encuentran centralizadas en el Distrito Federal: la Universidad Nacional Autónoma de México, así como el Instituto Politécnico Nacional, las cuales tienen como finalidad la de formar, especializar y actualizar recursos humanos para las actividades de docencia e investigación. También, son las instituciones que se han favorecido del apoyo gubernamental. Es decir, la Universidad Nacional se beneficia por el efecto Mateo¹⁸.

De acuerdo con la tipología de los trabajos publicados, de los 401 documentos recuperados, 363 fueron publicados como artículos científicos, por lo que quedó establecido que, en esta disciplina, como en otras¹⁹, la revista es el principal canal de comunicación entre los científicos.

El análisis cronológico de los trabajos muestra que la frecuencia de publicación de artículos va en ascenso: el año 1995 reporta la mayor cantidad de trabajos. Los doctores objeto de estudio participaron como primeros autores. En cuanto a la modalidad de la publicación, se advierte una clara preferencia de los matemáticos mexicanos graduados en los EUA, por publicar sus aportaciones en forma colectiva, ya que la mayor parte de los trabajos se produjeron en autoría múltiple. Asimismo, al establecer una red de colaboración entre los matemáticos mexicanos graduados en los EUA, se encontró que los investigadores adscritos a la Universidad Michoacana están reunidos en un pequeño grupo de trabajo y, por otro lado, existe un grupo de colaboración más grande entre el Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional y el Instituto de Matemáticas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Un aspecto importante, en cuanto a las fuentes en las que los matemáticos publicaron sus trabajos, es que el *Annals of Mathematical Studies* fue la más utilizada entre los inves-

¹⁸ Bonitz M, The scientific talent of nations. *Libri*, 1997; 47: 206-213.

¹⁹ Río F del, Fortes M, Peimbert, M. Revistas de ciencia en México. *Revista Mexicana de Física* 1984; 30 (3): 421-445.

tigadores sometidos a estudio, sin embargo, ésta resultó no formar parte de las revistas de la vertiente principal. Por el contrario, *Physics Review D*, la revista con más alto factor de impacto (3.695) entre las revistas en las que publicaron los sujetos de estudio, sólo reportó un trabajo que fue citado 4 veces. Nuestros resultados concuerdan con lo que dice Sancho²⁰: que los primeros lugares de la clasificación por factor de impacto están ocupados por revistas del tipo Review, Progress, Advances, excepto; en este caso el artículo recibió un número reducido de citas. Por ejemplo, Moncada²¹ en un periodo de 10 años ha recibido 6,655 citas. Arunachalam²² sostiene que esto no sorprende, pues las revistas puramente de matemáticas no tienen alto factor de impacto.

El uso de fuentes especializadas como el JCR (ISI)²³, para determinar las disciplinas y su factor de impacto nos permitieron establecer que éstos investigadores publicaron sus artículos en revistas principalmente de matemáticas, pero también de otras áreas que requirieron del uso de las ciencias exactas para dar a conocer sus resultados.

En relación con el tipo de fuente en el que publicaron sus trabajos los matemáticos, se advierte la significativa preferencia por publicar en revistas principalmente de origen extranjero; 38 de los manuscritos publicados por los doctores en matemáticas, se “fugaron” hacia fuentes editadas en los Estados Unidos, país que publica la mayor parte de la producción mundial y el que formó a los investigadores sujetos de estudio. Por otro lado, el idioma de publicación que predominó fue el inglés, por lo que se pudo constatar que éste se ha convertido en el idioma universal de la ciencia. Existe evidencia de que algunos matemáticos confunden el hecho de publicar en revistas editadas en el extranjero y publicar en revistas de la vertiente principal.

En cuanto a la producción científica y repercusión de los matemáticos graduados en los EUA, se encontró que de los 401 trabajos indizados en la base de datos *MathSciNet*, y a través de la fuente *Science Citation Index*, que según Garfield²⁴ cubre virtualmente toda la literatura científica mundial relevante, sólo fueron localizados 105 trabajos, de los cuales lograron acumular 382 citas. Los índices del ISI son muy selectivos a la hora de indizar los trabajos publicados, es decir, elimina las publicaciones que no cumplen con ciertos requisitos de calidad, aunque, en relación con lo anterior Mc Roberts²⁵ señala que las citas son un indicador que no se puede usar para comparar científicos de diferentes áreas, pues mientras en bioquímica se incluyen más de 30 referencias en promedio por artículo, en ingeniería o matemáticas sólo se dan 10 referencias, por lo que la probabilidad de ser citado en la literatura bioquímica es 3 veces mayor que en las matemáticas.

