



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

---

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
COLEGIO DE BIBLIOTECOLOGÍA

*Identificación y Estudio de los Principales Grupos de  
Investigación en el Campo de la Física de la UNAM a  
través de Indicadores Bibliométricos*

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRA EN BIBLIOTECOLOGÍA

Presenta:

**MARÍA MAGDALENA SIERRA FLORES**



Director de tesis:

**DRA. JANE M. RUSSELL BARNARD**

BIBLIOTECA



INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES

*México, D.F. junio del 2005.*



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A mi familia*

*Con cariño y gratitud, a mis padres*

*A mis hijas lo más bello de mi vida  
Nayelli y Mariana*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco de manera muy especial a mi asesora: Dra. Jane M. Russell por sus enseñanzas, por el tiempo dedicado al desarrollo de la tesis, por guiarme hacia el mejor camino, por el apoyo incondicional, por la amistad.*

*A la Dra. María Bordons: por su orientación, colaboración y apoyo incondicional.*

*Al Dr. Alejandro Frank Hoefflich, por su colaboración, apoyo e interés en el desarrollo de esta investigación.*

*A los miembros del comité sinodal: Dr. Alejandro Frank Hoefflich, Mtro. Alvaro Quijano Solís, Dr. Heshmatallah Khorramzadeh y Dr. Jaime Pontigo Martínez, por sus valiosos comentarios*

*Al Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM por proporcionarme la infraestructura necesaria para el desarrollo de la tesis*

*Al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España) y a la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM por el apoyo económico otorgado*

*Al Departamento de Bibliometría y Análisis Documental del Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC) España, por el apoyo en el uso de sus instalaciones y equipo y de manera especial a las personas que me apoyaron durante mi estancia.*

*Durante el desarrollo de este trabajo conté con la valiosa ayuda de numerosas personas a quienes deseo expresar mi agradecimiento.*

## *TABLA DE CONTENIDO*

Índice de Figuras	iii
Índice de Cuadros	iv
Índice de Abreviaturas	vi
Índice de Abreviaturas geográficas	viii
Resumen	ix
Introducción	x
Capítulo I. La física en México	1
1.1. La Física	3
1.1.1. Áreas de la física	4
1.1.2. Áreas de la física en México	5
1.2. Desarrollo de la física en México	6
1.2.1. Acontecimientos relevantes	6
1.2.2. Físicos destacados	8
1.2.3. Instituciones educativas y de investigación	11
1.2.4. Programas de Licenciatura	12
1.2.5. Programas de Posgrado	13
1.3. Sociedad Mexicana de Física	17
1.3.1. Revista Mexicana de Física	17
1.3.2. Boletín de la Sociedad Mexicana de Física	19
1.3.3. Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos de Física	19
1.4. La UNAM y su contribución al desarrollo en el campo de la física en México	21
1.4.1. El Subsistema de la Investigación Científica (SIC)	22
1.4.2. Área de ciencias físico-matemáticas	26
1.4.3. Dependencias de la UNAM generadoras de los recursos humanos, la investigación y la producción científica en el campo de la física	28
Literatura citada	31
Capítulo II. Las técnicas bibliométricas y los grupos de investigación: conceptos básicos	35
2.1. La bibliometría	35
2.1.1. Los indicadores bibliométricos	37
2.2. Las Bases de Datos como fuentes de información	39
2.2.1. Características de las Bases de Datos especializadas y SCI	39
2.3. Los Grupos de Investigación	42
2.3.1. Definiciones	43
2.3.2. Conformación y estructura de los grupos	44
2.3.3. Los grupos en México	46
2.4. La bibliometría y la identificación de grupos	48
Literatura citada	50

Capítulo III. Análisis de los grupos de investigación en el campo de la física en la UNAM	52
3.1. Objetivo General	54
3.1.1. Objetivos específicos	54
3.2. Metodología	54
3.3. Procedimiento	56
3.3.1. Recuperación y descarga de los datos bibliográficos	56
3.3.2. Normalización de la información	63
3.3.3. Programa del Departamento de Bibliometría y Análisis Documental del CINDOC, España	69
3.3.4. Validación de la metodología	79
3.4. Identificación de los GIMP	80
3.4.1. Distribución institucional de los GIMP en la UNAM	83
3.4.2. Actividad de los GIMP	84
3.4.3. Áreas de especialización	87
3.4.4. Dinámica grupal	88
3.4.4.1. Grupos estables	90
3.5. Validación de los GIMP	91
Literatura citada	93
Discusión	96
Conclusiones	101
Bibliografía	103
Anexos	
I. Estudios bibliométricos realizados en distintas dependencias de la UNAM de 1996 a la fecha	109
II. Estudios bibliométricos en el área de la física mexicana	110
III. Instituciones educativas y de investigación que ofrecen programas de licenciatura y posgrado en física	113
IV. Relación de revistas en el área de la física donde publicaron los investigadores de la UNAM en la década de los noventa	115
V. Estructura del programa relacional del Departamento de Bibliometría y Análisis Documental del CINDOC	117
VI. Validación de los grupos por quinquenio	121
	124

---

## *ÍNDICE DE FIGURAS*

Figura 3-1	Esquema para la extracción, conversión y normalización de la Información	69
Figura 3-2	Plataforma en la identificación de grupos. Parte principal del programa y archivos	70
Figura 3-3	Evolución anual del número total de autores y documentos en el área de la física en UNAM	81
Figura 3-4	Producción científica y documentos asignados a Grupos por quinquenio: 1990-1994 y 1995-1999	81
Figura 3-5	Total de autores/Autores asignados a Grupo/Autores asignados a GIMP por quinquenio: 1990-1994 y 1995-1999	82
Figura 3-6	Grupos de Investigación Más Productivos por quinquenio 1990-1994	83
Figura 3-7	Grupos de Investigación Más Productivos por quinquenio 1995-1999	83
Figura 3-8	Distribución Institucional de los GIMP de la UNAM por quinquenio	84
Figura 3-9	Correlación entre tamaño grupal y número de documentos por grupo en el período 1990-1994	86
Figura 3-10	Correlación entre tamaño grupal y número de documentos por grupo en el período 1995-1999	86
Figura 3-11	Correlación entre tamaño y la productividad grupal en el período 1990-1994	86
Figura 3-12	Correlación entre el tamaño y la productividad grupal en el período 1995-1999	87
Figura 3-13	Correlación entre el tamaño y la productividad de los grupos no estables, 1990-1994	90
Figura 3-14	Correlación entre el tamaño y la productividad de los grupos no estables, 1995-1999	90

---

## *ÍNDICE DE CUADROS*

Cuadro 1-1	Áreas de las ciencias físicas (Siglo XX)	4
Cuadro 1-2	Áreas de estudio en el campo de la física en México	5
Cuadro 1-3	Instituciones educativas y de investigación que ofrecen programas de Licenciatura en física ordenados por fecha de creación	13
Cuadro 1-4	Instituciones educativas y de investigación que ofrecen programas de maestría en física ordenados por fecha de creación	14
Cuadro 1-5	Instituciones educativas y de investigación que ofrecen programas de doctorado en física ordenados por fecha de creación	15
Cuadro 1-6	Distribución de los posgrados en el área de la física en México	16
Cuadro 1-7	Subsistema de la Investigación Científica, Organización académica y áreas de investigación	22
Cuadro 1-8	Personal académico (1998)	23
Cuadro 1-9	Participación del personal académico en el SNI (1998)	23
Cuadro 1-10	Productos del trabajo académico (1995-1998)	24
Cuadro 1-11	Formación de recursos humanos (1995-1998)	25
Cuadro 1-12	Programas de posgrado en los que participan entidades académicas del SIC	26
Cuadro 1-13	Personal académico 1990, 1994 y 1999	29
Cuadro 1-14	Productos del trabajo académico 1990-99	29
Cuadro 1-15	Formación de recursos humanos 1990-1999	30
Cuadro 2-1	Principales características de las bases de datos que incluyen a la física	40
Cuadro 2-2	Campos incluidos en las bases de datos	41
Cuadro 2-3	Los grupos en la Universidad de Guadalajara y sus características	47
Cuadro 3-1	Producción científica en la UNAM período 1990-1999	58
Cuadro 3-2	Subáreas de la Física en el JCR 1999	58
Cuadro 3-3	Tipo de Documentos	60
Cuadro 3-4	Tablas en Access y sus campos	62
Cuadro 3-5	Codificación de los Campos País, Institución y Dependencia	67
Cuadro 3-6	Codificación de los Campos Ciudad y Estado	68

---

Cuadro 3-7	Forma de validación de los datos	79
Cuadro 3-8	Autores muy productivos no asignados a grupos	80
Cuadro 3-9	Publicaciones de la UNAM en el área de la Física (SCI) y número de autores identificados en el área según su producción (1990-1999)	80
Cuadro 3-10	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 Grupos de Investigación Más Productivos (GIMP)	82
Cuadro 3-11	Caracterización de los GIMP de la UNAM en el área de la Física 1990 a 1999	84
Cuadro 3-12	Países y % de colaboración con los GIMP por quinquenio	85
Cuadro 3-13	Colaboración internacional de los GIMP por quinquenio	85
Cuadro 3-14	Áreas de especialización por revistas de publicación de los GIMP y Factor de Impacto medio por quinquenio	88
Cuadro 3-15	Evolución de los GIMP del primer período e influencia del tamaño grupal sobre la misma	89
Cuadro 3-16	Colaboración entre grupos	89
Cuadro 3-17	Indicadores de actividad de los grupos estables y no estables en ambos períodos	90
Cuadro 3-18	Validación de los GIMP	91

---

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AIC	Academia de la Investigación Científica
AMC	Academia Mexicana de Ciencias
CCA	Centro de Ciencias de la Atmósfera
CCADET	Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico
CCF	Centro de Ciencias Físicas
CCMC	Centro de Ciencias de la Materia Condensada
Cfr	confronte, confróntese, compárese, véase
CI	Centro de Instrumentos
CIC	Coordinación de la Investigación Científica
CICESE	Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada
CICIC	Coordinadora de la Investigación Científica
CIE	Centro de Investigación en Energía
CIFN	Centro de Investigación sobre Fijación del Nitrógeno
CIFUS	Escuela de Física y Centro de Investigación en Física (Hermosillo, Son.)
CICH	Centro de Información Científica y Humanística
CIM	Centro de Investigación en Materiales
CIMAV	Centro de Investigación en Materiales Avanzados
CINVESTAV-IPN	Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional
CINVESTAV-IPN-UM	Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Unidad Mérida
CIO	Centro de Investigaciones en Óptica
CME	Centro de Microscopía Electrónica
CN	Centro de Neurobiología
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CTIC	Consejo Técnico de la Investigación Científica
CUCEI	Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería
CUICBAS	Centro Universitario de Investigación en Ciencias Básicas (Colima)
DEA	División de Energías Alternas
DSC	División de Sistemas de Control
DSE	División de Sistemas Eléctricos
ECFM-UAS	Escuela de Ciencias Físico Matemáticas de la Universidad Autónoma de Sinaloa
ELAF	Escuela Latinoamericana de Física
ENEP-I	Escuela Nacional Estudios Profesionales Iztacala
ESFM-IPN	Escuela Superior de Física y Matemáticas-Instituto Politécnico Nacional
FCFM-UAP	Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas. Universidad Nacional Autónoma de Puebla
FC-UASLP	Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí
FCUNAM	Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México
FELASOFI	Federación Latinoamericana de Sociedades de Física
FES-C	Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán
FES-Z	Facultad de Estudios Superiores Zaragoza
FfYL	Facultad de Filosofía y Letras
FI	Facultad de Ingeniería
FM	Facultad de Medicina
FMVZ	Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
FO	Facultad de Odontología
FQ	Facultad de Química
GIMP	Grupos de Investigación Más Productivos
IAM	Instituto de Astronomía y Meteorología
IA	Instituto de Astronomía
IB	Instituto de Biología
IBt	Instituto de Biotecnología

