

# Los Grupos de Investigación Más Productivos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en el área de Física: 1990 a 1999

María Magdalena Sierra-Flores \*

Jane M. Russell Barnard \*\*

*Artículo recibido:*  
10 de noviembre de 2008.

*Artículo aceptado:*  
12 de agosto de 2009.

## RESUMEN

El intercambio del conocimiento y la colaboración científica se han convertido en elementos fundamentales del desarrollo científico. Por eso estudiar la colaboración y sus características debe constituir un elemento para analizar y evaluar organismos regionales o nacionales vinculados a la política científica incluidas las universidades. Una de las técnicas empleadas para estudiar la colaboración son los indicadores bibliométricos que han identificado grupos de colaboración, y trazado la dinámica de sus formaciones a través del tiempo. Aunque hay estudios que abordan el tema de la colaboración, se han realizado a nivel macro y son escasos los de nivel micro que indaguen este aspecto en un nivel universitario. Este trabajo se propone fundamentalmente aplicar una metodología basada en indicadores métricos al estudiar la investigación física

\* Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM, México. sierra@nucleares.unam.mx

\*\* Centro de Investigaciones Bibliotecológicas de la UNAM, México. jrussell@servidor.unam.mx

en la UNAM y a los grupos de científicos que la caracterizan. El estudio abarca de 1990 a 1999 y caracteriza los aspectos más relevantes de los “Grupos de Investigación Más Productivos” (GIMP) y su evolución en el tiempo. Los resultados y la aplicación de la metodología podrán ser extrapolados a otras áreas del conocimiento, y servir como punto de comparación y evaluación para otras áreas de la UNAM o universidades similares.

**Palabras claves:** Colaboración científica; Grupos de investigación; Indicadores bibliométricos; UNAM; Física.

## ABSTRACT

### **The Most Productive Research Groups of the National Autonomous University of Mexico (UNAM) in the Area of Physics, 1990-1999**

*María Magdalena Sierra-Flores and Jane M. Russell*

In today's world knowledge exchange and scientific collaboration have become fundamental for the scientific development of countries. Consequently, the study of collaboration and its characteristics should constitute an element of analysis and evaluation for regional and national organizations, as well as for science policy units associated with universities. Bibliometrics is one of the techniques applied to the study of collaboration, which has permitted the identification of research groups and their dynamics over time. Although many studies have been carried out on collaboration, these have been primarily at macro level; few are available on more micro levels of analysis within universities. For this reason, the present paper focuses on the application of metric indicators for the study of physics research at the National Autonomous University of Mexico (UNAM) and its characteristic specialists groups in the decade of the 90s. In particular, the characteristics of the highly productive research groups (GIMP) and their evolution are explored. The results and the methodology applied can be extrapolated to other knowledge areas and can be used as a point of comparison and evaluation for other disciplines at the UNAM and like universities.

**Keywords:** Scientific collaboration; Research groups; Bibliometric indicators; UNAM; Physics.

## INTRODUCCIÓN

Ante los retos cada vez mayores a los que se enfrentan los investigadores, la investigación científica exige un trabajo en equipo. Por lo tanto existe la necesidad de compartir información, aparatos costosos, habilidades técnicas, y también de discutir y explorar las distintas vertientes que se van abriendo (Gibbons *et al.*, 1994; Zitt, Bassecoulard, 2005). Este proceso de colaboración es parte intrínseca del propio desarrollo científico, y llegará a ser más generalizado a medida que la acumulación del conocimiento científico continúe. Hoy en día ninguna persona puede comprender la gama completa de ese conocimiento; la ciencia es una posesión colectiva más bien que individual. (Kahn, Prager, 1994). Esta coyuntura ha propiciado la colaboración nacional e internacional, la cual ha sido estudiada por múltiples autores utilizando diferentes métodos de análisis, en diferentes ramas del conocimiento y para países o regiones específicas (Calero, van Leeuwen, Tijssen, 2007; Russell, J, *et al.*, 2007; De Filippo, Morillo, Fernández, 2008).

En el caso particular de México, el apoyo a la colaboración se manifiesta en la Convocatoria de Investigación Científica Básica 2004 emitida por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) el que a partir de esa fecha, brinda mayor apoyo económico a las iniciativas presentadas por grupos de investigación, así como a propuestas que contribuyan al fortalecimiento de cuerpos académicos o grupos de investigación en formación, que a su vez tengan interacción con otros cuerpos académicos o grupos de investigación ya consolidados.

Se puede decir que en México, al igual que en otros países, los grupos de investigación han pasado a ser la “mínima unidad del sistema científico en muchas de sus áreas”, dado que el científico “solitario” cada vez tiene menos representación en las estructuras científicas y en la literatura especializada. De ahí que sea importante comprender los procesos de desarrollo de los grupos y los contextos organizacionales donde ocurren. Si se comprenden bien los procesos que dan forma y determinan el éxito del trabajo de la investigación dentro de las organizaciones encargadas de impulsarlo, se controlará mejor el desarrollo y los frutos de esa actividad, tanto a nivel de organizaciones específicas como del sistema científico y tecnológico del país en su conjunto. Por su parte, esta tarea requiere de un análisis específico de cada grupo y en cada disciplina (Bordons, Zulueta, Barrigón, 1998).

La aplicación de las técnicas bibliométricas para analizar la formación y comportamiento de los grupos científicos ha aportado resultados interesantes (Gómez, Fernández, Sebastián, 1999). Existen ejemplos donde estas técnicas son aplicadas al estudio de la estructura y la dinámica del proceso

investigador (analizado en lo que es su mínima unidad de funcionamiento y complementado a otros enfoques como los procedentes de la sociología de la ciencia). Los resultados provenientes de la aplicación de estos indicadores métricos, dentro de este contexto, también pueden ser utilizados como apoyo y elemento para la toma de decisiones referentes a la política científica de un país.

Resultados como la identificación de los más destacados y sobresalientes grupos en una determinada área científica y las características de agrupamiento que presentan, complementan los estudios realizados a nivel “macro” por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, 2004) y otros organismos gubernamentales. El estudio del comportamiento de la ciencia y de sus investigadores a un nivel “micro” y en el contexto de la actividad universitaria es aún escaso. En las bases de datos especializadas se identifican pocos estudios que descienden a analizar la actividad de los grupos de investigación a pesar de que la colaboración científica y la ciencia que se desarrollan en las universidades han experimentado un enorme auge en las últimas décadas.

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ha sido considerada la mejor de Latinoamérica (Avilés, 2004), segunda en Iberoamérica (SCImago Research Group, 2007), y se cuenta entre las 74 mejores del mundo (Galán, 2006); en México es considerada como la primera institución que produce más documentos científicos (SCImago Research Group, 2007). Uno de los resultados que avalan este juicio son los altos niveles de investigación y colaboración científica de dicha universidad (Russell, Ainsworth, Narváez-Berthelemot, 2006). Por otra parte, la física es considerada como una de las ciencias emergentes de México y pilar fundamental dentro de las contribuciones en producción científica de la UNAM (SCImago Research Group, 2007). A pesar de ello, la física y las características de la colaboración científica en ese tema, no han sido aún abordadas.

Es importante acotar que la física, y específicamente la física de partículas, fue considerada como el tema estratégico y punto de partida para iniciar la cooperación europea. En 1954 los gobiernos de una docena de países establecieron las instalaciones del CERN (Organización Europea para la Investigación Nuclear), que atrajeron a físicos de equipos multinacionales que propiciaban la colaboración. Por tanto, la física ha sido un objeto aglutinador que ha servido como parte de la estrategia de desarrollo científico (Papon, 2004).

Ante estos antecedentes el presente trabajo se ha planteado como objetivo fundamental aplicar una metodología basada en indicadores métricos al estudio de la investigación en el campo de la física en la UNAM, así como a los grupos de científicos que la caracterizan. El estudio abarca un periodo

de 1990 a 1999, y caracteriza los aspectos más relevantes de los “Grupos de Investigación Más Productivos” (GIMP) y su evolución en el tiempo.

La década analizada (1990-1999) en la UNAM y en particular en el área analizada (física) puede considerarse especial en cuanto al crecimiento de su planta académica medido con base en el número de contrataciones. En su primer quinquenio hubo un gran crecimiento en el número de investigadores pertenecientes al área de las ciencias físico-matemáticas, con un incremento de 14.5 investigadores por año (lo que representa una tasa de crecimiento de 6.7 % por año), mientras que en el segundo quinquenio éste decreció a valores menores, a 0.2 investigadores adicionales por año. Para el periodo de 2000 a 2005, las contrataciones no se han aproximado a las del primer quinquenio de los noventa (1990-1994), dado que el incremento es de sólo 5 investigadores contratados por año (lo que corresponde a un incremento de 2.2 % por año en el número de investigadores), lo que resulta en una etapa de mucho menor crecimiento (Memoria UNAM, 1993, 1995, 2000, 2005). Por lo tanto, la década de los noventa nos ofrece la posibilidad de estudiar los cambios que ocurrieron a través de un número substancial de nuevas contrataciones, las cuales alimentaron la formación de nuevos grupos y ocasionaron un incremento en la producción en el área de la física.