Cabe destacar que, al agrupar por quinquenios los periodos de graduación de los matemáticos mexicanos fue posible conocer que el grupo de graduados en el periodo de

²⁰ Sancho R. Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. *Revista Española de Documentación Científica* 1990; 13 (3-4): 842-863.

²¹ Moncada S. *Essay by: Dr. Salvador Moncada* [En línea] Disponible: URL: <http://www.in-cites.com/papers/dr-salvador-moncada.html> [Consulta: 30/11/01].

²² Arunachalam S. Mathematics research in India today: what does the literature reveal? *Scientometrics* 2001; 52 (2): 235-259.

²³ Journal Citation Reports., op. cit.

²⁴ Garfield E. Significant journals of science. *Nature* 1976; 264 (5587): 609-615.

²⁵ McRoberts MH, McRoberts BR. Problems of citation analysis. A critical review. *Journal of the American Society for Information Science* 1989; 40 (5): 342-349.

1982-1987 fue el más productivo y, por lo tanto, el más visible a nivel internacional al haber alcanzado 257 citas.

Es importante señalar que la Princeton University, considerada como una de las mejores 50 de los Estados Unidos, fue de donde egresó el único graduado de esa institución que resultó ser el matemático más productivo (n=45) y con mayor repercusión internacional (n=102 citas).

Uno de cada 2.8 de los 65 investigadores graduados en los Estados Unidos, es decir 23 de ellos pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores, los cuales publicaron 206 trabajos según la fuente *MathSciNet*; dichos trabajos recibieron 119 citas. Por otra parte, el nivel obtenido por los matemáticos adscritos al Sistema Nacional de Investigadores no es garantía de ser promotores de conocimiento: la producción científica de los investigadores pertenecientes al nivel I (n=88 artículos) es mucho menor a la de los del nivel II (n=117 trabajos), al igual que el impacto de sus publicaciones, tal vez porque no se ha puesto mucha atención en el Programa para el Fortalecimiento del Posgrado Nacional²⁶ que evaluará el desempeño académico, puesto que la producción científica y tecnológica promedio es de 1.5 artículos por año.

Asimismo, se determinó el comportamiento de los distintos grupos quinquenales, en cuanto a la tasa global de fecundidad, que expresa el número promedio de hijos que una mujer tiene a lo largo de su vida productiva²⁷. En este caso, se refiere al número de trabajos que publicarán los investigadores al final de su vida productiva; en relación con los matemáticos adscritos al Sistema Nacional de Investigadores ésta será de 22.55; de los que abandonaron el país, será de 38.7 y, finalmente de los que no pertenecen al SNI, ésta será de 21.3 trabajos. Los investigadores en el área de las ciencias biomédicas tienen una tasa de fecundidad del 57.81²⁸, o sea, la expectativa de reproducción de los matemáticos es 36.51% menor que en el caso de los investigadores biomédicos.

La mayoría de los trabajos fueron publicados por una reducida cantidad de matemáticos; se observó que la calidad de los investigadores que no regresaron al país, aun siendo menor en número de integrantes, producen más y tienen una repercusión mayor.

Según un estudio de Garfield²⁹, aproximadamente el 25 % de los artículos publicados nunca son citados; el 55% sólo se citan una vez, y tan sólo el 1% recibe 50 o más citas. Y que además, del 10 % al 20 % de todas las citas son autocitas. Sin embargo, se observó, en el caso de la producción científica de los matemáticos considerados como fugados, que el 53 % de sus publicaciones fueron citadas por otros investigadores, mientras que el 47 %, o sea, casi la mitad de las citas recibidas fueron autocitas.

El país, en el intento de formar investigadores para el desarrollo de las matemáticas en México perdió millones de dólares al fugarse cerca de la mitad de los doctores formados en los Estados Unidos, es decir, la pérdida, tan solo la cantidad erogada en su formación ascendió a \$6.650 000 dólares.

²⁶ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. *Programa para el Fortalecimiento del Posgrado Nacional*. México, SEP, CONACYT 2001.

²⁷ Pérez Palacios G. *La medición de la salud de las mujeres*. En *La medición en salud a través de indicadores*. México: Siglo XXI, UNAM, 2001: 58-82.