---

ICMyL	Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
ICN	Instituto de Ciencias Nucleares
ICUAP	Instituto de Ciencias. Universidad Autónoma de Puebla
IE	Instituto de Ecología
IFUNAM	Instituto de Física. Universidad Nacional Autónoma de México
IF-UAP	Instituto de Física (Luis Rivera Terrazas) Universidad Autónoma de Puebla
IF-UASLP	Instituto de Física de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí
IFC	Instituto de Fisiología Celular
IFUG	Instituto de Física de la Universidad de Guanajuato
IGf	Instituto de Geofísica
IGg	Instituto de Geografía
IGI	Instituto de Geología
II	Instituto de Ingeniería
IIB	Instituto de Investigaciones Biomédicas
IICO-UASLP	Instituto de Investigación en Comunicación Óptica de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí
IIE	Instituto de Investigaciones Eléctricas
IIM	Instituto de Investigaciones en Materiales
IIMAS	Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas
IM	Instituto de Matemáticas
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
INAOE	Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica
ININ	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
INb	Instituto de Neurobiología
IPN	Instituto Politécnico Nacional
IQ	Instituto de Química
ITESM	Instituto Tecnológico y Estudios Superiores de Monterrey
JCR	Journal Citation Reports
RMF	Revista Mexicana de Física
SEP	Secretaría de Educación Pública
SCI	Science Citation Index
SIC	Subsistema de la Investigación Científica
SMF	Sociedad Mexicana de Física
SNI	Sistema de Nacional de Investigadores
TIC's	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
UABC	Universidad Autónoma de Baja California
UAEMe	Universidad Autónoma del Estado de México
UAEMo	Universidad Autónoma del Estado de Morelos
UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
UAM-A	Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Azcapotzalco
UAM-I	Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa
UANL	Universidad Autónoma de Nuevo León
UAP	Universidad Autónoma de Puebla
UAS	Universidad Autónoma de Sinaloa
UASLP	Universidad Autónoma de San Luis Potosí
UAZ	Universidad Autónoma de Zacatecas
UC	Universidad de Colima
UdeG	Universidad de Guadalajara
UDLA	Universidad de las Américas
UG	Universidad de Guanajuato
UIA	Universidad Iberoamericana
UIAT	Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
UMSNH	Universidad Michoacana del San Nicolás de Hidalgo
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNESCO	United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization
UNISON	Universidad de Sonora
UV	Universidad Veracruzana

---

## *ÍNDICE DE ABREVIATURAS GEOGRAFICAS*

B.C.	Baja California
Col.	Colima
Chih.	Chihuahua
D.F.	Distrito Federal
Edo. de Méx..	Estado de México
Gto.	Guanajuato
Jal.	Jalisco
Mor.	Morelos
Mich.	Michoacán
N.L.	Nuevo León
Pue.	Puebla
Qro.	Querétaro
Sin.	Sinaloa
S.L.P.	San Luis Potosí
Son.	Sonora
Ver.	Veracruz
Yuc.	Yucatán
Zac.	Zacatecas

---

## *RESUMEN*

Los análisis bibliométricos a nivel de grupos de investigación permiten profundizar en la estructura y dinámica del proceso investigador haciendo posible su caracterización: tamaño de grupo, producción, productividad, especialización temática así como la colaboración nacional e internacional. Estos estudios pueden aportar datos de interés para los tomadores de decisiones así como para la política científica de un país, como por ejemplo la identificación de los grupos destacados de una determinada área científica. Tomando en cuenta la carencia de estudios bibliométricos a nivel de grupos de investigación y considerando su utilidad, el presente trabajo tiene como objetivo general:

“Obtener resultados que aporten una visión sobre la actividad investigadora desarrollada en el área de la Física en la UNAM entre los años de 1990 a 1999, caracterizar los aspectos más relevantes de los Grupos de Investigación Más Productivos (GIMP) y su evolución en el tiempo, a través de técnicas bibliométricas”.

Para cumplir con el objetivo se analizan las publicaciones de los investigadores de la UNAM en revistas del área de la Física recogidas en el Science Citation Index, en los dos periodos, a través de programas en Dbase IV y Access basados en el análisis de co-autorías. Se identifica 26 y 67 GIMP en primer y segundo periodo, ubicados en tres institutos de la UNAM: Física, Investigaciones en Materiales y Ciencias Nucleares. Éstos producen el 80% y 85% de los documentos del área. Publican en revistas con factor de impacto alto y tienden a colaborar a nivel internacional (37% y 53%). Se especializan en áreas como Física General, Materia Condensada, Atómica y Molecular. En ambos periodos se mantiene elevado grado de colaboración con países como Estados Unidos, Francia y España. Se concluye que el análisis bibliométrico en el área de la Física en la UNAM pone de manifiesto que ésta se encuentra en una etapa de gran dinamismo observado en el incremento del número de investigadores que pasó de 162 a 423; así como en la producción de documentos, de 359 a 843, aparición de nuevos grupos (52 segundo periodo) y consolidación de otros (15 grupos).

# *INTRODUCCIÓN*

## INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC's) están impactando sobre todas las áreas del conocimiento. La ciencia de la información es una de las más involucradas en las tareas relacionadas con la teoría, la estructura, los procesos y los resultados referentes al acceso y uso de información independientemente del medio (o canal) de comunicación utilizado por el generador o usuario de la información. Los profesionales de la información, por lo tanto, juegan un papel importante en este contexto. Su perfil debe ir acorde al desarrollo y utilización de las TIC's. Ante un mundo globalizado, donde la información y los medios de comunicación se incorporan rápida y cotidianamente a los usuarios, y donde aspectos como costo, tiempo y calidad son importantes, resulta indispensable reflexionar sobre el perfil del profesional del presente siglo.

Frente a este escenario, la Bibliometría, la Informetría y la Cienciometría juegan un papel importante en la formación del nuevo profesional. El manejo de estas herramientas y métodos le auxiliará a participar más activamente en la toma de decisiones-acciones, incorporando no únicamente información sino conocimiento a sus actividades cotidianas, independientemente de si se desempeña en el sector de servicios, empresarial o académico (Cfr. Macías-Chapula 1998)<sup>1</sup>.

La utilidad de los estudios bibliométricos en el análisis de la actividad científica<sup>2</sup>, y como complemento de otros indicadores como el juicio de expertos, es un hecho ampliamente admitido en la actualidad. Sin embargo, la mayor parte de los estudios suelen orientarse hacia el análisis de la actividad de un país (nivel macro) de un área científica o de un centro, siendo escasos los que descienden a analizar la actividad de los grupos de investigación (nivel micro) a pesar de que la colaboración científica ha experimentado un enorme auge en las últimas décadas. Ante los retos actuales, los esfuerzos con los que se enfrentan los investigadores para lograr avances significativos dentro de sus áreas de especialización son cada vez mayores, las técnicas experimentales se tornan cada día más complejas y los equipos más costosos, la investigación científica exige un trabajo en equipo, debido a la naturaleza intrínsecamente compleja de la realidad; por tanto existe la necesidad de compartir información, aparatos costosos, habilidades técnicas, así como discutir y explorar las distintas vertientes que se van abriendo. En la actualidad el intercambio del conocimiento y recursos ha estimulado la colaboración científica internacional de ahí que sea importante comprender los procesos de desarrollo de los grupos y los contextos organizacionales donde ocurre. Si se comprende 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. Un análisis bibliométrico entre los grupos de científicos puede utilizarse por ejemplo, como una herramienta importante.

---

<sup>1</sup> Macías Chapula, C. (1998). Importancia de la Informetría y la Cienciometría en el perfil de los profesionales de la información en el siglo XXI. *Información: producción, comunicación y servicios* 8(33):14-17.

<sup>2</sup> Existen múltiples contribuciones que en este campo han realizado documentalistas, científicos, sociólogos e historiadores de la ciencia, sin embargo vale la pena resaltar la obra de Price, Derek J. de Solla (1963) "*Little science, big science*" considerada por López Piñero (1973) como "clásica" en el análisis estadístico y sociométrico de la literatura científica al ser punto de partida importante y que sigue siendo generalmente reconocida y profusamente citada.

En México se están realizando acciones de apoyo a dichas comunidades, éstas se hicieron públicas en la Convocatoria de Investigación Científica Básica 2004<sup>3</sup> emitidas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)<sup>4</sup>. En el documento se manifiesta que se ofrecerá mayor presupuesto a las iniciativas presentadas por grupos de investigación, grupos de investigación afianzados así como a propuestas de investigación 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. Ya sea de diferentes instituciones o de dependencias. 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"<sup>5</sup>.

El interés de los estudios a nivel "micro", como puede observarse en el párrafo anterior, ha ido adquiriendo importancia. Por un lado, el análisis de la actividad de los grupos a través de indicadores bibliométricos permite profundizar en el estudio de la estructura y 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). Por el otro, se pueden aportar datos de interés para la política científica de un país, como por ejemplo la identificación de los más destacados y sobresalientes grupos en una determinada área científica. En este contexto es claro el interés de los estudios bibliométricos en los grupos de investigación, que pueden complementar eficientemente a los realizados a nivel macro, ya que permite profundizar en el estudio de las tendencias detectadas en un país o un área temática.

En México se identificaron alrededor de 200 estudios bibliométricos visibles en bases de datos como CLASE, PERIÓDICA, TESIUNAM, INFOBILA, Academic Search Elite, Information Science Abstracts Plus (ISA), Library Lit&Info Sci y Library and Information Science Abstracts (LISA)<sup>6</sup>; las áreas científicas donde éstos se han realizado son: Astronomía, Biomedicina, Ecología, Educación, Física, Geografía, Matemáticas, Medicina, Química y Zootecnia. Los estudios se han realizado en su mayoría a nivel "macro", algunos de estos cubren a la disciplina de manera general y otros abordan aspectos específicos. Tal es el caso de la Medicina, donde se identificaron estudios en el área de la Salud, Enfermedades Respiratorias, Medicina General y Familiar, Psicología Clínica y de manera particular, como el caso de estudios en enfermedades específicas como el SIDA.

---

<sup>3</sup>Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en línea, <http://www.conacyt.mx/londos/sep/sep-cientifica/2004-01/index.html> (Consulta: 20 Diciembre 2004).

<sup>4</sup> El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) fue creado el 27 de diciembre de 1970 por Ley del Congreso de la Unión y tiene como misión impulsar y fortalecer el desarrollo científico y la modernización tecnológica de México, mediante la formación de recursos humanos de alto nivel, la promoción y el sostenimiento de proyectos específicos de investigación y la difusión de la información científica y tecnológica <http://www.conacyt.mx/comunicacion/mision-vision.html> (Consulta: 22 Enero 2005).

<sup>5</sup> Bordons, M; Zulueta, MA; Barrigón, S. (1998). Actividad científica de los grupos españoles más productivos en farmacología y farmacia durante el período 1986-1993 a través del Science Citation Index (SCI). *Medicina Clínica (Barcelona)* 111:489-495.

<sup>6</sup> La estrategia de búsqueda realizada en estas bases de datos fue por palabras claves: "análisis citas" or bibliometría or ciencimetría or "producción científica" or "Citation analysis" or Scientometrics or "scientific? or produc?" and Mexico. (Consulta: 1 Octubre 2002 y 21 Mayo 2003).

Las instituciones mexicanas donde se realizaron los estudios bibliométricos, por orden alfabético son: La Academia Nacional de Medicina, Centro Médico La Raza, Centro Médico Nacional Siglo XXI, El Colegio de México (Centro de Estudios Económicos), Hospital General, Instituto Mexicano del Seguro Social, Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, Instituto Nacional de Salud Pública (Centro de Investigación en Salud Pública), Instituto Politécnico Nacional (Centro de Investigación y de Estudios Avanzados), Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad Autónoma de Yucatán (Centro de Investigaciones Regionales), Universidad de Colima y Universidad de Guanajuato (Dir. General Bibliotecas Guanajuato). Finalmente por el número de dependencias participantes cabe mencionar aparte a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) donde se identificó al Centro de Información Científica y Humanística (actualmente Subdirección de Servicios Especializados, Dirección General de Bibliotecas), Centro de Ecología y Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas; además, se observaron Institutos como Física, Matemáticas y Química; entre las Facultades a Filosofía y Letras, Medicina, Medicina Veterinaria y Zootecnia y la Escuela Nacional de Estudios Profesionales – Iztacala.