Los resultados y la metodología descritos en este trabajo constituyen un antecedente en la identificación de grupos de investigación en México en el campo analizado y pueden aplicarse a otras disciplinas. Por ejemplo, esta metodología fue aplicada inicialmente al área médica. En nuestro caso (la física en la UNAM) se desarrolló en forma satisfactoria.

## METODOLOGÍA

La metodología aplicada en el presente estudio fue desarrollada por un grupo de investigadores del Departamento de Bibliometría y Análisis Documental del Centro de Información y Documentación Científica “CINDOC”, España (Fernández *et al.*, 1993; Bordons *et al.*, 1995a, 1995b; Zulueta, Cabre-ro, Bordons, 1999).

La metodología desarrolla una serie de programas que se interrelacionan en Access y analizan la producción contenida en una base de datos que permite la agrupación de autores en función de su frecuencia de co-autoría, así como el análisis de la producción científica de los grupos de investigación, como por ejemplo, el número de documentos por grupo, el tamaño grupal, las revistas donde esto grupos publican, entre otras cosas (Fernández *et al.*, 1993). Ésta se fundamenta en supuestos básicos tales como:

- Los grupos de investigación son definidos en términos de co-autoría (aquellos autores que firman de forma conjunta un importante porcentaje de su producción, pero no corresponden necesariamente a una determinada estructura administrativa o institucional).
- Se considera como Investigador Principal (IP) al autor más productivo dentro de un grupo y no necesariamente coincide con el líder real del grupo.

Los datos de partida constituyen la producción científica de corriente principal en el área de la física, publicada en revistas que cumplen los criterios de calidad y prestigio internacional, obtenida a partir de dos fuentes de datos: el *Science Citation Index* (SCI) de 1990 a 2000 y los *Journal Citation Reports* (JCR) de 1999, ambos en versión CD-ROM.

La selección de los grupos se realizó a partir de las publicaciones de la UNAM en las revistas clasificadas en las áreas y subáreas de la física incluidas en el JCR (ISI, 1999): *Physics, Applied; Physics, Atomic, Molecular and Chemical; Physics, Condensed Matter; Physics, Fluids and Plasmas; Physics, Mathematical; Physics, Multidisciplinary; Physics, Nuclear; Physics, Particles and Fields*. Esto significa que no se incluyen documentos publicados en revistas de otros temas, por ejemplo en revistas multidisciplinarias como *Nature o Science*, lo que constituye una limitante para la presente investigación. En cualquier caso, toda limitación temática es en cierto modo arbitraria y el uso de la clasificación de revistas del SCI, que ha sido realizada con asesoramiento de expertos en cada área, está sujeta a modificaciones periódicas que garantizan su actualidad. De hecho se admite que el SCI constituye un buen reflejo de la denominada “corriente principal de la ciencia”. Su uso garantiza la posibilidad de realizar comparaciones temporales, y comparaciones entre países, así como disponer de una serie de indicadores bibliométricos ausentes en otras bases de datos.

Para identificar la producción científica en el área de la física en la UNAM, fue necesario recuperar la producción total de la UNAM y posteriormente extraer la producción en el área de la física. Debido a la falta de normalización de los datos en el SCI se realizaron 16 búsquedas con distintas variables para la UNAM (Arvanitis, Russell, Rosas, 1996). Para la UNAM, se obtuvieron 11,129 registros (total de documentos producidos por los investigadores en la década de los noventa), para la física; se identificaron 2,209 registros. Se identificó que hay poco más de 300 títulos de revista en el área de la física, los investigadores de la UNAM han publicado en 137.

La extracción de los datos se realizó con el formato de Dialog-ISI adoptando siete de los diez campos: TI=Título, LA=Idioma, AU=Autor, CS=Lugar de

trabajo, JN=Publicación fuente, PY=Año de publicación y DT=Tipo de documento. Cabe señalar que el campo DT incluye 12 tipos de documentos, para la investigación se consideraron cuatro: Artículos, Cartas, Notas y Reseñas.

Los registros se transfirieron a una base de datos Access que permitió observar la falta de normalización en las tablas de autor y en su dirección. Algunas de las variaciones más frecuentes tuvieron que ver con la ortografía (errores tipográficos), diferentes formas estructurales y de expresión; por ejemplo, diferentes formas de asentar a un mismo autor o dirección.

El análisis bibliométrico fue realizado con el apoyo de una base de datos relacional y una aplicación desarrollada en un lenguaje de programación (DbaseIV.2), y corre desde una IBM estándar compatible con PC486-66 Mh; 8Mb RAM; 520 SCSI-HD. Actualmente se interactúa con la base de datos utilizando Access (Fernández, *et.al.*, 1993), que está constituida por una serie de programas que interactúan entre sí y con los ficheros de datos bibliográficos que contienen las publicaciones de la disciplina analizada. La identificación de los grupos se realiza de forma interactiva, de tal manera que es posible especificar en cada ocasión, y variar de una vez a otra, las condiciones requeridas para delimitar los grupos; es decir, permite modificar las condiciones de acuerdo con la disciplina analizada, lo que hizo posible su empleo para el caso específico de la presente investigación.

En el proceso de identificación de los grupos cabe señalar que el programa genera un archivo de productividad de los autores (Archivo Autor 1) que le adjudica a cada autor el código del centro al que pertenece. Para identificar la dirección de cada autor el programa identifica a todos los autores que han publicado como único autor y le asigna la dirección correspondiente (única). En los casos donde el autor reporta más de una dirección el programa no asigna dirección. Para registros con varios autores y una única dirección, se le asigna la misma dirección a cada uno de los autores. Para registros con dos direcciones, si se han identificado todos los autores menos uno, por medio de los pasos anteriores, como pertenecientes a uno de los centros firmantes, al autor restante se le asigna la segunda dirección (Fig.1).

En la construcción del “Archivo Autor 1” se detectó la problemática de los nombres homónimos; es decir, aquellos autores que tienen el mismo nombre, lo anterior se observó en algunos apellidos comunes tales como: García, Hernández, López, etcétera. Para obviar en lo posible este problema, cada autor se identificó a través de la cadena “nombre autor-centro de trabajo”, con lo que se reduce considerablemente la posibilidad de que se confundan autores distintos con un mismo nombre. Sin embargo, debemos señalar que el hecho de considerar a cada autor como ligado a su centro de trabajo ocasiona algunos problemas vinculados a la posible movilidad de los investigadores, ya que

su producción estará dividida según hayan firmado como pertenecientes a uno u otro centro.

Una vez identificados los grupos se crea un fichero final (Archivo GRUPOS) que muestra su composición (IP y miembros), producción del grupo y de cada uno de sus autores (Fig. 1) (Bordons, Zulueta y Cabrero, 1995a).

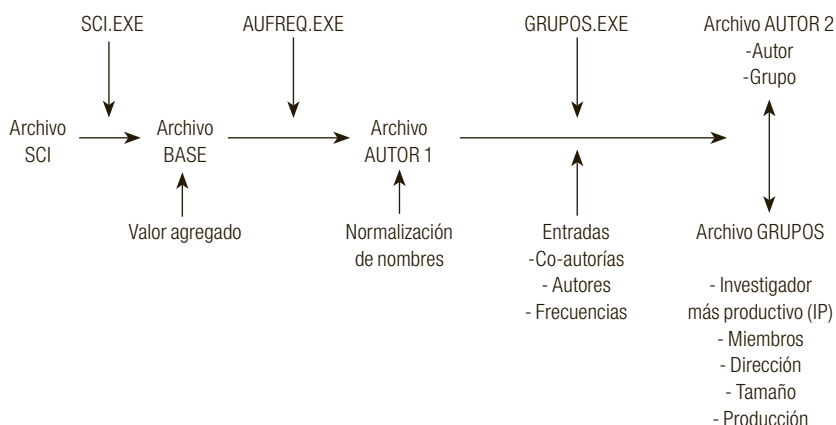


Fig. 1. Plataforma en la identificación de grupos. Parte principal del programa y archivos

Los parámetros establecidos en la base de datos relacional que permitieron identificar en forma acertada a los grupos en el campo de la física en la UNAM en los dos quinquenios (1990-1994 y 1995-1999), fueron:

Frecuencia mínima para ser grupo	$> \dot{o} = 2$
Frecuencia mínima para ser jefe	$> \dot{o} = 6$
% documentos con jefe	$> \dot{o} = 60$
Deber ser del mismo centro o indet.	Falso
Núm. miembros grupo contando jefe	$> \dot{o} = 3$

Lo anterior significó:

- Los autores ocasionales que publicaron un solo documento en cinco años no fueron asignados a grupos.
- El porcentaje mínimo de las publicaciones que un autor tiene que firmar junto con un investigador principal (IP) es del 60%. Los autores que publicaron dos documentos y colaboraron en uno de ellos con el IP (50%), fueron excluidos.
- El número mínimo de publicaciones de un autor para poder ser considerado IP fue de seis.