²⁸ Licea de Arenas J. *Indicadores de la actividad científica*. op.cit. p. 43.

²⁹ Garfield E. Is citation analysis a legitimate evaluation tool? *Scientometrics* 1979; 1 (4): 359-375.

Las naciones más productivas en América Latina son: Brasil, México, Argentina, Chile y Venezuela³⁰, sin embargo, Chile es el líder en el campo de las matemáticas. Se estima, en consecuencia que si se sumara la producción y repercusión de los exbecarios que viajaron a los Estados Unidos a obtener el grado y no regresaron al país, México estaría en un lugar mejor con respecto a otros países de la región.

Finalmente, de los matemáticos formados en Estados Unidos que no fueron identificados como incorporados, se asume que 10 de ellos desertaron de la actividad científica, desarrollando actividades para lo que no fueron preparados o no se han preocupado por incorporarse al SNI.

La anterior investigación es un retrato del estado actual de la investigación que realizan los matemáticos mexicanos que se graduaron en los Estados Unidos a finales del siglo XX.

CONCLUSIONES

El uso de fuentes extranjeras como el *Science Citation Index* (ISI) para el análisis de la productividad y la repercusión de las comunidades investigadoras, permite obtener indicadores de la actividad y la investigación, sin embargo, los resultados podrían estar sesgados al no cubrir sino una pequeña parte de lo que se publica en países como México.

Publicar los avances de la ciencia en revistas de la vertiente principal, aumenta la posibilidad de ser visible entre las comunidades científicas y, por lo tanto de ser citado.

La adscripción de los científicos al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) empero, no es garantía de ser generadores de conocimiento, pues la producción científica de los investigadores pertenecientes al él al igual que el impacto de sus publicaciones resultaron bajas.

Al encontrar que una proporción importante de doctores en matemáticas se “fugó” del país, se supone que hace falta un mayor financiamiento para que el matemático graduado en el extranjero encuentre atractiva su estancia en el país y un ambiente propicio para el desarrollo de proyectos de investigación.

Los datos que arrojó este estudio pudieron confirmar que el Programa de repatriación que tiene como finalidad de captar el mayor número de graduados en el extranjero no ha sido eficiente, ya que de acuerdo con los informes oficiales, el número de matemáticos fugados es mayor al estimado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México.

De acuerdo con los resultados obtenidos y la metodología utilizada se pudo establecer que las técnicas bibliométricas aplicadas a la producción científica nos dan indicadores del desarrollo alcanzado por los matemáticos mexicanos graduados en los Estados Unidos y como medio para valorar y dar una percepción diferente a los análisis sobre migración científica.

Agradecimiento: JLA agradece a las universidades Nacional Autónoma de México y de Murcia el apoyo recibido para la realización de este estudio.

³⁰ Latin America: a growing presence, op. Cit.