En México de acuerdo a la información identificada en las bases de datos anteriormente mencionadas, los estudios bibliométricos predominan básicamente en la Medicina y en consecuencia las instituciones participantes pertenecen al área de la salud. La aportación de la UNAM se refleja en diversas disciplinas, uno de los aspectos que puede atribuirse, es a la creación en 1990 del Departamento de Investigación en Ciencia de la Información perteneciente al Centro de Información Científica y Humanística (CICH), el cual cubría entre sus líneas de investigación a la Informetría. Con la reestructuración de la UNAM en julio de 1996 dicho Departamento, lamentablemente, se desintegró. A la fecha, existen investigadores productivos en este campo, sin embargo, son escasas las investigaciones realizadas en colaboración (Anexo 1, p.110).

De los aproximadamente 200 trabajos bibliométricos identificados en las distintas bases de datos, el 10% (20 trabajos, Anexo 2, p.113) corresponden a trabajos bibliométricos en el campo de la Física mexicana. Con el análisis de esos trabajos se observó lo siguiente:

Los primeros trabajos asociados a los estudios métricos se identifican a mediados de los setenta. Uno de los primeros es el Edgar Leonel López Roblero "*Estudo do desenvolvimento da literatura sobre Física do estado sólido no México no período 1959-1971*", trabajo presentado como tesis de maestría en Brasil en el Instituto Brasileiro da Bibliografia e Documentacao. En los ochenta aparecen dos trabajos, uno realizado por Jorge Flores y Margarita Pimienta "*Una apreciación de la obra de Marcos Moshinsky*", en donde se analiza 40 años de investigación del Dr. Moshinsky, ambos autores pertenecían al Instituto de Física de la UNAM. Un segundo trabajo correspondió a una tesis, realizada por Gabriela Betsabe Miramontes Vidal y Laura Ortega Carrasco, titulada "*Análisis de la producción científica del IFUNAM: factores de impacto y evaluación*". La investigación tuvo como objetivo medir la producción del Instituto de Física en el período de 1980 a 1985, a través del análisis entre los elementos bibliográficos de los artículos fuente y de las citas a éstos. En los noventa el número de trabajos se incrementó a 11 y en el período 2000 a 2003 se identificaron seis trabajos.

De los 20 trabajos, 12 son tesis, (11 de licenciatura y uno de maestría) y ocho artículos. Estos últimos fueron publicados en revistas tales como: *Avance y Perspectiva*, *Boletín de la Academia de la Investigación Científica* y *Naturaleza*; a nivel internacional se identificaron cuatro trabajos, tres publicados en la revista *Scientometrics* y uno en *Interciencia*. Cabe señalar los trabajos realizados por Pérez Angón (1991)<sup>7</sup> y de Pérez Angón con Torres Vega (1994, 1998)<sup>8</sup> que analizan a la Física mexicana a través del *Catálogo de Programas y Recursos Humanos en Física*<sup>9</sup>. Los análisis ofrecen datos estadísticos sobre el desempeño de los investigadores mexicanos en el área de la Física y de las instituciones a las que están adscritos, además, muestran la relación de los principales grupos de investigación por especialidad y por institución a nivel nacional.

A partir del análisis de los documentos anteriores, se puede comentar lo siguiente: los estudios bibliométricos realizados en el campo de la Física en México se han abordado en su mayoría a nivel "macro", en éstos la disciplina es analizada de manera general, así como en lo particular, entre éstos tenemos el caso del Instituto de Física e Instituto de Ciencias Nucleares, ambas dependencias de la UNAM y el Departamento de Física del CINVESTAV. También se identificó algunos análisis en subáreas como las de Partículas Elementales y Física del Estado Sólido. Otro tipo de análisis realizado, por ejemplo, es a la Revista de Astronomía y Astrofísica; y a la colección de revistas del IFUNAM, o el estudio de la frecuencia de utilización de las revistas en el área de la Física en el CINVESTAV. Además, se han abordado a las publicaciones como medio para estudiar la colaboración científica y casos particulares que analizan las publicaciones de los científicos mexicanos en revistas internacionales que incluyen a la Física en el país. Dichas aportaciones se han realizado por los bibliotecarios e investigadores que desarrollan su actividad en las distintas disciplinas.

Entre los factores que han contribuido a la realización de los estudios bibliométricos en el área de la Física mexicana se pueden citar la importancia cuantitativa del campo, tanto en lo que se refiere a la población implicada de profesores e investigadores (2,278)<sup>10</sup>, a las instituciones de investigación y educación (21)<sup>11</sup>, así como al importante volumen de información que se genera (de 1990 a 1999 se publicó un total de 5,363 artículos correspondientes al campo de la Física en revistas indizadas en el Science Citation Index)<sup>12</sup>.

Para compensar la falta de estudios bibliométricos a nivel "micro" o de grupos de investigación en un campo tan importante para la ciencia mexicana como es la Física y considerando su utilidad, el presente trabajo se ha planteado como objetivos los siguientes:

---

<sup>7</sup> Pérez Angón, MA (1991). La física mexicana: retos y perspectivas. *Avance y perspectivas* no.10:45-50.

<sup>8</sup> Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1994). Perspectivas de la Física mexicana. *Boletín de la Academia de la Investigación Científica* no. 21:14-24.

Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1998). La física mexicana en perspectiva: 1986-1996 *Interciencia* 23(3):163-175.

<sup>9</sup> Publicación editada anualmente por la Sociedad Mexicana de Física (SMF).

<sup>10</sup> Cifra obtenida de la suma del índice alfabético de profesores e investigadores e índice alfabético de socios activos del *Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física 1999-2000*. (2000). México, Sociedad Mexicana de Física: Federación Latinoamericana de Sociedades de Física. 311 p.

<sup>11</sup> Instituciones identificadas en el catálogo latinoamericano... Op. cit.

<sup>12</sup> Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas 1990-1999. (2000). México, SEP. CONACYT. 283p.

## Objetivo general

*Obtener resultados que aporten una visión sobre la actividad investigadora desarrollada en el área de la Física en la UNAM entre los años de 1990 a 1999, caracterizar los aspectos más relevantes de los Grupos de Investigación Más Productivos (GIMP) y su evolución en el tiempo a través de técnicas bibliométricas.*

## Objetivos específicos:

- a) *Identificar y analizar los GIMP en el área de la Física de la UNAM a través de indicadores bibliométricos para dos periodos: 1990-1994 y 1995-1999.*
- b) *Caracterizar la actividad de los GIMP en el área de la Física de la UNAM en función de su tamaño grupal, producción, productividad y Factor de Impacto (FI).*
- c) *Situar la actividad de los GIMP en el contexto general de su área, su colaboración a nivel nacional e internacional, así como las áreas de especialización.*
- d) *Identificar, caracterizar y situar a los Grupos Estables en el área de la Física de la UNAM (grupos que en su evolución, de uno a otro período, conservan un mismo núcleo de autores, así como al Investigador Principal "IP").*
- e) *Contribuir al desarrollo de una metodología, útil en la descripción y análisis de la investigación mexicana en Física, basada en indicadores bibliométricos obtenidos a partir de la información bibliográfica proporcionada por el SCI.*

Para cumplir con estos objetivos se aplica una metodología desarrollada por un grupo de investigadores del Departamento de Bibliometría y Análisis Documental del Centro de Información y Documentación Científica "CINDOC", España (Fernández, Cabrero, Zulueta y Gómez, 1993<sup>13</sup>), (Bordons, Zulueta, Cabrero y Barrigón, 1995a, 1995b<sup>14</sup>), (Zulueta, Cabrero y Bordons, 1999<sup>15</sup>). La metodología ha permitido realizar análisis de manera general a la actividad científica de España, así como estudios a nivel "micro" en disciplinas afines al área médica del mismo país.

---

<sup>13</sup> Fernández, MT; Cabrero, A; Zulueta, MA, Gómez, I. (1993). Constructing a relational database for bibliometric analysis. *Research Evaluation* 3(1): 55-62.

<sup>14</sup> Bordons, M; Solute, MA; Cabrero, A; Barrigón, S. (1995a). Identifying research teams with bibliometric tool. *Proceedings of the Fifth Biennial Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics. Medford. 7-10 de junio.* Medford: Learned Information. p 83-92.

Bordons, M; Zulueta, MA; Cabrero, A; Barrigón, S. (1995b). Research performance at the micro level: analysis of structure and dynamics of pharmacological research teams. *Research evaluation* 5(2):137-142.

<sup>15</sup> Zulueta, MA; Cabrero, A; Bordons, M. (1999). Identificación y estudio de grupos de investigación a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española de Documentación Científica* 23(3): 335.

El presente trabajo se organizó en tres capítulos: El primero presenta el marco teórico de la investigación, relacionando de manera general a las áreas de la Física y las áreas de interés de ésta en México, su desarrollo y la contribución de la Sociedad Mexicana de Física, así como la aportación de la UNAM a la Física.

En el Capítulo II se muestran las técnicas bibliométricas en el análisis de la investigación científica, el papel que juegan, sus definiciones e indicadores bibliométricos; así como sus condicionantes y limitaciones. De igual forma se presenta a los grupos de investigación, así como un panorama general de los estudios realizados en México relacionados con éstos, que muestra la integración de los mismos.

Por último, en el Capítulo III se presenta la metodología aplicada en la investigación. Se incluyen los resultados obtenidos a partir del análisis de los datos y la discusión. Uno de estos resultados identifica que la producción científica de la UNAM en el área de la Física en la década de los noventa, ascendió a un total de 2,209 documentos, de éstos 1,439 fueron producidos por 138 grupos (42 grupos del periodo de 1990-1994 y 96 en el periodo de 1995-1999). Otro de los resultados obtenidos en el análisis realizado por quinquenio, fue la identificación de 93 Grupos de Investigación Más Productivos (GIMP) en el área de la Física de la UNAM. De ellos 26 se sitúan en el primer quinquenio (1990-1994) y 67 en el segundo (1995-1999). Por otro lado, los GIMP se ubican básicamente en tres dependencias: Instituto de Ciencias Nucleares (ICN), Instituto de Física (IF) e Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM). En su conjunto éstos produjeron el 80% en el primer periodo y 85% en el segundo, de la producción total de los Grupos de la UNAM.

El presente trabajo se limita al análisis de la información del área de la Física generada a través de grupos de investigación ubicados en las dependencias de la UNAM. Se puede decir que es la primer investigación de este tipo. Sin embargo cabe mencionar que en los indicadores de ciencia y tecnología señalan a la UNAM como la institución de mayor participación en la producción de artículos arbitrados de circulación internacional (40% del total publicado en el país), así como en el número de investigadores incluidos en el Sistema Nacional de Investigación (SNI). Por tanto se considera que la institución es representativa en el área de la Física del país para la generación de indicadores bibliométricos.

Las revistas incluidas para realizar el análisis de la información son identificadas a través del Journal Citation Index (JCR) ésta incluye todos aquellos documentos publicados en las revistas de carácter internacional asignadas por el SCI al área de la Física. Esto significa que no incluye documentos publicados en revistas de otros temas, por ejemplo en revistas multidisciplinarias como Nature o Science. 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 garantiza 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, comparaciones entre países, así como disponer de una serie de indicadores bibliométricos ausentes en otras bases de datos.

*LA FÍSICA EN MÉXICO*

---

## *I. LA FÍSICA EN MÉXICO*

El estudio de la Física en nuestro país no es nuevo, iniciándose ya hace muchos años. En ningún momento posterior han dejado de surgir estudiosos que, de una u otra manera, han hecho aportes importantes al conocimiento universal. En México la historia de la Física tiene dos componentes, la nacional y la internacional; la participación en ambas de cada uno de los científicos mexicanos, cualquiera que ésta sea o haya sido, es importante y debe valorarse a la luz del contexto social, cultural, político y económico, no sólo a nivel local, sino también mundial (Cfr. Ramos Lara, 1999).