- El número mínimo de autores para considerarse como un grupo fue de al menos tres investigadores.
- Se consideraron dependencias institucionales únicas o múltiples de los miembros de un equipo (no es necesario que todos los miembros de un grupo sean de la misma institución).

El programa ordenó a los autores de mayor a menor producción. El punto de partida fue el autor más productivo del archivo, y a partir de éste el programa identificó y seleccionó a los restantes componentes del grupo tomando en cuenta su alta frecuencia de co-autoría con el Investigador Principal (IP). Todos los autores que publicaron un alto porcentaje de su producción científica (60% o más) en colaboración con un determinado IP fueron considerados miembros de su grupo. Todos los autores, salvo los IP, pudieron ser adscritos a más de un grupo.

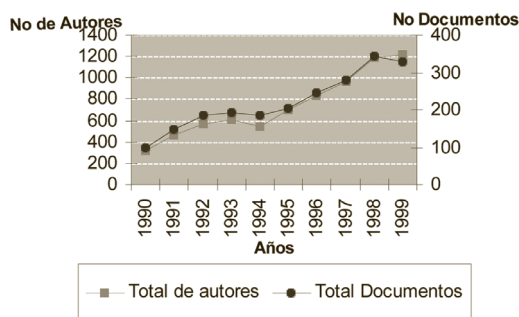
Los resultados fueron validados a través de cuatro técnicas: consulta con los expertos del área, entrevista con el IP o miembro del grupo, consulta con los investigadores del área por grupos que no son los suyos, y consulta con el conjunto de publicaciones de los autores. La consulta con los expertos del área fue fundamental para la conformación de los grupos de investigación en la base de datos relacional, su participación permitió establecer los parámetros más adecuados para su formación, además de validar de manera general a los primeros grupos observados (en una primera prueba se observaron macro-grupos que englobaban varios grupos). Las tres técnicas restantes fueron aplicadas para validar a los GIMP en el área de la física de la UNAM, y permitieron además obtener información que explica su conformación, como por ejemplo: algunos miembros del grupo colaboran en distintas líneas de investigación y por tanto, participaban en varios grupos. La metodología y la validación de los datos se detallan en Sierra-Flores (2005).

El primer enfoque métrico fue la caracterización general de los grupos de investigación, así como la caracterización y productividad de los grupos de investigación más productivos (GIMP). Las variables cuantitativas consideradas para los GIMP fueron las siguientes: Áreas de especialización y factor de impacto de las revistas de publicación; Coautoría con instituciones internacionales; Comportamiento de los grupos en física teórica y en física experimental; Madurez de los grupos GIMP; Dinámica grupal; Caracterización de los grupos estables. El análisis realizado a la producción científica incluyó los aspectos cuantitativos, en ningún momento se consideraron aspectos de calidad de la misma.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

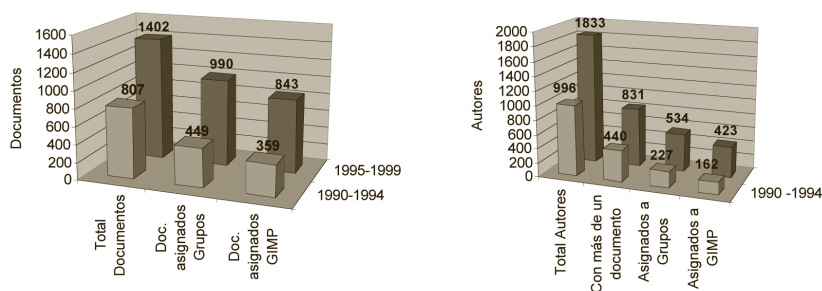
La producción científica del área de la física en la UNAM publicada en las revistas clasificadas bajo la misma área temática en el periodo 1990 a 1999, ascendió a 2,209 documentos en 7,395 co-ocurrencias de autores que correspondieron a 2,384 autores únicos (autor+dirección). Prescindiendo de los autores ocasionales (responsables de un solo documento) se identificaron 1,099 autores (o sea 46% del total de autores) que publicaron dos o más documentos en la década de los noventa.

En la década analizada se observó un crecimiento en el número de autores activos en el área de la física en la UNAM, así como un incremento en el número de documentos. La producción experimentó un crecimiento anual medio de 11.82% desde 1990 a 1999, y un porcentaje mayor correspondió al crecimiento de autores activos en el área (15.4%). El número medio de autores por documento fue de 3.34 (*Fig. 2*).



*Fig. 2.* Evolución anual del número total de autores y documentos

La producción científica analizada por quinquenio (1990-1994 y 1995-1999) ascendió a 807 documentos en el primer periodo y a 1,402 para el segundo con 2,483 y 4,912 ocurrencias de autores; del total de ocurrencias 996 correspondió a autores únicos (autor+dirección) en el primer periodo y 1,833 para el segundo, responsables de 440 (44%) que publicaron dos o más documentos y 831 (45%) en el segundo quinquenio (*Fig. 3*).



**Fig. 3.** Producción científica y documentos asignados a Grupos por quinquenio: 1990-1994 y 1995-1999

### LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

Se identificó un total de 42 grupos en el primer quinquenio y 96 en el segundo. Del total de los 1,099 autores únicos con más de un documento durante los diez años analizados, el 52% (227) del primer periodo están en grupo y el 64% (534) en el segundo. El total de documentos generados por los grupos del primer quinquenio fueron 449 que correspondió al 56%. El 71% (990) de los documentos del segundo periodo correspondieron a grupos. Cada equipo generó 6 o más documentos por quinquenio. Se observó un incremento de más del 100% para el número de autores (135%) lo que supuso un incremento de los miembros de grupos del 128.5%, superior al aumento detectado para el número de publicaciones (de 120.4%). Prescindiendo de los autores “ocasionales”, responsables de un documento en cada quinquenio, el total de los grupos incluye 60% de los autores firmantes de documentos, y es responsable de un porcentaje poco mayor (65%) de los documentos publicados en la UNAM en el área de la física, (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Cobertura de los autores y documentos en la UNAM en el área de la física por el total de los grupos del área y por los GIMP

Periodos	1990-1994		1995-1999	
	Total grupos (n=42)	GIMP* (n=26)	Total grupos (n=96)	GIMP (n=67)
Número autores asignados a grupos	227(52%)	162 (71%)	534(64%)	423 (79%)
Número documentos asignados a grupos	449(56%)	359 (80%)	990 (71%)	843 (85%)

Nota: Total Grupos incluye aquellos con seis o más documentos/quinquenio.

\* GIMP hace referencia a aquellos con diez o más documentos/quinquenio

CARACTERIZACIÓN DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN  
MÁS PRODUCTIVOS (GIMP)

Los Grupos de Investigación Más Productivos (GIMP) que publicaron 10 o más documentos por quinquenio (objeto de este estudio), representan el 62% del primer periodo (26 de 42 grupos) y el 70% del segundo quinquenio (67 de 96 grupos). Estos grupos reúnen cerca de un tercio de los autores con actividad sostenida, y son responsables del 44.5 y 60%, de los documentos de los autores de la UNAM en el área en el primero y segundo quinquenio respectivamente.

Los grupos más productivos incluyen el 71% (162 de 227) del total de los autores asignados a grupos en el primer quinquenio y, para el segundo, el 79% (423 de 534). Éstos producen el 80% (359 de 449) y el 85% (843 de 990) de los documentos publicados por grupos de la UNAM en revistas de física en los dos periodos, con un crecimiento medio de 6.4% en los años 1990-1994 y de 13.5% para 1995-1999. El porcentaje de incremento medio en cada quinquenio del número de autores activos en el área fue de 22.4% y 19.3%.