REFERENCIAS

- Arunachalam S. Mathematics research in India today: what does the literature reveal? *Scientometrics* 2001; 52 (2): 235-259
- Bonitz M. The scientific talent of nations. *Libri*, 1997; 47: 206-213
- Castaños de Lomnitz H. La migración de talentos en México. *Ciencia y Desarrollo* 1993; 19 (112): 16-20
- Combined Membership list*. Providence, Rhode Islan: American Mathematical Society 1996: 392 p.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. *Indicadores de la actividad científica y tecnológica (SEP, CONACYT)* [En línea] Disponible: URL: http://info.main.conacyt.mx/dapcyt/indicadores/ver_html/cap_iiiPUBLICACIONES/biblio_iii.html [Consulta: 15/05/01]
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. *Programa especial de Ciencia y Tecnología (SEP, CONACYT)* [En línea] Disponible: URL: <http://info.main.conacyt.mx/pecyt/indexc.html> [Consulta: 7/11/01]
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. *Programa para el Fortalecimiento del Posgrado Nacional*. México, SEP, CONACYT 2001.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. *Sistema Nacional de Investigadores (SEP, CONACYT)* [En línea]. Disponible: URL: <http://info.main.conacyt.mx/sni/sni000.html> [Consulta: 4/02/00]
- Garfield E. Is citation analysis a legitimate evaluation tool? *Scientometrics* 1979; 1 (4): 359-375
- Garfield E. Significant journals of science. *Nature* 1976; 264 (5587): 609-615
- Glosario ALA de bibliotecología y ciencias de la información* / Heartsill Young, ed., Terry Belanger, colab. (et al.). Madrid: Díaz Santos 1988: 473.
- Journal Citation Reports (JCR). Science Edition* [En microficha] Philadelphia: Institute for Scientific Information, 1999.
- Latin America: a growing presence* [En línea] Disponible: URL: <http://www.in-cites.com/contries/latin-america.html> [Consulta: 11/11/01]
- Licea de Arenas J. *Indicadores de la actividad científica universitaria en el área de salud*. México, Universidad Nacional Autónoma de México 1990. (Cuadernos de CESU; 19)
- Licea de Arenas J. *Indicadores de la actividad científica*. op. cit. p. 43
- Lobry C. Mathematics and development. *Nature* [En línea] Disponible: URL: <http://helix.nature.com/wcs/c17.html> [Consulta: 15/05/01]
- MathSciNet. [En línea] *American Mathematical Society*, 2000. Disponible: URL: http://www.ams.org/msnhtml/about_mathscience.html [Consulta: 7/09/01]
- McRoberts MH, McRoberts BR. Problems of citation analysis. A critical review. *Journal of the American Society for Information Science* 1989; 40 (5): 342-349
- 1971-2000 Treinta años de Programa de becas-crédito: evolución, resultados e impacto*. México, SEP, CONACYT, 2000
- Moncada S. *Essay by: Dr. Salvador Moncada* [En línea] Disponible: URL: <http://www.in-cites.com/papers/dr-salvador-moncada.html> [Consulta: 30/11/01]
- Pérez Palacios G. *La medición de la salud de las mujeres. En La medición en salud a través de indicadores*. México: Siglo XXI, UNAM, 2001: 58-82

- Río F del, Fortes M, Peimbert, M. Revistas de ciencia en México. *Revista Mexicana de Física* 1984; 30 (3): 421-445
- Sancho R. Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. *Revista Española de Documentación Científica* 1990; 13 (3-4): 842-863
- Science Citation Index* [En línea] Institute for Scientific Information. Disponible: URL: <http://wos.isitrial.com/CIW.cgi> [Consulta: 15/05/01]
- Subramanyan K. Bibliometric studies of research collaboration: a review. *Journal of information Science* 1983: 33-38
- UNESCO. *International Standard Classification of Education ISCED*, 1997
- US News Online: Best Graduate Schools 2000* [En línea] Disponible: URL: http://www.usnews.com/usnews/edu/college/rankings/natunivs/natua/natua_sl.htm [Consulta: 13/05/01]
- World directory of mathematicians 1998*. Rio de Janeiro, Brasil: International Mathematical Union; 1998. 1093 p.

Cuadro 1. Distribución de graduados en las 50 mejores universidades nacionales de EUA

CLASIFICACIÓN	INSTITUCIONES	ESTADO	GRADUADOS
1	PRINCETON UNIVERSITY	NJ	1
2	HARVARD UNIVERSITY	MA	3
2	YALE UNIVERSITY	CT	1
10	COLUMBIA UNIVERSITY	NY	1
10	CORNELL UNIVERSITY	NY	2
10	UNIVERSITY OF CHIGAGO	IL	1
13	NORTHWESTERN UNIVERSITY	IL	1
19	UNIVERSITY OF NOTRE DAME	IN	1
20	UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELY	CA	1
20	UNIVERSITY OF VIRGINIA	VA	1
25	UNIVERSITY OF CALIFORNIA, LOS ANGELES	CA	1
25	UNIVERSITY OF MICHIGAN	MI	1
33	UNIVERSITY OF ROCHESTER	NY	1
35	UNIVERSITY OF WINSCONSIN- MADISON	WI	3
41	UNIVERSITY OF ILLINOIS AT URBANA	IL	3
45	TULANE UNIVERSITY	LA	1
45	UNIVERSITY OF CALIFORNIA, SANTA BARBARA	CA	1
TOTAL			24

Cuadro 2. Universidades nacionales de EUA de segundo nivel que graduaron a doctores mexicanos en matemáticas