La influencia que ha tenido la Física, tanto en la sociedad en general como en la forma de hacer ciencia en particular, ha cambiado. "Desde principios del siglo XX y prácticamente hasta fines de la década de los treinta, no hubo en México una comunidad de científicos dedicados a la investigación en Física. Lo que si encontramos desde inicios del siglo son destacados profesores de Física que seguían con interés el desarrollo mundial" (Menchaca Rocha, 2001). Los proyectos científicos involucraban a un investigador líder y a su alrededor un conjunto pequeño de estudiantes, técnicos y si acaso algún colega. Conforme transcurrían los años fue necesario involucrar a más personas, instituciones y recursos. El desarrollo de la Física en México ha llegado a tal punto que más allá del impacto de los físicos en el aspecto educativo, de investigación básica y de divulgación de la ciencia, su presencia también ha tenido un impacto definitivo en la búsqueda de soluciones para los grandes problemas del país.

Las aportaciones han ido creciendo en forma significativa superando barreras políticas y de toda índole (Contreras Nuño, 2000). Ejemplos concretos en México, por mencionar algunos, son los siguientes: La presencia de físicos en el Instituto Mexicano del Petróleo, principalmente trabajando en temas relacionados con la fisicoquímica y la mecánica estadística, en donde se atacan todo tipo de problemas de la industria petrolera. Los físicos nucleares también han tenido un impacto decisivo tanto en aspectos energéticos como en la aplicación de técnicas nucleares a numerosos problemas, que van desde el manejo de fuentes de radiación en hospitales, la planeación de tratamientos hasta aplicaciones industriales de irradiación e investigación de fallas en estructuras. Por otro lado se trabaja en la elaboración de normas para la manufactura de varillas antisísmicas para edificios, normas para certificar bebidas nacionales; en la producción de cables submarinos para comunicaciones; en la producción de pinturas más resistentes, en investigaciones dedicadas a la mejora de alimentos básicos a través de su irradiación; en el estudio de propiedades de la tortilla de maíz con el propósito de mejorar y simplificar su producción, la aplicación de diversas técnicas experimentales a la arqueología, entre otros (Menchaca Rocha, 2003). La lista de ejemplos podría seguir creciendo, abundan las aportaciones de los físicos mexicanos que contribuyen al desarrollo de la Física en el país.

En México la comunidad de físicos se concentran básicamente en 24 instituciones educativas y de investigación que ofrecen programas de licenciatura o posgrado y 6 instituciones de Investigación en Física.

---

Geográficamente, las instituciones están distribuidas en 16 estados de la República y el Distrito Federal<sup>1</sup> (Anexo III p.115). De acuerdo a *los Indicadores de actividades científicas y tecnológicas; 1990-1999 (2000)* existe una población de 1,621 investigadores<sup>2</sup> que pertenecen al área I (ciencias físico-matemáticas y de la tierra) del SNI<sup>3</sup> generadores de 5,363 artículos en la década de los noventa en el área de la física, todos éstos indizados en el *Science Citation Index (SCI)*.

Hoy en día encontramos que el número de investigadores e instituciones dedicados a la investigación o la formación de recursos humanos en Física ha crecido considerablemente. Por lo anterior se considera necesario presentar un panorama general de la Física en México que permita mostrar su desarrollo. A manera de introducción se inicia con algunas definiciones.

## 1.1. LA FÍSICA

La palabra Física deriva de un vocablo griego que significa *naturaleza* por lo que, junto con la química y la biología, principalmente, conforma el grupo de las *ciencias naturales* (Cfr. Menchaca Rocha, 2000a).

En la Enciclopedia de México (1994a) se define a la Física como "la ciencia que estudia la estructura, el movimiento y las propiedades generales de la materia, así como la naturaleza y propiedades de la radiación, sea de modo libre o en interacción con la materia".

Hazen y Pidd (1969) la definen como "la ciencia que trata del comportamiento del mundo inanimado". Según los físicos contemporáneos, el universo se clasifica en dos grandes categorías: materia y radiación electromagnética.

Lo que hoy se conoce como Física fue durante varios siglos parte de la filosofía natural, aunque para los antiguos griegos era el conjunto de conocimientos de la naturaleza (Lara-Barragán Gómez, 1993).

En la actualidad la Física es concebida como la ciencia que estudia los componentes de la materia y la manera en que estos componentes interactúan entre sí. Con esta base, el físico intenta explicar las propiedades de la materia en su conjunto, así como otros fenómenos que observamos en la naturaleza (Menchaca Rocha, 2000a). Ahora, si consultamos libros especializados, encontramos definiciones como "Física es una ciencia cuyo objeto es estudiar los componentes de la materia y sus interacciones mutuas" (Alonso y Efinn, 1969), o la Física "es una ciencia fundamental dedicada a la comprensión de los fenómenos naturales que ocurren en nuestro universo..." (Serway, 1997), se podría continuar con la lista, ninguno de estos ejemplos se contradice, sino que más bien se complementan. Cada uno enfatiza algún aspecto de la Física.

---

<sup>1</sup> Instituciones reportadas en el *Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física, 1999-2000 (2000)*.

<sup>2</sup> Constituye el 22% del total de investigadores reportados en todas las disciplinas (7,252) del Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

<sup>3</sup> Sistema creado en 1984 por el Gobierno Federal con el propósito de fortalecer y estimular mediante el apoyo económico a la eficiencia y la calidad de la investigación en México.

El campo de acción y de interés de la Física cambia constantemente a impulso de sus propios descubrimientos y de las nuevas perspectivas que éstos abren. Conforme avanza la investigación, el esfuerzo principal se reorienta hacia fronteras más lejanas y, simultáneamente, campos enteros del conocimiento, al

inicio partes integrantes de la Física teórica y experimental, pasan a formar parte del acervo tecnológico gracias a la transformación del saber científico en la práctica cotidiana.

### 1.1.1. Áreas de la Física

Hasta finales del siglo pasado, algunos de los temas de estudio de la Física estaban lógicamente relacionados con nuestros sentidos, como la óptica (visión), la acústica (oído) y la termodinámica (tacto). Otra fenomenología asociada con la Física es la del movimiento de los cuerpos, a cuyo entendimiento se dedica la mecánica y que, hace poco, incluía a la gravitación. Sin embargo, el estudio de los fenómenos eléctricos, magnéticos y, más recientemente, los atómicos, moleculares, nucleares y subnucleares, ha introducido el concepto de campo, que engloba todos estos tipos de interacciones, o fuerzas, que ejercen entre sí los diversos componentes de la materia (Menchaca Rocha, 2000a). La Física del siglo XX comprende las ramas tradicionales que la Física clásica desarrolló desde la antigüedad hasta fines del siglo XIX (Cuadro 1-1).

Cuadro 1-1 Áreas de las Ciencias Físicas (Siglo XX)

<u>Acústica</u>	(producción, propagación de las ondas sonoras)	
Electricidad y Magnetismo	- Electrostática (cargas eléctricas) - Electrodinámica (corriente eléctrica) - Electromagnetismo (interacción de campos eléctricos y magnéticos) - Electrónica (propiedades de los electrones)	
<u>Física nuclear</u>	(propiedades y leyes del átomo)	
<u>Mecánica</u>	(leyes del movimiento de la materia)	
Fuerzas:	- Estática (leyes de equilibrio) - Cinemática (movimiento con independencia de las fuerzas que lo producen) - Dinámica (movimiento en relación con las fuerzas que lo producen)	
Fluidos:	- Hidrostática (equilibrio de los fluidos) - Hidrodinámica (movimiento de los fluidos)	
<u>Ondulatoria</u>	(estudio de las ondas producidas por el sonido y las vibraciones)	
<u>Óptica</u>	(producción, propagación y absorción de las ondas visibles)	
	- Lentes (alteración de la percepción luminosa) - Fotometría (medición de la luz) - Colorimetría (estudios sobre el color)	
<u>Termología</u>	(fenómeno en que interviene el calor o la temperatura)	
	- Temperatura (efectos del calor) - Calorimetría (calor que se desprende de los procesos biológicos, físicos o químicos) - Termodinámica (relaciones entre el calor y las restantes formas de energía)	

\*En el cuadro se diferencian las más amplias disciplinas físicas, ordenadas alfabéticamente. No se incluye en el mismo la Física de la energía por constituir ésta una rama interdisciplinar que presenta aplicación en todas las citadas.

Fuente: Enciclopedia Hispánica, 2000

### 1.1.2. Áreas de la Física en México

De las áreas de la Física, ¿qué se estudia en México? Un análisis, realizado por Cornejo Rodríguez y colaboradores (1984), permitió observar algunas de las áreas de interés dentro de la comunidad de los físicos de esa época. En otro estudio, además de identificar las áreas de interés de la Física en México en la década de los noventa, señaló algunos de los principales grupos por especialidad (Cfr. Pérez Angón y Torres Vega, 2000). Por su parte, Menchaca Rocha (2000), clasificó en siete grandes grupos la investigación de los físicos mexicanos. En el *Foro: Diagnóstico de la Física en México*, López de Haro (2000) señaló que en México la investigación en el campo de la física se realizó en ocho áreas de investigación. Los distintos estudios en su conjunto permitieron observar la diversidad de áreas en donde los físicos del país han realizado investigación. Además, de lo anterior permitieron identificar las áreas donde convergen los autores: Física atómica y molecular así como la Óptica. Otras de las áreas observadas, si bien, no en la totalidad de los trabajos, si en su mayoría: Física nuclear, Física de materiales y Física de Partículas elementales y sus campos (Cuadro 1-2).

Cuadro 1-2. Áreas de estudio en el campo de la Física en México

Cornejo Rodríguez, et al. (1984)	Pérez Angón y Torres Vega (2000)	Menchaca Rocha (2000a)	López de Haro (2000)
Altas energías	Astronomía y Astrofísica	Enseñanza de la Física. Incluye historia y divulgación de la Física	Biofísica
Ciencias atmosféricas	Biofísica	Física atómica y molecular. Incluye óptica	Física de altas energías
Estado sólido	Ciencia de Materiales	Física estadística. Físico-química, Física de fluidos y plasmas	Física atómica
Física atómica y molecular	Física atómica y molecular	Física nuclear y de radiaciones	Física estadística
Física de polímeros	Física de plasmas	Materia condensada y la Física de los materiales	Física del estado sólido
Física química y fluidos	Física estadística y termodinámica	Otros temas, como la Física matemática, Biofísica, entre otros	Física de Materiales
Física teórica	Física nuclear	Partículas elementales y sus campos	Física nuclear
Gravitación y Astrofísica	Física-matemática y relatividad		Óptica
Mecánica estadística	Materia condensada (estado sólido)		
Metalurgia	Oceanografía Física		
Oceanografía	Óptica		
Óptica	Partículas y campos		
Partículas elementales	Polímeros		
Relatividad			

Dado el nivel de especialización que se requiere para tratar las distintas áreas de la Física en México no se entrará en detalle, pero se pueden sugerir además de las indicadas en el cuadro, la obra de (Menchaca Rocha, 2000b).

### 1.1.2. Áreas de la Física en México

De las áreas de la Física, ¿qué se estudia en México? Un análisis, realizado por Cornejo Rodríguez y colaboradores (1984), permitió observar algunas de las áreas de interés dentro de la comunidad de los físicos de esa época. En otro estudio, además de identificar las áreas de interés de la Física en México en la década de los noventa, señaló algunos de los principales grupos por especialidad (Cfr. Pérez Angón y Torres Vega, 2000). Por su parte, Menchaca Rocha (2000), clasificó en siete grandes grupos la investigación de los físicos mexicanos. En el *Foro: Diagnóstico de la Física en México*, López de Haro (2000) señaló que en México la investigación en el campo de la física se realizó en ocho áreas de investigación. Los distintos estudios en su conjunto permitieron observar la diversidad de áreas en donde los físicos del país han realizado investigación. Además, de lo anterior permitieron identificar las áreas donde convergen los autores: Física atómica y molecular así como la Óptica. Otras de las áreas observadas, si bien, no en la totalidad de los trabajos, si en su mayoría: Física nuclear, Física de materiales y Física de Partículas elementales y sus campos (Cuadro 1-2).