La incorporación de nuevos autores repercutió en un aumento del número total de grupos en el área, para los GIMP se identificó un incremento mayor al de los restantes equipos (el 158% frente al 129%) (*Cuadro 1*). Este incremento fue similar en disciplinas que han sido analizadas en otros países, como la farmacología y farmacia (Bordons, Zulueta, Barrigón, 1998), y de la misma forma se puede decir que tal crecimiento indicó que el área se encuentra en una etapa de gran dinamismo, y que no sólo se forman nuevos grupos en el segundo periodo, sino que grupos inicialmente poco productivos aumentan su producción y tienden a consolidarse. Por otra parte, el aumento de autores activos en el área no repercutió en un mayor tamaño de los grupos preexistentes o en un cambio de su productividad grupal.

Con el análisis realizado a las publicaciones sólo en el área de la física, los GIMP se ubicaron básicamente en tres dependencias: Instituto de Física (IF), Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) e Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM). Estudios previos de Pérez Angón (1992); Pérez Angón, Torres Vega (1993, 1994a, 1994b, 1996, 1998 y 2000) muestran lo anterior, además de señalarlas como las instituciones de la UNAM más productivas en el área de la física en la década de los noventa. La concentración de los grupos fue mayor en el IF con el 58% y 45% en el primero y segundo quinquenio respectivamente, seguido del 19% y 15% en el IIM, y el ICN con el 8% y 18%. Este último instituto presentó una notable diferencia en el número de grupos de un periodo a otro, pues incrementó de 2 grupos en el primer periodo, a 12

grupos en el segundo. El IF y el IIM, ambos, incrementaron el 100%, es decir de 15 a 30 y de 5 a 10.

El IF fue responsable del 57% y el 42% (233 y 456) documentos, en el IIM publicaron el 16 % y el 15% (67 y 162) y en el ICN el 13% y el 15% (52 y 166), estas tres dependencias produjeron el 86% y el 72% del total de documentos (408 y 1082). El 14% restante del primer periodo se produjo en distintas dependencias de la UNAM, como la Facultad de Ciencias, la FES-Cuautitlán y la Facultad de Química. El 28% del segundo periodo fue de la Facultad de Ciencias, el Instituto de Química, el Instituto de Matemáticas, el Centro de Instrumentos, el Centro de Ciencias de la Materia Condensada, el Centro de Investigación en Energía y el Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Sistemas.

Los GIMP presentaron un tamaño medio de 7 autores en el primer quinquenio y 8 en el segundo, y una producción aproximada de 3 documentos/año por grupo en ambos periodos, y una productividad de 2.7 trabajos en cinco años por autor y grupo. En relación al tamaño de grupo hay que destacar que el aumento del valor medio se produce por la existencia de un grupo extremadamente grande (41 autores), mientras que la moda desciende de 6 a 4 autores de uno a otro periodo (*Cuadro 2*). En relación al número de documentos por grupo también es llamativo el rango superior de 72 documentos, mientras que la moda pasa de 10 a 11 documentos/grupo.

**Cuadro 2.** Caracterización de los GIMP de la UNAM  
en el área de la física 1990 a 1999

GIMP	1990-1994	1995-1999
Característica	Media $\pm$ desviación estándar (N=26)	Media $\pm$ desviación estándar (N=67)
Tamaño del Grupo	6.96 $\pm$ 3.0 Me=6; Mo=6; Rango=3-18	7.58 $\pm$ 3.92 Me=5; Mo=4; Rango=3-41
No documentos/grupo	15.69 $\pm$ 4.74 Me=14.5; Mo=10; Rango=10-30	16.14 $\pm$ 5.01 Me=14; Mo=11; Rango=10-72
Productividad	2.71 $\pm$ 0.98 Me=2.33; Mo=1.6; Rango=0.81-6	2.72 $\pm$ 0.97 Me=2.6; Mo=4; Rango=0.36-6.66

Si graficamos el número de artículos por grupo contra el número de autores dentro de cada grupo (*Fig. 4*), obtenemos una correlación positiva para ambos periodos estudiados. Las rectas calculadas tienen pendientes de 0.70+/-0.24 ( $R^2=0.25$ ) artículos por autor suplementario para el primer periodo, y de 1.30+/-0.59 ( $R^2=0.25$ ) para el segundo periodo (rectas continuas en la *Fig. 4*). Para calcular la correlación para el segundo periodo eliminamos dos grupos grandes y poco productivos (uno de 37 miembros con 16 publicaciones y otro de 41 miembros con 15 publicaciones, no incluidos en la *Fig. 4*

periodo 1995-1999). Si uno incluye estos dos grupos en el cálculo de la correlación, se obtiene un ajuste con pendiente muy cercana a cero.

De este análisis concluimos que la productividad en función del tamaño del grupo en ambos periodos presenta una correlación con pendiente positiva de orden de 1 artículo por investigador adicional en el grupo, con una incertidumbre bastante grande (de aproximadamente 0.5 artículos por investigador adicional).

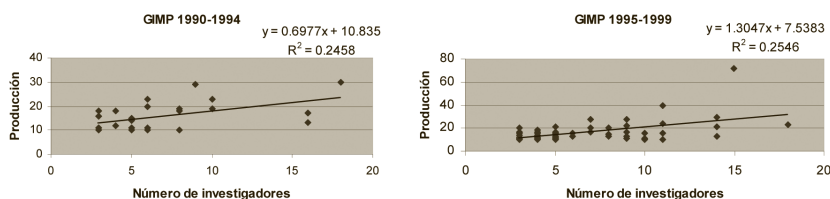


Fig. 4. Producción en función del número de miembros de cada grupo

Las subáreas de interés tradicional de los GIMP en la década de los noventa correspondieron a la física general, física de la materia condensada, física atómica y molecular, y física matemática. Con excepción de la primera, las restantes subáreas coinciden en el análisis realizado por Pérez Angón, Torres Vega (2000) y Menchaca Rocha (2000). Las nuevas líneas de interés de los GIMP identificadas en el segundo quinquenio correspondieron a la física nuclear y a la física de partículas y campos. Cabe mencionar que dos subáreas: física de la materia condensada y física atómica y molecular se identifican en el Atlas de la Ciencia Mexicana 2003, como dos de las cuatro que prevalecieron en ambos periodos. Un dato adicional observado en dicha fuente, que vale la pena comentar, es el nivel académico de los autores en ambas subáreas. La primera presenta el mayor número con alto nivel académico (poco más de 300 investigadores con doctorado), cuyas publicaciones presentan un impacto relativo de poco menos de 4 citas/artículo, en el periodo 1991-1999. En contraste, la segunda subárea (física atómica y molecular), que reporta 50 investigadores con nivel de doctorado (es decir, el 17% de la materia condensada) sus publicaciones han obtenido un impacto relativo de 6 citas/artículo en el mismo periodo (1991-1999) (*Cuadro 3*).

**Cuadro 3.** Áreas de especialización por revistas de publicación de los GIMP.  
Factor de Impacto medio por quinquenio y ubicación en el JCR por categoría

Área de Especialidad	No. Docu- mentos	No. Docu- mentos	FI 1990	FI 1991	FI 1992	FI 1993	FI 1994	FI Medio	Ubicación en el JCR** por categoría	No. Docu- mentos	Revista, Monografía de Física	Ubicación en el JCR** por categoría	FI Medio	FI 1999	FI 1998	FI 1997	FI 1996	FI 1995	FI 1994	FI 1993	FI 1992	FI 1991	FI 1990	Ubicación en el JCR*** por categoría
Física General		31	---	---	---	---	0.194			100	Revista Mexicana de Física		0.1304	0.144		0.227	0.199	0.063						55/63
		24	0.938	2.118	2.157	2.271	2.292	1.952	11/64	27	Physical Review A	11/64	2.5376	2.639	2.684	2.764	2.321	2.280						7/63
		19	2.153	2.214	2.157	2.060	1.779	2.0726	10/64	30	Journal of Physics A	10/64	1.5194	1.387	1.545	1.480	1.538	1.657						17/63
										36	Physica A		1.243	1.289	1.178	1.206	1.214	1.328						21/63
		21	1.017	1.244	1.029	1.191	1.409	1.178	18/64															
		19	3.620	3.355	3.259	3.159	3.187	3.352	3/64	51	Physical Review B	3/64	3.003	3.003	2.842	2.880	2.975	2.834						4/45
		12	1.619	1.627	1.627	1.634	1.562	1.6178	7/64															
		11	0.326	0.777	0.830	0.902	0.969	0.8708	9/13	26	Physical Review E	9/13	2.1304	2.045	2.066	2.233	2.149	2.159						1/25
		27	0.893	0.893	0.695	0.653	0.660	0.7538	31/47															
		12	2.874	1.876	2.044	2.302	3.258	2.4708	6/47															
		11	1.103	0.954	0.975	0.873	0.879	0.9568	23/47															
										27	Molecular Physics		1.72725	1.774	1.834	1.700	1.581	1.827						15/31
										34	Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B		1.112	1.118	1.093	1.016	1.140	1.193						16/21
										26	Physical Review C		2.15344	2.446	2.3032	1.975	1.993	2.045						9/21
										27	Physical Review D		3.5746	3.695	3.854	3.420	3.558	3.346						3/16

Nota: Sólo se muestran revistas con 10 o más documentos en cada periodo.