INSTITUCIONES	ESTADO	GRADUADOS
BOSTON UNIVERSITY	MA	2
IOWA STATE UNIVERSITY	IA	1
OHIO STATE UNIVERSITY	OH	6
RUTGERS—NEWARK	NJ	1
SUNY—STONY BROOK	NY	5
UNIVERSITY OF ARIZONA	AZ	9
UNIVERSITY OF FLORIDA	FL	1
UNIVERSITY OF MARYLAND COLLEGE PARK	MD	1
UNIVERSITY OF OREGON	OR	2
UNIVERSITY OF UTAH	UT	4
WASHINGTON STATE UNIVERSITY	WA	1
TOTAL		33

Cuadro 3. Modalidad de los trabajos publicados

INDIVIDUAL	COAUTORÍA			TOTAL
	AUTORES			
	2	3	4	
150	160	81	10	401

Cuadro 4. Títulos de revistas con mayor número de trabajos publicados

FUENTE	PAÍS	F. I.	ARTÍCULOS
ANN MATH STUD	EUA	-	27
BOL SOC MAT MEX	MÉXICO	-	16
PROC AMER MATH SOC	EUA	0.311	21
TOPOLOGY APPLI	HOLANDA	0.270	14
TRANS AMER MATH SOC	EUA	0.623	14

Cuadro 5. Revistas con factor de impacto mayor que 1 en que publicaron los matemáticos

FUENTE	PAÍS	F. I.	ARTÍCULOS
ACTA MATH	SUECIA	1.467	1
BULL AMER MATH SOC	EUA	1.250	1
INVENT MATH	ALEMANIA	1.207	3
J PHYS A MATH GEN	INGLATERRA	1.387	2
PHYS REV D	INGLATERRA	3.695	1

Cuadro 6. Áreas de las revistas en la que publicaron los matemáticos

ÁREA	NO. TÍTULOS	ARTÍCULOS
FÍSICA	4	5
BIOLOGÍA	4	4
ESTADÍSTICA	3	3
INGENIERÍA	3	5
CIENCIAS POLÍTICAS	1	1
CIENCIA (GENERAL)	1	5

Cuadro 7. Producción científica y repercusión de los matemáticos graduados en EUA según el periodo de graduación

PERIODO DE GRADUACIÓN	PUBLICACIONES	CITAS	PUBL / CITAS
1982 – 1987	202	257	1.27
1988 – 1993	176	123	0.69
1994 – 1998	23	2	0.08
TOTAL	401	382	

Cuadro 8. Publicación y repercusión de los graduados según universidad que formó al mayor número de graduados

INSTITUCIÓN DE GRADUACIÓN	No. DOCTORES	PUBLICACIONES	CITAS
HARVARD UNIVERSITY	3	20	7
SUNY—STONY BROOK	5	28	5
PRINCETON UNIVERSITY	1	45	102
RUTGERS--NEWARK	1	16	43
UNIVERSITY OF ARIZONA	9	31	28
UNIVERSITY OF CALIFORNIA, STA BARBARA	1	16	33
UNIVERSITY OF WISCONSIN, MADISON	3	37	13
WESLEYAN UNIVERSITY	3	53	73

Cuadro 9. Tasa de publicación de los matemáticos adscritos al SNI por grupo quinquenal y tasa global de publicación

QUINQUENIO	GRUPO DE EDAD	No. DOCTORES	PUBLICACIONES	EDAD PROFESIONAL PROMEDIO	Tp (i)
1	5-9	9	36	9.7	2.42
2	10-14	11	127	12.1	1.05
3	15-19	3	45	15.6	1.04
		23	208		4.51

$$TGP = 5 (4.51) = 22.55$$

i = los grupos quinquenales de edad profesional

Tp (i) = la tasa de publicación corresponde a los integrantes del grupo quinquenal (i) expresado en trabajos publicados por año vivido en edad profesional por cada investigador en promedio.

$$Tp(i) = \frac{\text{trabajos publicados}}{(\text{edad profesional promedio}) (\text{número de investigadores})}$$

TGP = tasa global de publicaciones

$$TGP = 5 \sum_{i=1}^3 TP$$

Cuadro 10. Producción de trabajos según nivel en el SNI

NIVEL	No. DOCTORES	PUBLICACIONES	CITAS
I	16	88	10
II	6	117	109
III	1	-	-
CANDIDATO	2	24	
TOTAL	25	229	119

Cuadro 11. Autoría de los trabajos de los matemáticos de acuerdo con su nivel en el SNI

NIVEL	INDIVIDUAL	COAUTORÍA			
		1er.	2do.	3er.	4to.
I	32	27	21	8	-
II	43	23	41	10	-
III	-	-	-	-	-
C	5	1	12	6	1
TOTAL	80	51	74	24	1