Cuadro 1-2. Áreas de estudio en el campo de la Física en México

Cornejo Rodríguez, et al. (1984)	Pérez Angón y Torres Vega (2000)	Menchaca Rocha (2000a)	López de Haro (2000)
Altas energías	Astronomía y Astrofísica	Enseñanza de la Física. Incluye historia y divulgación de la Física	Biofísica
Ciencias atmosféricas	Biofísica	Física atómica y molecular. Incluye óptica	Física de altas energías
Estado sólido	Ciencia de Materiales	Física estadística. Físico-química, fluidos y plasmas	Física atómica
Física atómica y molecular	Física atómica y molecular	Física nuclear y de radiaciones	Física estadística
Física de polímeros	Física de plasmas	Materia condensada y Física de los materiales	Física del estado sólido
Física química y fluidos	Física estadística y termodinámica	Otros temas, como la Física matemática, Biofísica, entre otros	Física de Materiales
Física teórica	Física nuclear	Partículas elementales y sus campos	Física nuclear
Gravitación y Astrofísica	Física-matemática relatividad	y	Óptica
Mecánica estadística	Materia condensada (estado sólido)		
Metalurgia	Oceanografía Física		
Oceanografía	Óptica		
Óptica	Partículas y campos		
Partículas elementales	Polímeros		
Relatividad			

Dado el nivel de especialización que se requiere para tratar las distintas áreas de la Física en México no se entrará en detalle, pero se pueden sugerir además de las indicadas en el cuadro, la obra de (Menchaca Rocha, 2000b).

---

## 1.2. DESARROLLO DE LA FÍSICA EN MÉXICO

La historia de la Física en el país es un tema muy amplio para tratarlo en un breve espacio. Sin embargo, para tener un panorama general del desarrollo de esta disciplina se muestra de manera cronológica algunos de sus acontecimientos más relevantes. Estos se presentan en tres grandes grupos: Hechos relevantes que han contribuido al desarrollo de la Física mexicana; algunos de los personajes notables; y por último se presenta un recuento de la evolución de las instituciones de enseñanza e investigación en México. Una descripción histórica, así como aportaciones de otros pioneros de la Física mexicana se encuentran en las referencias (Peña, 1979; Cruz Manjarrez, 1983; Cruz Manjarrez, 1996; Ley-Koo, 2001; Menchaca Rocha, 2000b).

### 1.2.1. Acontecimientos relevantes

	<i>Fecha</i>
El presidente Benito Juárez reorganizó el sistema educativo, asentado en el decreto del 2 de diciembre de 1867, dado a conocer con posterioridad a través de la prensa, la Ley Orgánica de Instrucción Pública en el Distrito Federal, que reglamentaba los estudios en los distintos niveles al mismo tiempo que creaba la Escuela Preparatoria.	1867
En el antiguo edificio de San Ildefonso y al amparo del lema "Orden, Progreso y Libertad", abrió sus puertas la Escuela Nacional Preparatoria. Allí se inició una etapa en que la ciencia, especialmente las matemáticas y la Física recibieron un gran impulso.	1868
Se fundaron dos Sociedades Científicas. La "Benjamín Franklin, que seis años más tarde adoptó el nombre de Sociedad Científica "Antonio Alzate", y la Fundación del Observatorio Astronómico Nacional, instalado en Tacubaya.	1878
Apertura de la Universidad Nacional de México, integrándose la antigua Escuela de Ingeniería. En el Salón de Actos de la Escuela Preparatoria se inauguró la Escuela de Altos Estudios.	1910
Se celebró el Primer Congreso Científico Mexicano de carácter nacional.	1912
Por decreto presidencial expedido por el general Álvaro Obregón, cambió la denominación de la Escuela de Altos Estudios, por la de Facultad de Filosofía y Letras.	1924
La Universidad Nacional de México alcanza su autonomía. Surgió en México la investigación científica como actividad institucionalizada, al incorporarse a la Universidad el Observatorio Astronómico Nacional, el Instituto Geológico Nacional y la Dirección de Estudios Biológicos, que venían operando desde el siglo anterior.	1929
La Sociedad "Antonio Alzate" se elevó al rango de Academia Nacional de Ciencias.	1930
Se fundó la Sección de Matemáticas de la Academia.	1932

---

Monges López inició la gestión ante las autoridades universitarias para la creación de la Escuela Nacional de Ciencias Físicas y Matemáticas, cuyo objetivo sería el de formar investigadores científicos en dichas ramas.	1935
Inició sus actividades la Escuela Nacional de Ciencias Físicas y Matemáticas y se crea el Primer Programa de Licenciatura en Física en México.	1937
Se aprobó la creación del Instituto de Investigaciones Físicas y Matemáticas e inicia sus actividades. Se publicó el primer número de los <i>Anales del Instituto de Física</i> , editado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).	1938
Inició sus actividades la Facultad de Ciencias de la UNAM, el mismo año, el Instituto de Ciencias Físico-Matemáticas cambió su nombre por el de Instituto de Física.	1939
Entre las actividades sobresalientes figuró la participación del Instituto de Física en el VIII Congreso Científico Panamericano, celebrado en Washington bajo los auspicios de la Unión Panamericana y del Departamento de Estado de los Estados Unidos. En esa ocasión el doctor Alfredo Baños preparó un trabajo titulado "Análisis estadístico de coincidencias de rayos cósmicos". El doctor Fernando Alba Andrade consideró que éste fue el primer trabajo de investigación de Física realizado en México.	1940
Un acontecimiento científico de gran importancia para el progreso de la investigación científica en México se llevó a cabo del 17 al 25 de febrero de 1942, se inauguró el Observatorio Astrofísico de Tonantzintla, Puebla. Y se inició en la Universidad de Puebla las labores del XVII Congreso Interamericano de Astrofísica. Se creó por acuerdo presidencial, la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica, cuyo objeto fue proponer, estimular y armonizar las investigaciones científicas que se realizarán en nuestro país.	1942
El 22 de enero, después de varias reuniones previas, inició sus actividades la Sociedad Mexicana de Ciencias Físicas. Se organizó el Primer Congreso Nacional de Física con el patrocinio del Gobierno del Estado de Puebla.	1943
Se inició la enseñanza de la Física en la provincia mexicana en la Universidad Autónoma de Puebla (UAP) creándose la carrera de físico-matemático.	1950
Se fundó la Sociedad Mexicana de Física (SMF) como asociación civil.	1951
Se inauguró en la UNAM el laboratorio con el primer acelerador Van de Graaff de partículas que hubo en América Latina. La SMF organizó su primer evento el Congreso Regional, en la ciudad de Querétaro e inició la edición de la <i>Revista Mexicana de Física</i> , (RMF) publicación de circulación internacional.	1952
La UNAM creó plazas de personal académico de tiempo completo, mejorando así las condiciones de trabajo de los investigadores.	1956
La SMF organizó el Primer Congreso Latinoamericano de Física, celebrado en Oaxtepec, Morelos.	1958

Por iniciativa de J.J. Giambiagi (Argentina), J. Leite (Brasil) y M. Moshinsky (México) se inició la Escuela Latinoamericana de Física (ELAF), que ha venido funcionando ininterrumpidamente desde entonces, reuniéndose en diferentes países de América Latina (ofrece cursos breves en tópicos avanzados que ayuden a los investigadores a mantenerse al día).	1959
Se fundó la Escuela Superior de Física y Matemáticas (ESFM) del Instituto Politécnico Nacional (IPN).	1961
Se creó el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), con un Departamento de Física, que, además de sus tareas de investigación, ha venido preparando físicos a nivel de posgrado.	1962
Se fundó la Academia de la Investigación Científica (AIC).	1965
Se creó la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM); su Unidad Iztapalapa ha ofrecido estudios de licenciatura y posgrado en Física y en su Unidad de Azcapotzalco, de ingeniería Física.	1974
Se organizó en Oaxtepec el primer Simposio de Física Nuclear. Desde entonces esta reunión se ha realizado anualmente.	1978
La Academia de la Investigación Científica (AIC) crea una Sección de Física.	1990
La AIC cambió su nombre por el de Academia Mexicana de Ciencias (AMC).	1997

Dos hechos sobresalientes que vale la pena resaltar son: la creación de la sociedad mexicana de Física en 1951 y el inicio de la publicación de la revista especializada en la disciplina en 1952. Estos puntos son tratados en detalle en las secciones 1.3. y 1.3.1.

### *1.2.2. Físicos destacados*

De los iniciadores y promotores más representativos del desarrollo de la Física en México, se evitará mencionar obras individuales. Ello no significa que en este país dicha ciencia carezca de personajes notables, por el contrario, sucede que el número de ellos ha llegado al punto que resultaría imposible hacerles justicia a todos en un espacio tan reducido. Una descripción de otros pioneros de la Física mexicana puede encontrarse en (Cruz Manjarrez, 1996; Ley-Koo, 2001).

La Física en México se ha consolidado en el siglo XX gracias a los esfuerzos de tres tipos de personajes no necesariamente bien diferenciados: Los grandes maestros, los grandes promotores y los grandes investigadores (Cfr. Menchaca Rocha, 2000b).

#### *Los grandes maestros*

Alfonso Nápoles Gándara. Maestro en Física en 1939 por la Secretaría de Educación Pública (SEP). Fue profesor cofundador de la Facultad de Ciencias de la UNAM; secretario de la Sociedad Científica Antonio Alzate y director de la sección de ciencias de la Revista de Estudios Universitarios. Recibió el Premio Universidad Nacional en el área de docencia en ciencias exactas (1987).

---

Joaquín Gallo. Fue catedrático en varias instituciones, impartió los primeros cursos de Física en 1912 y 1914 en la Escuela Nacional de Altos Estudios junto con Valentín Gama. Director del Observatorio Astronómico de Tacubaya desde 1916 y secretario general y rector interino de la Universidad Nacional Autónoma de México en 1932. Colaboró en el *Anuario* y en el *Boletín* del Observatorio desde 1910.

Sotero Prieto Rodríguez. La historia del desarrollo de las ciencias matemáticas y Físicas en las últimas décadas arranca con su labor. Él fue el primero que dictó cursos de mecánica superior, de teoría de la relatividad, de álgebra superior, de teoría de las funciones de variable compleja y de cálculo de variaciones. Además, inspiró a muchos universitarios para que se dedicaran a las ciencias exactas y despertó el interés en sus alumnos por la investigación en Física y matemáticas, también los entusiasmó por la cultura científica.

### *Los grandes promotores*

Carlos Graef Fernández. Introdujo el estudio de materias modernas y avanzadas, especialmente la mecánica cuántica y la relatividad y junto con Alberto Barajas, exploró las posibilidades de una teoría alterna a la relatividad. Dio impulso y fuerza a los trabajos sobre cosmología y gravitación.

Fernando Alba Andrade. Perteneció a la primera generación nacional de físicos, también posee el primer doctorado en Física otorgado por la UNAM (Facultad de Ciencias, 1957). Es pionero junto con Marcos Mazari en la Física experimental quien dedicó, desde un principio, un considerable esfuerzo, a los estudios nucleares usando el acelerador Van de Graaff.

Guillermo Haro Barraza. Investigador y director de los observatorios Astrofísicos de Tonantzintla y Astronómico Nacional. En la UNAM promovió becas para los mejores estudiantes de la Facultad de Ciencias, gracias a lo cual el Observatorio cuenta ahora con personal especializado, y con nuevas estaciones de observación en Tonantzintla y en la sierra de San Pedro Mártir, en Baja California. Fue además, consejero del Instituto de Astronomía, investigador de tiempo completo de la UNAM, editor de los *Boletines* de los observatorios de Tonantzintla y de Tacubaya, y presidente de la Academia de la Investigación Científica (Enciclopedia de México, 1994b).