\* Área de especialización identificadas en el JCR 1999)

\*\* Journal Citation Reports, 1992

\*\*\* Journal Citation Reports, 1997

Vale la pena notar que en el periodo estudiado no hubo planeación (a nivel del CONACyT, de la UNAM o de sus institutos) sobre las áreas que iban a ser desarrolladas. De esta forma la elección de los temas desarrollados fue resultado de las iniciativas de los grupos de investigadores de forma básicamente autónoma.

Las cuatro primeras revistas donde más publicaron los GIMP en ambos periodos fueron en orden alfabético: *Journal of Physics A*, *Physical Review A*, *Physical Review B*, y *Revista Mexicana de Física* (RMF), la última presentó en ambos periodos el mayor número de documentos publicados (31 y 100 en el primero y segundo quinquenios).

Comparando el Factor de Impacto (FI) medio del primer periodo con el segundo y complementando la información con la clasificación del *Journal Citation Reports* (JCR, 1990 a 1999) por categoría, se observó la tendencia de los GIMP a publicar en revistas con mayor FI, ubicadas en el primer cuartil de su área. En tres de las cuatro áreas de especialización identificadas en ambos periodos (física general, materia condensada y física matemática) se observa que los investigadores tienden a publicar en revistas ubicadas en el primer cuartil del área. Cabe destacar el caso del área de la física-matemática, que en el primer periodo se localizó en el tercer cuartil y para el segundo periodo se ubicó en el primero, publicando además en la revista de mayor FI Medio (2.1304), primera posición en su área (*Physical Review E*). Respecto de las áreas de reciente aparición identificadas en el segundo periodo (como la física de partículas y campos) los GIMP publicaron en la *Physical Review D*, ubicada en la tercera posición de 16; es decir, en el primer cuartil, con un FI Medio (3.5746). En las áreas de física atómica y molecular, así como en la de física nuclear, las revistas donde publicaron se ubicaron en el segundo cuartil.

Por otro lado se observó cierta preferencia por publicar en la *Revista Mexicana de Física* (RMF) (31 y 100 documentos, primero y segundo periodo, respectivamente) ubicada en el cuarto cuartil en su área. Estudios previos de Pérez Angón, Torres Vega (1993, 1994a, 1994b, 1996, 1998 y 2000), coinciden con dicha preferencia, ubicándola en primer lugar para los artículos publicados por los físicos mexicanos en la década analizada. Otro estudio (Luna Morales, 2004) ubica a la RMF dentro de las primeras nueve revistas preferidas para publicar por la comunidad física mexicana de partículas elementales. Este estudio, además, propone que se publique en dicha revista “posiblemente con el fin de promover el trabajo de investigación desarrollado en el área, o bien para protegerla y mantenerla viva no sólo en el ámbito nacional sino también con reconocimiento internacional”. Es importante notar que existen variaciones que merecen un análisis detallado y por tanto una revisión especial de las



fluctuaciones en el incremento y disminución del FI de las revistas, pero que salen del objetivo de este trabajo y puede ser una tarea para otras posibles investigaciones. En este punto se puede mencionar el trabajo de Del Río, García, y Ramírez (2000) quienes realizaron un análisis de las revistas mexicanas del área de física y concluyeron, para el caso de la *RMF*, que la causa fundamental del decremento en el FI de la revista fue precisamente el aumento en el número de artículos publicados en el periodo, y no como en un principio se pudiera pensar, en una disminución de citas. Se analizaron dos años y se identificaron 107 artículos en 1997 y 206 en 1998. Se observó un aumento del orden del 100% en el número de artículos publicados.

Podemos contrastar la *RMF* con la *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica (RMxAA)*. En el periodo 1992-1995, la *RMxAA* tuvo un FI promedio de  $0.53 \pm 0.28$ . En el periodo 1996-1999, el FI promedio incrementó su valor a  $1.61 \pm 0.41$ . Este fuerte incremento en el FI se debió a que en 1995 la *RMxAA* separó las memorias de congresos en una “serie de conferencias” de los fascículos de la revista. También posiblemente hubo cambios editoriales que contribuyeron a un incremento en el nivel de los artículos publicados.

El análisis de la composición de los grupos, así como los comentarios realizados por los propios investigadores en el proceso de validación de los datos, permitieron identificar grupos que incluyen subgrupos. En particular esto se observó en los grupos ubicados en la subárea de la física nuclear –experimental. Lo anterior puede estar reflejando los intereses de la comunidad local, ya que en algunos casos los IP de estos grupos trabajan en distintas líneas de investigación. Por lo tanto, el grupo identificado muestra a todos los colaboradores, quienes no necesariamente trabajan en la misma línea. Incluso hay casos en que algunos de los miembros de un grupo identificado ni siquiera se conocen entre sí. Otro aspecto observado de los GIMP de la UNAM en la física es su interdisciplinariedad; se identificó que existe un notable grupo de investigadores procedentes de otros campos, que realizan importantes contribuciones a esta área del conocimiento. Una de las disciplinas que sobresalió del resto fue la química, seguida de la antropología y la arqueología; por lo tanto al parecer los grupos se forman para hacer frente a proyectos concretos. Claramente, para hacer un estudio completo de la interdisciplinariedad de los grupos sería necesario realizar un estudio que incluyera a publicaciones en otras áreas (no sólo las de física, como en el presente estudio).

Los documentos realizados por los GIMP en colaboración con instituciones internacionales, pasaron del 37% del primer periodo al 53% en el segundo; se observó un ligero descenso en la participación entre instituciones nacionales (33% al 30%). Los elaborados en una sola institución fueron los menores con el 30% y el 17% en el primer y segundo quinquenio, respectivamente.

Los países con los que se identificó la mayor colaboración en ambos periodos, además de mantener o incrementar su participación son los Estados Unidos, Francia y España. En países como Bélgica, Canadá y Alemania la colaboración descendió notoriamente y pasó de un 9%, 5% y 13% en el primer periodo, a un 1.3%, 0.9% y 6% en el segundo periodo, respectivamente. Por otro lado, se identificó el inicio de colaboración con países o combinaciones de países como Polonia, Ucrania, Inglaterra/Rusia (13%, 11% y 7%, respectivamente) (*Cuadro 4*).

**Cuadro 4.** Países y % de colaboración con los GIMP por quinquenio\*

País	1990-1994	País	1995-1999
Estados Unidos	53%	Estados Unidos	49%
Francia	15%	España	15%
Alemania	13%	Francia/Polonia	13%
España	10%	Ucrania	11%
Bélgica	9%	Argentina	8%
Canadá	5%	Inglaterra/Rusia	7%
Italia	4%	Alemania/Cuba/ Italia	6%
Brasil	3%	Brasil	4%
Argentina	2%	Chile/Israel/Suiza	3%

\*En el cuadro sólo se muestran los países con los que se identificó una colaboración mayor al 2%.

La colaboración internacional tendió a generalizarse a lo largo del tiempo —aunque para algunos grupos fue ocasional— y afectó al 26% y 30% de los grupos en el primer y segundo periodo, respectivamente.

Con la finalidad de identificar el comportamiento de los GIMP en el área de la física teórica así como la experimental, observamos en la década analizada que el número de GIMP teóricos y experimentales en el primer quinquenio (1990-1994) fueron iguales, (13 grupos teóricos y 13 experimentales). En el segundo quinquenio (1995-1999) hubo un crecimiento del 119% para los teóricos (19 grupos nuevos) y del 170% para los experimentales (22 grupos nuevos), los GIMP experimentales crecieron un 51% más que los teóricos (*Fig. 5*, página derecha).