Cuadro 12. Tasa de publicación por los matemáticos que abandonaron el país por grupo quinquenal y tasa global de publicación

QUINQUENIO	GRUPO DE EDAD	No. DOCTORES	PUBLICACIONES	EDAD PROFESIONAL PROMEDIO	Tp (i)
1.	0-4	1	3	3	1
2.	5-9	9	21	9.7	4.16
3.	10-14	6	96	12.1	1.32
4.	15-19	3	37	15.6	1.26
		19	157		7.74

$$TGP = 5 (7.74) = 38.7$$

i = los grupos quinquenales de edad profesional

Tp (i) = la tasa de publicación corresponde a los integrantes del grupo quinquenal (i) expresado en trabajos publicados por año vivido en edad profesional por cada investigador en promedio.

$$Tp(i) = \frac{\text{trabajos publicados}}{(\text{edad profesional promedio}) (\text{número de investigadores})}$$

TGP = tasa global de publicaciones

$$TGP = 5 \sum_{i=1}^4 TP$$

Cuadro 13. Tasa de publicación de los matemáticos no adscritos al SNI por grupo quinquenal y tasa global de publicación

QUINQUENIO	GRUPO DE EDAD	No. DOCTORES	PUBLICACIONES	EDAD PROFESIONAL PROMEDIO	Tp (i)
1.	5-9	3	12	7.6	1.9
2.	10-14	2	11	13	2.36
		5	23		4.26

$$TGP = 5 (4.26) = 21.3$$

i = los grupos quinquenales de edad profesional

Tp (i) = la tasa de publicación corresponde a los integrantes del grupo quinquenal (i) expresado en trabajos publicados por año vivido en edad profesional por cada investigador en promedio.

$$Tp(i) = \frac{\text{trabajos publicados}}{(\text{edad profesional promedio}) (\text{número de investigadores})}$$