Gustavo del Castillo y Gama. Se graduó en la Facultad de Ciencias de la UNAM y doctorado en la Universidad de Purdue, Estados Unidos, con el apoyo del rector Manuel Nava Martínez fundó en 1955 el Instituto de Física de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (IF-UASLP), y en 1956, la Escuela de Física de la Universidad de San Luis Potosí.

Luis Enrique Erro. En la década de los cuarenta se inicia el desarrollo de la Física en la ciudad de Puebla y se convierte en la segunda sede de la carrera de Física y el primer experimento de descentralización de esa ciencia en México. El desarrollo de la Física en Puebla durante los años siguientes estuvo ligado a la fundación del Observatorio Astrofísico de Tonantzintla en 1942 por Erro y el doctor Carlos Graef Fernández, esfuerzo en el que también participaron los doctores Fernando Alba Andrade, Félix Recillas y Guillermo Haro. Años más tarde, todos ellos llegarían a ser directores de diversas instituciones de la UNAM.

Luis Rivera Terrazas. Entre el grupo que durante los años cuarenta trabajó en el Observatorio de Tonantzintla, también se encontraba el ingeniero Luis Rivera quien fue uno de los promotores para la formación de la Escuela de Ciencias Físico-Matemáticas de la Universidad Nacional Autónoma de Puebla.

---

Ricardo Monges López. Propuso la formación de un instituto de investigación, también denominado de Ciencias Físicas y Matemáticas, y el cual inició su funcionamiento en 1938. En 1942 y 1945, respectivamente, se crearon los institutos de Matemáticas y Geofísica también por iniciativa de Monges López, además de promover la formación de la Coordinación de la Investigación Científica (CIC) de la UNAM y la Coordinadora de la Investigación Científica (CICIC), antecesora del actual Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

### *Los grandes investigadores*

Nuevamente Guillermo Haro Barraza (incluido en los grandes promotores) "Los esfuerzos del Dr. Haro Barrazas y otros investigadores durante los años cincuenta sentaron las bases de lo que hoy en día es la astronomía mexicana, una de las ciencias en las que nuestro país ha logrado mayor reconocimiento internacional". El período dorado de Haro como investigador fue muy intenso pero también muy breve. Sus artículos más importantes fueron publicados entre 1952 y 1959. Entre los trabajos más destacados, se puede mencionar el descubrimiento de las nebulosidades cósmicas ahora conocidas como objetos Herbig-Haro. En 1956, Haro informó sobre una nueva clase de galaxias de color muy azul, que actualmente llevan su nombre "Las Galaxias Haro", en 1957 presentó otro trabajo que demostraba la existencia de un gran número de estrellas azules en el halo de la Vía Láctea. Además el Dr. Haro y sus colaboradores como Enrique Chavira y Braulio Iriarte, descubrieron un gran número de nebulosas planetarias, novae, supernovas, cuasares y objetos aún no clasificados. Este trabajo dio a conocer en todo el mundo la astronomía de nuestro país (Cfr. Rodríguez, 1985).

Manuel Sandoval Vallarta. Las primeras aportaciones de importancia en el campo de la Física, producidas en el siglo pasado por un mexicano, fueron los trabajos de Manuel Sandoval Vallarta, las cuales contribuyeron de manera significativa en la investigación sobre la radiación cósmica. Fue investigador del IFUNAM, impartió clases en la FCUNAM, y participó activamente en el impulso de las instituciones nacionales.

Marcos Moshinsky. Su labor de investigación, docencia y formación de recursos humanos sirvió de semilla a la formación de un sólido grupo de investigación en Física teórica, esencialmente Física nuclear<sup>4</sup> y Física matemática. Director de la Revista Mexicana de Física (RMF, dependiente de la SMF). Organizó en colaboración con colegas latinoamericanos, la Escuela Latinoamericana de Física (ELAF). También se le asocia con la Academia de la Investigación Científica (AIC), fundada en 1961 con colegas suyos de diferentes áreas. Por esas fechas la Academia "Antonio Alzate" había entrado en decadencia, por lo que la AIC ocupó su sitio (Menchaca Rocha, 2000b).

Antes del siglo XX también hubo personalidades notables con una o más de estas características como:

Carlos de Sigüenza y Góngora. Astrónomo, matemático, físico, ingeniero, médico quien en el siglo XVII especulaba acerca de la existencia de sistemas planetarios asociados a estrellas lejanas.

Andrés Manuel del Río. Impartió el primer curso de mineralogía (1794) en el recién creado Colegio de Minería. Llegó a ser un gran catedrático, laborista e investigador acucioso. Descubridor del elemento que llamó pancomo, y después eritronio.

---

<sup>4</sup> Este tema es tratado en forma breve y desde un punto de vista histórico en (Hirsch Garnievich, 2000)

---

Antonio León y Gama. Primer mexicano en impartir un curso de mecánica newtoniana en el Real Seminario de Minas en 1794.

José Antonio Alzate. Destaca por ser uno de los pensadores influyentes de la primera mitad del siglo XVIII. Fue investigador y divulgador de las ciencias Físicas y matemáticas, y llegó a ser miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de París. En su honor se fundaría en 1884 la Sociedad Científica "Antonio Alzate, convertida en 1935 en la Academia Nacional de Ciencias de México, hoy desaparecida.

### *1.2.3. Instituciones educativas y de investigación*

Según Serway (1997) en el transcurso de las últimas décadas se ha avanzado en la construcción de un sistema de enseñanza e investigación en Física que incluye universidades, institutos y centros, dedicados tanto a la investigación como a la formación de los recursos humanos. El sostenimiento de la actividad científica está directamente relacionado, entre otros factores, con los recursos humanos que realicen dicha actividad. Cabe señalar que la vida activa de un científico es de alrededor de tres décadas, por lo que necesariamente los cuadros científicos deben al menos renovarse durante ese lapso. Además, debido a que la dimensión del sistema científico en México es cuantitativamente inferior a la que debería tener de acuerdo con las recomendaciones de diversos organismos internacionales como la UNESCO, es necesario que el sistema se nutra con gran cantidad de jóvenes profesores e investigadores que reviertan tal situación. En este sentido, las universidades juegan un papel crucial.

En México existen instituciones oficiales educativas y no educativas que también realizan actividades de docencia e investigación en Física, algunas dirigidas hacia objetivos de aplicación. Entre las instituciones oficiales no educativas que realizan actividades de investigación en Física, dirigidas hacia objetivos de aplicación, tenemos el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) (Cfr. Peña, 1979):

El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) tiene su antecedente en 1957 con la creación de la Comisión Nacional de Energía Nuclear, la cual se transformó en 1972 en el Instituto Nacional de Energía Nuclear; éste desapareció en 1979 y en su lugar se crearon la Comisión de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, Uranio Mexicano y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). La reforma a la Ley Reglamentaria del Artículo 27 constitucional en Materia Nuclear, promulgada el 4 de febrero de 1985, estableció los lineamientos que rigen el quehacer actual del ININ como un organismo descentralizado de la Administración Pública dentro del Sector de Energía, actualmente encargado de tareas de investigación en Física nuclear teórica y experimental, Física de plasmas teórica y experimental, Física de las radiaciones ionizantes, espectroscopia de resonancia paramagnética electrónica, entre otros. Asimismo, realiza desarrollo de alta tecnología, a fin de acrecentar la transferencia científica y tecnológica a universidades, institutos de investigación e industria, a la vez que fortalece sus servicios de alta tecnología para fomentar el desarrollo de centros nacionales, únicos en el país<sup>5</sup>.

El Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) -organismo público descentralizado del Gobierno Federal, sectorizado en la Secretaría de Energía- se creó el 23 de agosto de 1965 como consecuencia de la transformación industrial del país y de la necesidad de incrementar la tecnología relacionada con el desarrollo de las industrias petrolera, petroquímica básica, petroquímica derivada y química. Entre algunos

---

<sup>5</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares en línea, <http://www.inin.mx/>. (Consulta: 26 enero 2004).

---

de sus objetivos tiene: crear programas de investigación científica básica y aplicada; formar investigadores; desarrollar tecnologías aplicables a la técnica petrolera, y capacitar personal en todos los niveles<sup>6</sup>.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) fue creado por decreto presidencial el 1° de diciembre de 1975, como un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio, con carácter científico y tecnológico. Sus actividades consisten, principalmente, en llevar a cabo proyectos de investigación aplicada y desarrollo tecnológico para el sector eléctrico; orientadas a cumplir las funciones de sus cuatro principales divisiones técnicas: División de Energías Alternas (DEA), División de Sistemas de Control (DSC), División de Sistemas Eléctricos (DSE) y la División de Sistemas Mecánicos (DSM)<sup>7</sup>.

En nuestro país, los estudios de licenciatura y de posgrado en áreas científicas son relativamente recientes, su creación ha ocurrido en las últimas décadas, lo mismo ocurre en las actividades de investigación científica. Respecto a la formación de físicos en sus diferentes niveles; licenciatura, y de posgrado valdría la pena ser analizado, por un lado existen las instituciones educativas que ofrecen programas en el área de la Física y por el otro las instituciones que contratan físicos y cuya actividad puede ser considerada como campo de trabajo para estos profesionistas.

A continuación se presentan las dependencias dedicadas a la formación de los recursos humanos así como a la investigación en el campo de la Física en México.

#### *1.2.4. Programas de licenciatura*

La formación de físicos profesionales en México se inició en 1937 con la creación de la licenciatura en física en la UNAM, su enseñanza se ha ido extendiendo lentamente, así tenemos en provincia la primer licenciatura impartida en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) fundada en 1956, y la última fecha de creación se identificó a la Universidad de Guanajuato (UG) en 1998. En la década de los noventa se crearon cuatro licenciaturas en distintos estados de la República: Cuernavaca, Mor., San Luis Potosí, S.L.P. y León, Gto.; dos en Física y dos más en ingeniería Física. Además de la licenciatura en Física se han venido creando otras opciones como Ciencias Físico-Matemáticas o en Ingeniería Física. Hasta 1999 en México se crearon 21 instituciones de educación superior, dos son privadas - Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) y la Universidad Iberoamericana (UIA). En estas instituciones se ofrecieron 23 programas a nivel de licenciatura en el área de la Física; cinco corresponden a Ingeniería Física, dos a Físico-matemáticas y el resto a la licenciatura en Física (Cuadro 1-3).

---

<sup>6</sup> Instituto Mexicano del Petróleo, Instituto Mexicano del Petróleo en línea. <http://www.imp.mx/imp/hstor a/>. (Consulta: 26 enero 2004).

<sup>7</sup> Instituto de Investigaciones Eléctricas, Instituto de Investigaciones Eléctricas en línea: <http://www.ie.org.mx/nfgen.htm> (Consulta: 26 enero 2004).