Analizando la producción, tamaño y productividad media de los GIMP (teóricos y experimentales) por quinquenio observamos que los GIMP teóricos crecieron en tamaño y pasaron de 5 a 6 miembros, su producción media descendió ligeramente (de 16.5 a 16.4); es decir, una producción aproximada de 3.3 y 3.2 documentos/año por grupo (primero y segundo quinquenios), lo mismo su productividad media que paso de 3.4 artículos en cinco años por autor a 3 (*Fig. 6*, página derecha). Para los GIMP experimentales se observó un

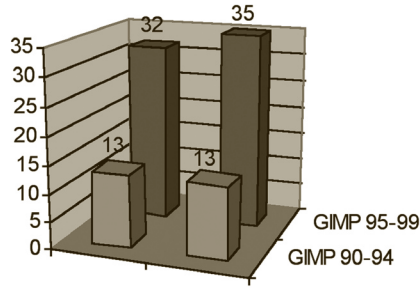


Fig. 5. GIMP por especialidad y por quinquenio

ligero crecimiento en tamaño medio, paso de 8.7 a 8.8 autores, y su producción media se incrementó a un artículo más (de 14.8 a 15.8), es decir a 2.94 y 3.16 documentos/año por grupo (primero y segundo quinquenios) y su productividad creció de 1.9 a 2.4 artículos en cinco años por autor (Fig.7)

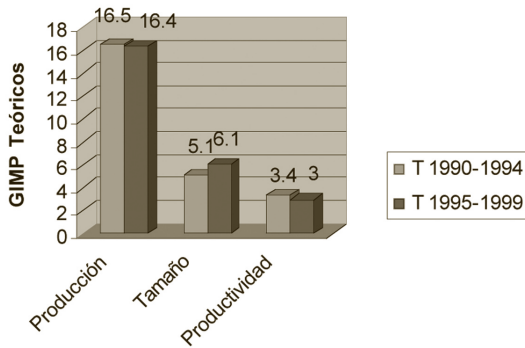


Fig. 6. GIMP Teóricos por quinquenio 1990-1994 y 1995-1999

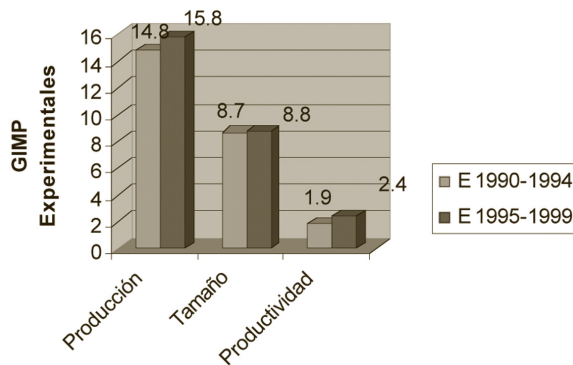


Fig. 7. GIMP Experimentales por quinquenio 1990-1994 y 1995-1999

Graficando el tamaño (núm. de miembros) y producción (núm. de artículos) de cada GIMP se observó en los grupos teóricos una correlación positiva para ambos periodos estudiados (Figs. 8-11). Las rectas calculadas para las pendientes de los grupos teóricos en el primer quinquenio es de 1.84 ( $R^2=0.49$ ) (Fig. 8) y para el segundo de 1.02 ( $R^2=0.28$ ) (Fig. 10); observamos una incertidumbre muy grande, la aparición de 4 grupos grandes (de 18,14 y dos de 11 miembros) identificados en el periodo (1995-1999) que con la excepción de uno de los grupos de 11 miembros, no resultaron ser los más productivos (Figs. 8 y 10). Un comportamiento parecido resultó para los GIMP experimentales en los que se observó una correlación positiva para ambos periodos. Las rectas calculadas tienen pendientes de ( $R^2=0.44$ ) (primer quinquenio) y ( $R^2 = 0.042$ ) (para el segundo), la aparición de dos grupos grandes (41y 37 miembros) y que no son (al igual que los teóricos) los más productivos (Figs.9 y 11).

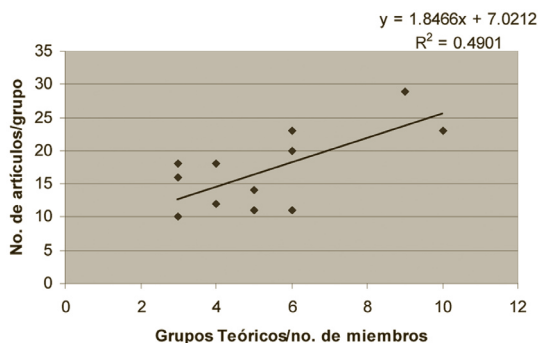


Fig. 8. GIMP Teóricos Producción 1990-1999

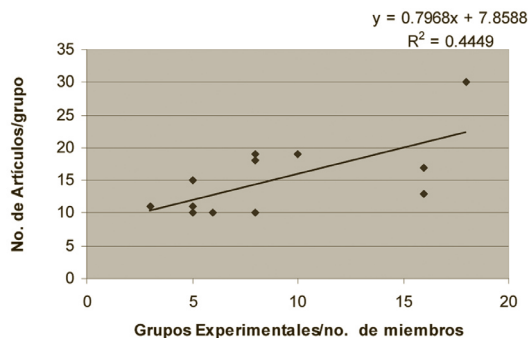


Fig. 9. GIMP Experimentales Producción 1990-1994

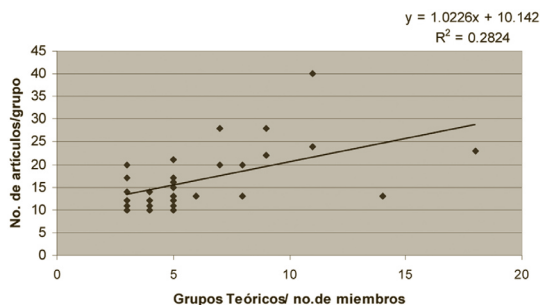


Fig. 10. GIMP Teóricos Producción 1995-1999

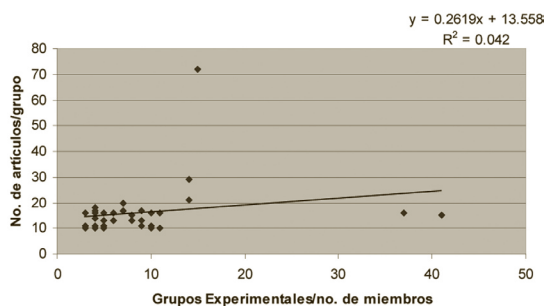


Fig. 11. GIMP Experimentales Producción 1995-1999

Se puede decir que los GIMP teóricos de un quinquenio a otro mantuvieron una producción media de 16.5 y 16.4 artículos, y los experimentales de un quinquenio a otro incrementaron en un artículo más su producción (14.8 a 15.8); a pesar de lo anterior los GIMP teóricos publicaron más artículos que los teóricos. Tanto en los GIMP teóricos como en los experimentales no se ve evidencia de participación en grandes colaboraciones internacionales. Este resultado probablemente sea distinto cuando se haga un análisis de la producción en el área de la física de la UNAM de la década de los 2000.

### MADUREZ DE LOS GIMP

Los vínculos que realizó la comunidad científica de los GIMP del área analizada mediante la producción de artículos conjuntos sitúa a los investigadores de Estados Unidos, Francia y España como importantes co-autores en la producción científica de la física en la UNAM. Los Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas, 1990-1999 (CONACyT, 2000) también señalan a estos tres países como los de mayor participación en la producción científica

mexicana. Esta cooperación no es particular del periodo analizado, dado que se identificó desde los ochenta por Russell (1995).

El elevado grado de colaboración con Estados Unidos, Francia y España puede considerarse como indicador del grado de madurez de la disciplina en la UNAM y de los equipos de investigación que los componen (Beaver, Rosen, 1978, 1979a, 1979b).

### DINÁMICA GRUPAL

Se observó un importante flujo de autores en los grupos, hasta el punto de que ningún grupo presentó exactamente la misma composición en ambos periodos. En el Cuadro 5 se presenta la evolución experimentada por los grupos del primer periodo. El 50% de los GIMP no se identificaron como tales en el segundo periodo, y se caracterizaron por un tamaño significativamente más pequeño que los grupos que se mantuvieron en el tiempo como productivos

Considerando los 26 grupos del primer periodo 15 (57.6 %) sobrevivieron como muy productivos en el segundo quinquenio; 14 (53.8%) conservó un núcleo básico de sus miembros, 12 (46.1%) conservó sólo el IP (grupos estables). Realizando un análisis de cada grupo se identificó a 10 miembros de los 26 grupos que pasaron a ser IP en el segundo periodo.

Considerando los 67 grupos del segundo periodo, 52 (77.6%) eran nuevos (sus miembros no estaban adscritos a GIMP en el primer quinquenio). El seguimiento de los autores con actividad mantenida en el área durante los dos periodos permitió observar su distribución entre los 15 grupos restantes: 10 grupos (66.6%) mantuvieron hasta un tercio de sus miembros, otros 4 (23.5%) mantuvieron de uno a dos tercios y sólo 1 grupo (5.8%) tenía en común con el primer periodo a más de dos tercios de sus miembros.