TGP = tasa global de publicaciones

$$TGP = 5 \sum_{i=1}^2 TP$$

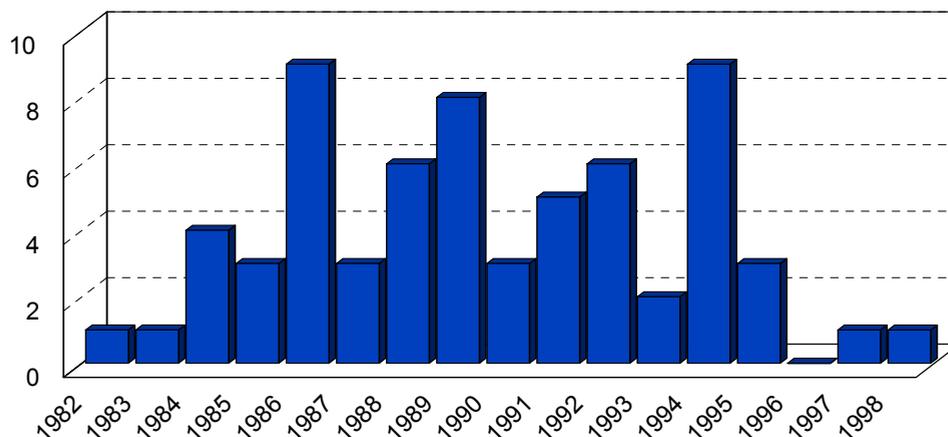


Figura 1. Años de graduación en los EUA de los matemáticos mexicanos

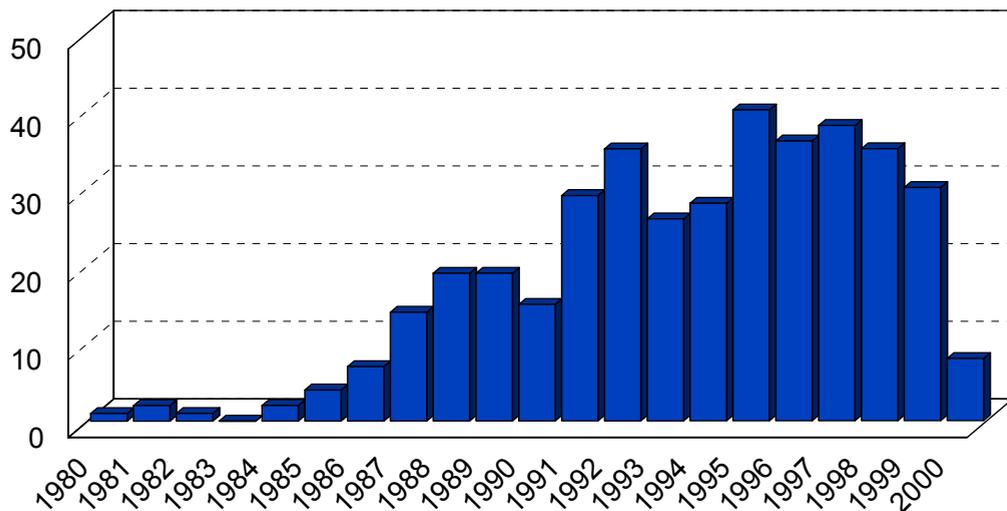


Figura 2. Años de publicación de los trabajos de los matemáticos graduados en EUA

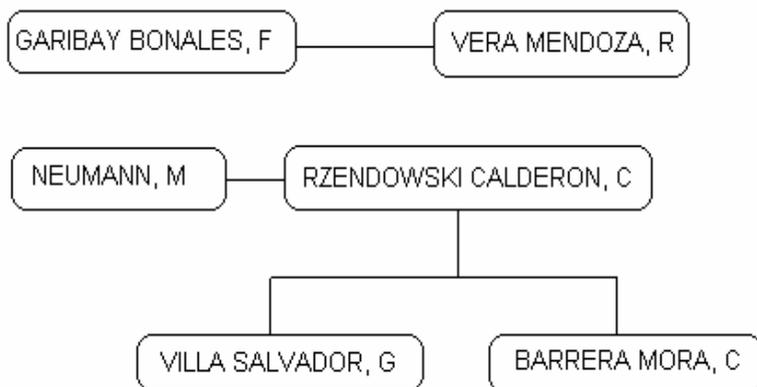


Figura 3. Redes de colaboración de los matemáticos graduados en los EUA

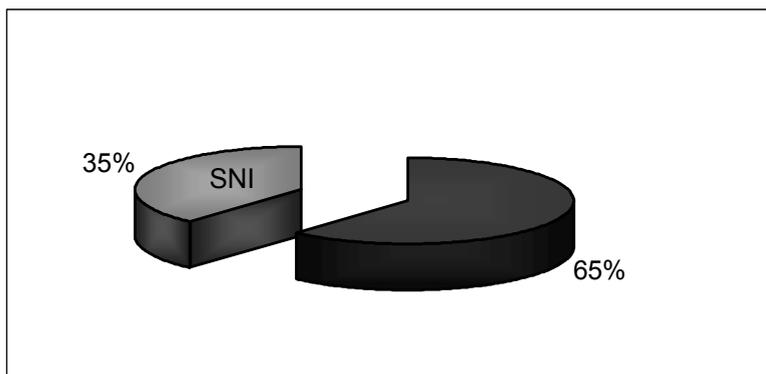


Figura 4. Investigadores pertenecientes al SIN

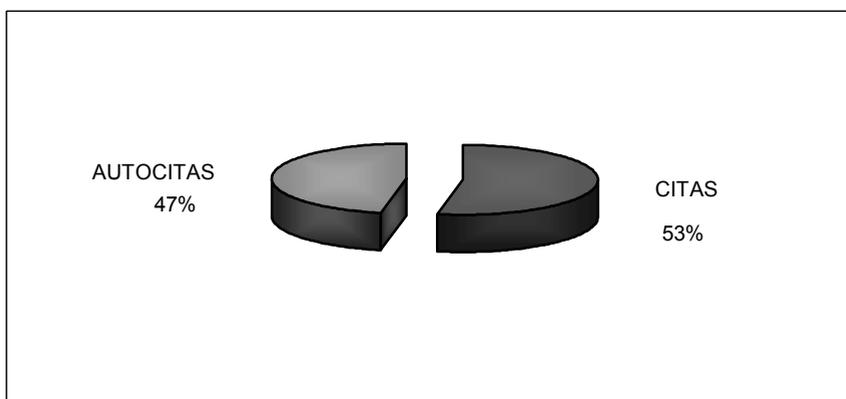


Figura 5. Porcentaje de las citas recibidas por los matemáticos radicados en los Estados Unidos