Cuadro 1-3. Instituciones educativas y de investigación que ofrecen programas de Licenciatura en Física ordenados por fecha de creación

INSTITUCIÓN	PROGRAMA LICENCIATURA	FECHA DE CREACION
UNAM, México, D. F.	Física	1937
UASLP, San Luis Potosí, S.L.P.	Física	1956
ESFM-IPN, México, D. F.	Física y Matemáticas	1961
UMSNH, Morelia, Mich.	Físico- matemáticas	1961
UANL, Monterrey, N. L.	Física	1964
UNISON, Hermosillo, Son.	Física	1964
UAP, Puebla, Pue.	Física	1972
UAM, México, D.F.	Física	1974
	Ingeniería Física	1974
UIA, México, D. F.	Ingeniería Física	1977
UABC, Ensenada, B. C.	Física	1978
U de G, Guadalajara, Jal.	Física	1980
ITESM, Monterrey, N.L.	Ingeniero Físico Industrial	1980
UAS, Culiacán, Sin.	Física	1982
UJAT, Cunduacán, Tabasco	Física	1985
UAEMe, Toluca, Edo. de Méxi.	Física	1987
UAZ, Zacatecas, Zac.	Física	1987
UV, Xalapa, Ver.	Física	1987
UDLA, Cholula, Pue.	Física	1989
UAEMo, Cuernavaca, Mor.	Ciencias: Física	1991
UASLP, San Luis Potosí, S.L.P.	Ingeniería Física	1994
UG, León Guanajuato	Física	1998
	Ingeniería Física	1998

Fuente: Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física, 1997-2000

### 1.2.5. Programas de posgrado

El desarrollo de la Física a través de la formación de recursos humanos a nivel posgrado (maestría y doctorado) le corresponde a la UNAM, quien inició sus programas en ciencias Físicas en el año de 1955. En 1961 el CINVESTAV empezó sus tareas de investigación, además de preparar físicos a nivel de posgrado. La Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional (ESFM IPN) en 1965 iniciaron la maestría en Ciencia de Materiales y en 1967, la de Física. En provincia el primer antecedente en el posgrado se tiene en el estado de Puebla con el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) quien impartió la maestría desde 1972 en Óptica y en Electrónica (Física de Semiconductores). Con la creación en 1974 de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa (UAM-I) en el Distrito Federal se brindó otra opción más para la preparación de maestros y doctores en Física. En ese mismo año en provincia la UASLP también dio inicio con la maestría en Física.

En el transcurso de tres décadas (1970-1999) se crearon 25 programas a nivel maestría y 28 a nivel doctorado en el área de la Física. La formación de los recursos humanos a nivel posgrado tuvo mayor impulso en la década de los noventa, creándose poco menos del 50% (12) de los programas de maestría y 60% (17) a nivel doctorado. Estos programas se impartieron en 14 estados de la República y el Distrito Federal. (Cuadros 1-4, 1-5 y 1-6)

Cuadro 1-4. Instituciones educativas y de investigación que ofrecen programas de Maestría en Física ordenados por fecha de creación.

INSTITUCIÓN	PROGRAMA MAESTRIA	FECHA DE CREACIÓN
UNAM, México, D.F.	Ciencias: Física	1955
CINVESTAV-IPN, México, D.F.	Ciencias: Física	1961
ESFM-IPN, México, D.F.	Ingeniería Nuclear	1961
	Ciencia de Materiales	1965
	Ciencias: Física	1967
INAOE, Tonantzintla, Pue.	Óptica	1972
UAM, México, D.F.	Física	1974
UASLP, San Luis Potosí, S.L.P.	Ciencias: Física	1974
CICESE, Ensenada, B.C.	Oceanografía Física	1975
UNAM, México, D.F.	Ciencia de Materiales	1975
CICESE, Ensenada, B.C.	Óptica	1976
UAP, Puebla, Pue	Ciencias: Física	1978
UNISON, Hermosillo, Son.	Ciencias: Física	1984
CIO, León, Gto	Óptica	1984*
CICESE, Ensenada, B.C.	Física de Materiales	1986
UG, León, Gto.	Física	1986
UNAM, México, D.F.	Energía Solar	1987
UNAM, México, D.F.	Astronomía	1989
CINVESTAV-IPN, Mérida, Yuc	Física Aplicada	1990
UDEG, Guadalajara, Jal.	Física	1993
INAOE, Tonantzintla, Pue.	Astrofísica	1993
UAP, Puebla, Pue.	Optoelectrónica	1993
UAP, Puebla, Pue.	Ciencia de Materiales	1995
CIMAV, Chihuahua, Chih.	Ciencia de Materiales	1996
UAEM, Toluca, Edo. de Méx	Física no Lineal	1996
UAEM, Toluca, Edo de Méx.	Ciencias Nucleares	1996
UMSNH, Morelia, Mich.	Física	1996
UASLP, San Luis Potosí, S.L.P.	Ciencias Aplicadas	1996
UAS, Culiacán, Sin.	Ciencias: Física	1996
UNAM, Ensenada	Física de Materiales	1998
CINVESTAV-IPN, Querétaro, Qro	Ciencia de Materiales	1998

\*Se dejó de impartir en 1993.

Fuente: Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física (1997-2000)

Al observar el Cuadro 1-4 se evidencia lo siguiente: en México de 1955 a 1998 se impartieron 31 programas de maestría: 11 en el área de Ciencias Físicas y 20 en áreas como Astrofísica, Astronomía, Ciencias Aplicadas, Ciencia de Materiales, Ciencias Nucleares, Energía Solar, Física Aplicada, Física de Materiales, Física no Lineal, Ingeniería Nuclear, Oceanografía Física, Óptica y Optoelectrónica.

En el doctorado también se impartieron 31 programas, de los cuales 18 correspondieron a las áreas de: Astrofísica, Astronomía, Biofísica, Ciencia de los Materiales, Ciencias Aplicadas, Ciencias Nucleares, Física Aplicada, Física Teórica, Física de Materiales, Física no Lineal, Metalurgia y Ciencia de Materiales, Oceanografía Física, Óptica y Optoelectrónica. Los 13 restantes se impartieron en el área general de las Ciencias Físicas (Cuadro 1-5).

Cuadro 1-5. Instituciones educativas y de investigación que ofrecen Programa de doctorado en Física ordenados por fecha de creación.

INSTITUCIÓN	PROGRAMA DOCTORADO	FECHA DE CREACION
UNAM, México, D.F.	Ciencias: Física	1955
CINVESTAV-IPN, México, D. F.	Ciencias: Física	1961
ESFM-IPN, México, D.F.	Ciencias: Física	1975
UAP, Puebla, Pue.	Ciencias: Física	1982
UAM, México, D F.	Física	1983
UASLP, San Luis Potosí, S.L.P.	Ciencias Física	1983
CICESE, Ensenada, B.C.	Óptica	1985
INAOE, Tonantzintla, Pue.	Óptica	1985
CICESE, Ensenada, B.C.	Física de Materiales	1986
UG, León, Gto.	Ciencias: Física	1986
CIO, León Gto.	Óptica	1987
UNAM, México, D.F.	Ciencia de Materiales	1988
UNAM, México, D.F.	Astronomía	1989
CICESE, Ensenada, D.F.	Oceanografía Física	1991
ESFM-IPN, México, D.F.	Metalurgia y Ciencia de Materiales	1992
UAEMO, Cuernavaca, Mor.	Ciencias Física	1992
INAOE, Tonantzintla, Pue.	Astrofísica	1993
UAP, Puebla, Pue	Optoelectrónica	1993
CINVESTAV-IPN, México, D F.	Física Aplicada y Física Teórica	1993
UAEMO, Cuernavaca, Mor.	Biofísica	1995
UAP, Puebla, Pue.	Ciencia de Materiales	1995
UNISON, Hermosillo, Son.	Ciencias: Física	1995
CIMAV, Chihuahua, Chih.	Ciencia de Materiales	1996
UAEMe, Toluca, Edo de Méx.	Física no Lineal	1996
UAEMe, Toluca, Edo. de Méx.	Ciencias Nucleares	1996
U de G, Guadalajara, Jal.	Física	1996
UMSNH, Morelia, Mich.	Ciencias: Física	1996
UASLP, San Luis Potosí, S.L P.	Ciencias Aplicadas	1996
UAS, Culiacán, Sin.	Ciencias Física	1996
CINVESTAV, Querétaro, Qro.	Ciencia de Materiales	1998
UNAM, Ensenada, B.C.	Física de Materiales	1998

Fuente: Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física (1997 2000)

En el Cuadro 1-6 se presenta, en forma esquemática, la distribución por áreas de especialización, número de las maestrías y doctorados que se ofrecen sobre Física o temas relacionados. Se proporciona el dato de la afiliación donde se brinda la especialización.

Cuadro1-6. Distribución de los Posgrados en el área de la Física en México

Áreas de especialización de los programas	Maestrías	Instituciones que ofrecen la carrera de maestría	Doctorados	Instituciones que ofrecen la carrera de doctorado
Astrofísica	1	INAOE	1	INAOE
Astronomía	1	FCUNAM	1	FCUNAM
Ciencia de Materiales	5	CIMAV ESFM-IPN FCUNAM UAP	3	CIMAV FCUNAM UAP
Ciencias Aplicadas	1	UASLP	1	UASLP
Ciencias de la Tierra	1	UDEG	1	UDEG
Ciencias Nucleares	1	UAEMe	1	UAEMe
Energía Solar	1	FCUNAM		
Física	11	CINVESTAV-IPN ESFM-IPN FCUNAM IFUG UAM-I UDEG UAP UASLP UMSNH UNISON UAS	13	CINVESTAV-IPN ESFM-IPN FCUNAM IFUG UAEMO UAM-I UDEG UAP UASLP UMSNH UNISON UAS
Física Aplicada (Física Teórica)	1	CINVESTAV-IPN-UM	1	CINVESTAV-IPN-UM
Física de Materiales	1	CICESE	1	CICESE
Física no Lineal	1	UAEMe	1	UAEMe
Ingeniería nuclear	1	ESFM-IPN		
Metalurgia y Ciencia de Materiales			1	ESFM-IPN
Oceanografía Física	1	CICESE	1	CICESE
Óptica	3	CICESE CIO INAOE	3	CICESE CIO INAOE
Óptoelectrónica	1	UAP	1	UAP
Total	31		31	

Fuente: Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física (1997-2000)

Se puede considerar que la Física en México tiene su etapa pionera en la década de los cuarenta y la de consolidación en la década de los cincuenta, en especial con la construcción de la Ciudad Universitaria, donde la formación de físicos contaba por primera vez con instalaciones propias y adecuadas. Durante los sesenta y los setenta se presenta un fuerte crecimiento en el número de instituciones que deciden impartir una carrera para la formación de físicos profesionales. En las décadas de los ochenta y noventa se detiene la creación de instalaciones físicas, sin embargo surgen nuevos programas de licenciatura y posgrado.

---

La Física mexicana, hoy en día, cuenta con toda una infraestructura consolidada que va desde los recursos humanos hasta las instituciones educativas que ofrecen programas en el área de la Física, así como instituciones de investigación que son consideradas como campo de trabajo para estos profesionistas. A lo anterior se le suma, que por la importancia que le concede a esta disciplina su comunidad, se creó la Sociedad Mexicana de Física (SMF) que es considerada un órgano difusor de esta ciencia. A continuación se detalla sobre la misma.

### *1.3. SOCIEDAD MEXICANA DE FÍSICA (SMF)*

La Sociedad Mexicana de Física (SMF) tiene sus antecedentes en la Sociedad Mexicana de Ciencias Físicas que inició sus actividades en 1943 bajo la presidencia del Dr. Sandoval Vallarta. Ésta tuvo una vida efímera e intrascendente. Por este motivo el 15 de agosto de 1950 surgió la actual Sociedad Mexicana de Física, en cuyos estatutos proponía "la celebración de asambleas y congresos de Física con el fin de dar a conocer los progresos de esta ciencia, impulsar la investigación pura y sus aplicaciones, impulsar la enseñanza de la Física, estrechar las relaciones entre todas las personas interesadas y fomentar su agrupación. La Mesa Directiva quedó conformada por el Dr. Carlos Graef Fernández y el M. C. Fernando Alba Andrade como Vicepresidente, y Secretario General, el ingeniero Salvador Mosqueira. Uno de los primeros eventos realizados por la SMF fue el Congreso Regional llevado a cabo del 22 al 26 de abril de 1952 en la Ciudad de Querétaro.

Cada comunidad científica necesita su propio órgano de difusión, independientemente de aquellos ya existentes en el ámbito internacional. Para el área de la Física mexicana la SMF es el órgano más importante que ha realizado esta labor de manera constante al editar diversas publicaciones, entre éstas las que se encuentran una revista, un boletín, así como un catálogo.