**Cuadro 5.** Evolución de los GIMP del primer periodo e influencia del tamaño grupal sobre la misma

Evolución	Número de grupos %	Tamaño medio de grupo X (DE)
Desaparición	11 (42.3)	5.54 (1.42)*
Fragmentación	5 (19.2)	8.8 (3.76)
Disminución de tamaño	2 ( 7.7)	8 (2)
Aumento de tamaño	8 (30.7)	7.5 (4.37)
Total	26	9.95 (1.17)

\*Los grupos que desaparecen tienen un tamaño significativamente más pequeño que los restantes grupos ( $p < 0.05$ ): X (DE): media (desviación estándar).

Se observó cierto solapamiento entre grupos: 23 autores (10% de los autores) estaban adscritos a más de un grupo (primer periodo) y 91 autores (17%) para el segundo; respecto a los documentos, 80 (18%) se realizaron en colaboración entre varios grupos en 1990-1994, y 245 documentos (25%) en el segundo. Para los grupos muy productivos no hubo gran diferencia en los porcentajes, se observaron 19 (12%) y 81 (19%) de autores adscritos a más de un grupo muy productivo y 48 (13%) y 195 (23%) documentos elaborados entre varios de estos grupos (*Cuadro 6*).

**Cuadro 6.** Colaboración entre grupos

Periodos	1990-1994		1995-1999	
Total Grupos	42 Grupos	GIMP 26	96 Grupos	GIMP 67
Autores adscritos a más de un grupo	23 (10%)	19 (12%)	91 (17%)	81 (19%)
Documentos elaborados entre varios grupos	80 (18%)	48 (13%)	245 (25%)	195 (23%)

### GRUPOS ESTABLES

Se identificaron 12 grupos estables distribuidos de la siguiente manera: 9 grupos del Instituto de Física (60% de los grupos del Instituto de Física del primer periodo); 2 grupos del Instituto de Ciencias Nucleares (100%, los dos grupos identificados en el ICN sobrevivieron en el segundo periodo), y 1 grupo del Instituto de Investigaciones en Materiales (20%).

El tamaño medio de los grupos estables fue de 8-12 autores. Su producción se situó de 3 a 4 documentos/año, con una productividad de 2 documentos/autor/5 años (primero y segundo quinquenios). Estas variables no cambiaron de forma significativa a lo largo del tiempo.

Los grupos estables se caracterizaron por presentar un mayor tamaño, producción y productividad que los grupos no estables (*Cuadro 7*). Para los grupos no estables se observó una correlación negativa entre el tamaño de grupo y la productividad ( $p < 0,05$ ) en ambos periodos. Esta correlación no se verificó para los grupos estables (*Fig. 12*).

**Cuadro 7.** Indicadores de actividad de los grupos estables y no estables en ambos periodos

	1990-1994		1995-1999	
	Grupos estables	Grupos no estables	Grupos estables	Grupos no estables
Número de documentos	17,15 (5,91)	13,92 (3,17)	17,83 (3,30)	15,78 (5,27)
Tamaño del grupo	8,41 (4,48)	5,71 (1,38)	11,66 (9,11)	6,69 (2,98)
Productividad	2,77 (1,12)	2,66 (0,85)	2,82 (1,19)	2,70 (0,91)

Nota: Datos expresados como X (DE): media (Desviación Estándar)

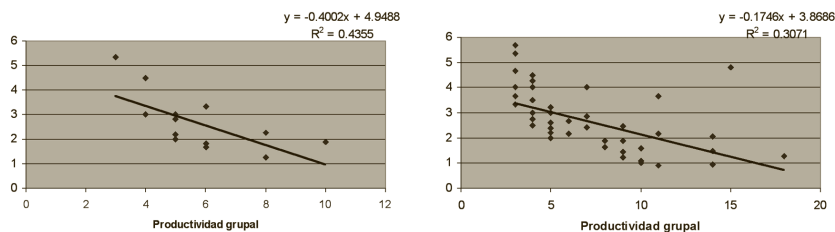


Fig. 12. Correlación entre el tamaño y la productividad de los grupos no estables, 1990-1994 y 1995-1999.

El mayor tamaño de los grupos estables tiene una doble explicación: su antigüedad les ha permitido disponer de más tiempo para reclutar investigadores y, por otro lado, su nivel científico les permite atraerlos. Es importante recordar que la

productividad depende de factores científicos, como son la capacidad investigadora, el grado de dedicación a la investigación o la comunicación con otros investigadores, pero también a otros factores no estrictamente científicos, como la disponibilidad de recursos económicos o la estructura organizativa del grupo (Bordons, Zulueta, Barrigón, 1998).

También, es claro que los grupos más activos y/o de mayor tamaño tienen mejor acceso a financiamiento. Esto tiende a favorecer su dominio en sus áreas de estudio. Sería interesante realizar futuros estudios de la relación entre nivel de financiamiento y tamaño/productividad de los grupos.

El alto flujo de autores responsable de las variaciones en la composición de los grupos a lo largo del tiempo, puede atribuirse a la incorporación de nuevos investigadores a los grupos o a la mayor producción o movilidad de otros. La existencia de autores sin vinculación fija al grupo de trabajo, como es el caso de los becarios pre y posdoctorales, supone una población flotante de autores que se renuevan periódicamente y contribuyen a ofrecer este cuadro tan dinámico.

## CONCLUSIONES

La metodología utilizada permitió identificar la formación de los grupos integrados al área de la física en la UNAM en la década de los noventa, la cual fue validada por expertos del área y miembros de los grupos. Se puede decir que la metodología no sólo permite identificar la conformación de los grupos, sino, también identificar a los *investigadores no asignados a grupos* (algunos



de ellos muy productivos), y que constituyen, al igual que los grupos, una población del área igualmente valiosa para ser estudiada. Los estudios bibliométricos tradicionales centrados en el análisis de áreas o disciplinas, pueden complementarse con estudios como el que aquí se presenta, que permite descender a identificar y caracterizar la actividad de los grupos e investigadores individuales. En este caso concreto, el análisis a nivel macro del campo analizado, la física de la UNAM, podría ser objeto de una segunda investigación. Por otro lado, la metodología brinda elementos que permiten continuar con el análisis de los grupos. En este caso se sugiere continuar con *el análisis de los GIMP en la década de los 2000*, así como de los Grupos estables; sería interesante analizar su comportamiento. Se sugiere como otro posible tema de investigación el *análisis de los grupos a través de cada uno de sus miembros*, es decir, qué papel juega cada uno de éstos dentro del grupo. Otro tema, también interesante de analizar sería la relación entre nivel de financiamiento y tamaño/productividad de los grupos.

Debemos señalar que hay un porcentaje considerable de autores (60% y 72% en el primero y segundo quinquenios) no asignados a instituciones. En el proceso de validación de datos se identificaron algunas causas, entre éstas que los autores en sus publicaciones indican más de una institución. Hay casos de investigadores que realizaban estancias de trabajo o un año sabático, y casos en donde se reporta la institución en distintas formas, para el caso de la institución analizada se identificaron 16 variables, las tres más frecuentes fueron: UNAM, *Natl Autonomous Univ Mexico*, *Univ Nacl Automa Mexico*. Aunque el 56% y el 71% de la producción en física en cada quinquenio se asignaron a grupos, la experiencia de los desarrolladores de la metodología refiere que los criterios empleados podrían ser demasiado estrictos. Sin embargo flexibilizarlos podría llevar a incluir como grupos a asociaciones ocasionales de autores.

El estudio muestra un importante aumento de la producción de la UNAM en física de uno a otro periodo, que se asocia con un incremento en el número de autores y grupos de investigación activos. Se observa un creciente papel de los grupos en el área, que recogieron el 56 % de los documentos y el 51% de los autores no ocasionales en el primer periodo, frente al 71% de los documentos y el 64% de los autores no ocasionales en el segundo quinquenio. Por otro lado, la producción del grupo tiende a incrementarse con el tamaño grupal en el orden de 1 artículo por investigador adicional, pero la mayor productividad no suele corresponder a los grupos más grandes. Analizando a los GIMP por temática básica y experimental, los GIMP teóricos son más productivos que los experimentales. A lo largo del tiempo, los grupos más productivos mantienen niveles estables de producción, pero tienden a publicar en revistas de mayor

factor de impacto en determinadas disciplinas como “materia condensada”, “física matemática” y “partículas y campos”. Los grupos estables, que tienen el IP y parte de sus componentes de uno a otro periodo, muestran mayor tamaño y producción. Los resultados de este estudio muestran el importante papel que desempeñan los grupos en la disciplina y la necesidad de profundizar en el estudio de su estructura y dinámica en futuras investigaciones

### *Agradecimientos*

A la jefatura y al personal del Departamento de Bibliometría y Análisis Documental del Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC) Madrid, por su apoyo y asesoría en el uso de las instalaciones y equipo durante la estancia de la primera autora en España, y de manera especial a la Dra. María Bordons por su respaldo y acertadas observaciones sobre una versión previa del manuscrito.

Al Dr. Alejandro Raga y a un árbitro anónimo por sus valiosas sugerencias y aportaciones a la segunda versión del trabajo.

### REFERENCIAS

- Arvanitis, R; Russell, JM; Rosas, AM. (1996), “Experiences with the National Citation Reports database for measuring national performance: the case of Mexico”, en *Scientometrics*, 35(2): 247-255.
- Atlas de la Ciencia Mexicana*, 2003. (2003), México, Academia Mexicana de Ciencias. 65 p.
- Avilés, K. (2004), “La UNAM, la mejor universidad de América Latina: estudio mundial”, en *La Jornada en línea*, <http://www.jornada.unam.mx/2004/03/01/041n1soc.php>, (consulta: 1 de marzo, 2004).
- Beaver, D. de B; Rosen, R. (1978), “Studies in scientific collaboration. Part I. The professional origins of scientific coauthorship”, en *Scientometrics*, 1(1):65-84.
- \_\_\_\_\_, (1979a) “Studies in scientific collaboration. Part II. Scientific coauthorship, research productivity and visibility in the French scientific elite”, en *Scientometrics*, 1(2):133-149.
- \_\_\_\_\_, (1979b). “Studies in scientific collaboration. Part III. Professionalization and natural history of modern scientific coauthorship”, en *Scientometrics*, 1(3):231-245.

- Bordons, M; Zulueta, MA; Barrigón, S. (1998), "Actividad científica de los grupos españoles más productivos en farmacología y farmacia durante el periodo 1986-1993 a través del Science Citation Index (SCI), en *Medicina Clínica* (Barcelona), 111:489-495.
- Bordons, M; Zulueta, MA; Cabrero, A; Barrigón, S. (1995a), "Identifying research teams with bibliometric tools", en *Proceedings of the Fifth Biennial Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics. Rosary College, 7-10 de junio*, Medford: Learned Information, pp.83-92.
- \_\_\_\_\_, (1995b), "Research performance at the micro level: analysis of structure and dynamics of pharmacological research teams", en *Research Evaluation*, 5(2):137-142.
- Calero, C; van Leeuwen, TN; Tijssen, RJW. (2007), "Research cooperation within the bio-pharmaceutical industry: Network analyses of co-publications within and between firms". *Scientometrics* 71(1): 87-99.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2000), *Indicadores de actividades científicas y tecnológicas; 1990-1999*, México, SEP: CONACyT, 283 p.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en línea, <http://www.conacyt.mx/fondos/sep/sep-cientifica/2004-01/index.html>, (consulta: 20 Diciembre 2004).
- De Filippo, D; Morillo, F; Fernández, MT. (2008), "Indicadores de colaboración científica del CSIC con Latinoamérica en bases de datos internacionales", en *Revista Española de Documentación Científica*, 31(1): 66-84, en línea, <http://www.riicyt.org/interior/difusion/pubs/elc/10.pdf>, (consulta: 28 Mayo 2008).
- Del Río, JA; García, EO; Ramírez, AM. (2000), "Sobre la relevancia de las revistas mexicanas del área de física", en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*, 14(2):51-54.
- Fernández, MT; Cabrero, A; Zulueta, MA; Gómez, I. (1993), "Constructing a relational database for bibliometric analysis", en *Research Evaluation*, 3(1): 55-62.
- Galan, J. (2006), "UNAM, la mejor universidad de habla hispana", en *The Times, La Jornada en línea*, <http://www.jornada.unam.mx/2006/10/06/050n1soc.php>, (consulta: Viernes, 6 de octubre, 2006).
- Gibbons, M; Limoges, C; Nowotny, H; Schwartzman, S; Scott, P; Trow, M. (1994), *The new production of knowledge*, Londres: Sage, 192p.
- Gómez, I; Fernández, MT; Sebastián, J. (1999), "Analysis of the structure of international scientific cooperation networks through bibliometric indicators", en *Scientometrics*, 44(3): 441-457.
- Institute for Scientific Information, *Journal Citation Reports*, Filadelfia: Institute for Scientific Information, 1999.
- Kahn, RL; Prager, DJ. (1994), "Interdisciplinary Collaborations are a Scientific and Social Imperative", en *The Scientist*, 8(14)12.

- Luna Morales, ME. (2004), *El uso de nuevas tecnologías de información por investigadores mexicanos del área de Física de Partículas Elementales*, Tesis Maestría en Bibliotecología y Estudios de la Información, México, DF, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, 112 p.
- Memoria UNAM 1993. (1993), Investigación científica, en línea, <http://www.planeacion.unam.mx/Memoria/anteriores/1993/>, (consulta: 4 Junio 2009).
- \_\_\_\_\_. 1995. (1995), Investigación científica, en línea, <http://www.planeacion.unam.mx/Memoria/anteriores/1995/>, (consulta: 4 Junio 2009).
- \_\_\_\_\_. 1990. (2000), Investigación científica, en línea, <http://www.planeacion.unam.mx/Memoria/anteriores/1995/>, (consulta: 4 Junio 2009).
- \_\_\_\_\_. 2005. (2005), Investigación científica, en línea, <http://www.planeacion.unam.mx/Memoria/anteriores/1995/>, (consulta: 4 Junio 2009).
- Menchaca Rocha, A. (2000), "La física en México; los temas y las instituciones", en *Las ciencias exactas en México*, México, CONACULTA-FCE, pp.97-117.
- Papon, P. (2004), "European Scientific Cooperation and Research Infrastructures: past tendencies and future prospects", en *Minerva*, 42: 61-76.
- Pérez Angón, MA. (1992), "La física mexicana en 1986-1991", en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*, 6(3):100-109.
- Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1993), "Situación de la física mexicana en 1986-1992", en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*, 7(3):107-117.
- \_\_\_\_\_. (1994a), "Perspectivas de la física mexicana", en *Academia*, 21:14-24.
- \_\_\_\_\_. (1994b), "Retos y perspectivas de la física mexicana 1989-1993", en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*, 8(3):119-130.
- \_\_\_\_\_. (1996), "Una visión de la física mexicana", en *Avance y Perspectivas* núm.15: 203-210.
- \_\_\_\_\_. (1998), "La física mexicana en perspectiva: 1986-1996", en *Interiencia*, 23(3):163-175.
- \_\_\_\_\_. (2000), "Retos y perspectivas de la física en México", en López de Haro, M, coord., *Foros: Diagnóstico de la física en México*, México, Academia Mexicana de Ciencias, pp.61-86.
- Russell, JM (1995), "The increasing role of international cooperation in science and technology research in Mexico", en *Scientometrics*, 34(1):45-61.
- Russell, J, *et al.* (2007), "Colaboración científica entre países de la región latinoamericana", en *Revista española de Documentación Científica*, 30(2): 178-204, (doi:10.3989/redc.2007.v30.i2.378).

- Russell, J; Ainsworth, S; Narváez-Berthelemot, N. (2006), “Colaboración científica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y su política institucional”, en *Revista española de Documentación Científica*, 29(1): 56-73, (doi:10.3989/redc.2006.v29.i1.287).
- SCImago Research Group. (2007), “Ranking de Instituciones de Investigación Iberoamericanas”, en *El profesional de la información*, 16(3): 258-260, en línea, <http://investigacion.universia.net/isi/isi.html>, (consulta: 28 Mayo 2009).
- Sierra-Flores, MM. (2005), *Identificación y Estudio de los Principales Grupos de Investigación en el Campo de la Física de la UNAM a través de Indicadores Bibliométricos*, Tesis Maestría en Bibliotecología, México, DF, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, 126 p.
- Zitt, M; Bassecoulard, E. (2005), “Internationalisation in Science in the Prism of Bibliometric Indicators”, Capítulo 3, en Henk Moed, Wolfgang Glänzel y Ulrich Schmoch, *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*, Netherlands; Springer. pp.407-436.
- Zulueta, MA; Cabrero, A; Bordons, M. (1999), “Identificación y estudio de grupos de investigación a través de indicadores bibliométricos”, en *Revista Española de Documentación Científica*, 23(3):333-348.