De acuerdo con su labor de difusión e impulsora, tanto de la investigación como de la enseñanza, la SMF establece en su "Reglamento de la Comisión de Publicaciones" en su Artículo 82 que "Para dar a conocer los trabajos de sus miembros la Sociedad contará con dos publicaciones oficiales que se llamarán *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* y *Revista Mexicana de Física (RMF)*, la primera dedicada a la información y divulgación; y la segunda a trabajos de investigación. Estas publicaciones estarán a cargo de las Comisiones de Publicaciones respectivas"<sup>8</sup>. La RMF empieza a ser publicada en 1952, y el Boletín en 1956. Otra de las publicaciones de la SMF que cabe destacar es el *Catálogo de Programas y Recursos Humanos en Física*, publicado por primera vez en 1987.

#### *1.3.1. Revista Mexicana de Física (RMF)*

La *Revista Mexicana de Física (RMF)* fue fundada en 1952 por el Dr. Marcos Moshinsky e inició su publicación con el apoyo de instituciones tales como el Instituto Nacional de la Investigación Científica a través de Manuel Sandoval Vallarta, del Instituto de Física con Carlos Graef Fernández y el Observatorio Astronómico Nacional con Guillermo Haro. Actualmente la RMF es una publicación bimestral de la Sociedad

---

<sup>8</sup> *Reglamento de la Comisión de Publicaciones de la Sociedad Mexicana de Física*, publicado en el *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* (1959).

---

Mexicana de Física (SMF), patrocinada por: Instituto Nacional de Astronomía Óptica y Electrónica, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, y de la UNAM: Rectoría, Coordinación de la Investigación Científica, Instituto de Astronomía, Centro de Ciencias de la Materia Condensada, Instituto de Ciencias Nucleares, Instituto de Investigaciones en Materiales, Instituto de Física, Facultad de Ciencias e Instituto de Matemáticas. Es incluida en 19 índices internacionales, entre los que se encuentran los prestigiados *Science Citation Index* y el *Physics Abstracts*. A nivel nacional se incluye en el *Índice de Revistas Científicas y Tecnológicas* que se publica en México<sup>9</sup>

La *RMF* desde su aparición ha jugado un papel relevante en la consolidación de la Física en México, hasta enero del 2004 incluía artículos originales de investigación, instrumentación y enseñanza en todos los campos de la Física. A partir de febrero del 2004 la *RMF* sólo publica artículos originales de investigación. En virtud de la importancia de la enseñanza de la Ciencia y en particular de la Física aunado a un aumento importante de la comunidad científica interesada en el tema, el Consejo Editorial de la *RMF* decidió tener una revista enfocada exclusivamente a la enseñanza y tópicos afines llamada *Revista Mexicana de Física E*, (Cfr. Calles, 2004). Por otro lado, se inició de igual forma la publicación de la *Revista Mexicana de Física S; Suplemento Latinoamericano de la Sociedad Mexicana de Física* dedicada a publicar memorias de congresos.

Los propósitos más importantes de la *RMF* son “dar a conocer el trabajo de los físicos, tanto nacionales como extranjeros, a la comunidad científica mexicana e internacional, así como crear un estilo propio de investigación científica” (Hacyan, 1994). En apego a lineamientos internacionales para garantizar su calidad, cada artículo enviado a la *RMF* es revisado por un árbitro especialista del tema, pero ajeno a la institución del autor, cuya función consiste no sólo en dar un visto bueno, sino en recomendar modificaciones que mejoren el trabajo.

Con la finalidad de dar difusión a los trabajos de los físicos mexicanos a nivel nacional e internacional, la *RMF* es distribuida gratuitamente a más de 400 bibliotecas nacionales e internacionales, así como a los socios activos de la SMF, motivo por el cual ésta depende fuertemente de la subvención de las instituciones públicas.

Con el propósito de evaluar y mejorar la revista Montejano Carrizales y Morán López elaboran dos estudios, el primero en 1999 y el segundo en 2001. En éstos se realiza un análisis estadístico de los volúmenes 43 al 46 correspondientes a los años 1997 al 2000, entre algunos de los datos presentados se enumeran los siguientes:

- Incremento del número de artículos publicados (de 66 artículos publicados en 1990 y 1991 pasó a 89, 97, 99 y 98, correspondientes a los años de 1997 a 2000).

---

<sup>9</sup> El CONACYT inició en 1992 un proceso de evaluación de las revistas mexicanas que publican artículos originales de investigación científica y tecnológica. A partir de 1993, en forma bianual, el CONACYT ha emitido convocatorias públicas a los editores de las revistas científicas mexicanas para que soliciten su incorporación al *Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica*. El número de revistas aceptadas ha fluctuado entre 40 (1993) y 62 (1999). Los criterios utilizados para integrar este índice del CONACYT son muy generales de manera que se puedan aplicar a todas las revistas independientemente de las disciplinas que abordan. La selección es realizada por un grupo de investigadores con amplia experiencia en la actividad editorial. En el proceso de evaluación se toma en consideración el perfil de cada revista, la calidad de su contenido, el factor de impacto en el medio internacional, la regularidad de su publicación y su distribución. Este índice es utilizado como referencia por algunas instituciones académicas para evaluar los productos del trabajo académico de sus investigadores (Cfr. Pérez Angón, 2000:254)

- 
- Los investigadores de instituciones nacionales publicaron en estos años el 70% aproximadamente del total de los artículos.
  - Los artículos publicados por extranjeros fue del 15% y 20%. El restante 15% y 11%, fue el resultado de colaboraciones entre mexicanos y extranjeros. Estas cifras dan una idea de la internacionalidad de la RMF.
  - Los artículos de mayor número fueron producto de la investigación (252 de 1997 a 2000), el segundo lugar lo ocupó los artículos de enseñanza (78 artículos en los mismos años).
  - Entre las instituciones de mayor contribución, en primer lugar, figura la UNAM con 105 artículos que corresponden a los años 1997 a 2000; en segundo y tercer lugar han figurado instituciones como la Benemérita Universidad de Puebla, el CINVESTAV, el Centro de Investigación en Óptica de León, Guanajuato y la Universidad Autónoma Metropolitana. En el estudio, también se mostraba, el lugar donde se generaron los artículos (por país y procedencia) de las contribuciones extranjeras incluidas en la revista.

### *1.3.2. Boletín de la Sociedad Mexicana de Física.*

El *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* se inició en 1956 y fue publicado inicialmente con apoyo de la Universidad Nacional Autónoma de México y actualmente por el CONACYT. El *Boletín* se ha publicado de manera cuatrimestral y actualmente se edita con una frecuencia trimestral.

En el mismo han colaborado físicos notables, mexicanos y extranjeros. Incluye artículos de divulgación o enseñanza, asimismo se informa de los principales eventos científicos tanto de la misma sociedad como de otras agrupaciones mexicanas y extranjeras. Publica noticias sobre la SMF y la comunidad de físicos mexicanos en general, así como artículos y cartas que sean de interés para la comunidad.

Inicialmente sólo se distribuía a los socios activos, actualmente también se envía a alrededor de 400 bibliotecas nacionales y del extranjero, además a las instituciones que colaboran y financian parcialmente las actividades de la SMF (Sociedad Mexicana de Física, 1994).

### *1.3.3. Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos de Física*

El Comité Técnico Asesor para el Fortalecimiento del Posgrado Nacional en el área de la Física del CONACyT integró en 1985 el *Catálogo de Programas de Posgrado en Física*. Éste se considera como el punto de referencia inmediato y directo del *Catálogo 1987-88 de Programas y Recursos Humanos de Física* publicado por primera vez en 1987. Diez años después se transformó en el *Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos de Física*.

El *Catálogo de Programas y Recursos Humanos de Física* es una publicación anual y nace motivado por dos razones: la primera era presentar información sobre los programas de licenciatura y posgrado en Física del país, de manera útil para los estudiantes interesados en proseguir una carrera profesional o un posgrado en Física. Por tal motivo se incluyeron los datos más relevantes que les permitirán a los estudiantes decidir en qué lugar e institución continuar sus estudios de licenciatura o de posgrado, así como los datos precisos de a

---

quién y a dónde dirigirse para obtener información más detallada. La segunda razón estuvo relacionada con el deseo manifestado por varias Mesas Directivas de la Sociedad Mexicana de Física (SMF), de contar con un directorio de recursos humanos en Física. Por lo anterior el contenido del Catálogo es precisamente información académica sobre profesores e investigadores adscritos a instituciones nacionales de educación superior.

Para cada profesor o investigador se incluyó la siguiente información: categoría académica en el lugar de adscripción, grado académico obtenido más recientemente, institución donde lo obtuvo y año en el que se graduó; el área general y la especialidad particular. Para algunas instituciones se incluyó también resultados del trabajo académico de sus profesores o investigadores, como son las fichas bibliográficas completas de sus artículos de investigación y de enseñanza publicados en ese año, y los títulos de las tesis profesionales y de posgrado presentadas durante ese mismo año (Cfr. Barrera y Pérez Angón, 1987).

Después de diez años de aparecer en forma ininterrumpida el catálogo se transformó para la edición de 1997 en *Catálogo Latinoamericano*. Dicha transformación surgió por recomendación de la Federación Latinoamericana de Sociedades de Física (FELASOFI) con el fin de contar con una fuente de información sobre los físicos latinoamericanos que siguiera el esquema del Catálogo anual que edita la SMF. Los países incluidos en esta edición fueron: Brasil, Chile, Colombia, Cuba, Guatemala, México y Puerto Rico. Para la edición de 1999-2000 se sumaron Honduras, Perú y Uruguay. La información incluida pertenece a 50 instituciones, distribuidas de la siguiente manera: Brasil (5), Chile (4), Cuba (3), Guatemala (1), Honduras (1), México (24 instituciones educativas y de investigación que ofrecen programas de licenciatura o posgrado y 6 instituciones de investigación en Física), Perú (1), Uruguay (1) (Cfr. Sociedad Mexicana de Física. Comité Editorial, 1999).

En la primer edición del *Catálogo en 1987*, se establece que la información incluida en éste y en los subsecuentes Catálogos se publicará en un artículo especial del *Boletín* de la SMF un estudio completo sobre distribuciones de investigadores por grado académico, por especialidad, por edades académicas, entre otros, así como obtener índices de productividad por instituciones, lo anterior con la finalidad de ofrecer un panorama de la actividad de los físicos mexicanos en los años recientes.

Entre los estudios identificados realizados con información del *Catálogo* publicados en el *Boletín* de la SMF cabe mencionar: (Pérez Angón, 1992), (Pérez Angón y Torres Vega, 1993; Pérez Angón y Torres Vega, 1994b). Otros estudios realizados por los mismos autores publicados en revistas como: (*Academia*, 1994; *Avance y Perspectiva*, 1996; *Interciencia*, 1998). Además del titulado "Retos y perspectivas de la física en México (En *Foros: diagnóstico de la Física en México*, 2000). Estos artículos presentan un análisis de la evolución del desempeño de los físicos mexicanos en los campos de la docencia y la investigación científica en los años de 1986 a 1998.

La SMF es el órgano difusor más importante en el área de la Física mexicana. Es responsable de la edición de diversas publicaciones: *RMF*, *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* y el *Catálogo de Programas y Recursos Humanos de Física* hoy conocido como *Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos de Física*, que en su conjunto representan a la comunidad científica en el campo de la Física mexicana.

---

#### *1.4. LA UNAM Y SU CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO EN EL CAMPO DE LA FÍSICA EN MÉXICO*

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) es la institución de educación superior más grande del país, así como una de las más prestigiadas de Latinoamérica. A sus aulas asisten anualmente más de 150,000 estudiantes de licenciatura y posgrado. A nivel nacional atiende aproximadamente al 7% de la matrícula (Cfr. Peimbert, 2001). Al interior del sector educativo la UNAM representa el 24% (12,253 millones de pesos período 1995-1999) del Gasto Federal en Ciencia y Tecnología (GFCyT).

Por otro lado, en la UNAM se lleva a cabo un alto porcentaje de las investigaciones científicas y humanísticas que se realizan en el país en muy diversas áreas, cuenta con alrededor de 35,000 académicos, entre ellos más de 2,000 realizan investigación (Cfr. El Subsistema de la Investigación Científica, 1999). Asimismo, es la institución con mayor participación en la producción de artículos arbitrados; en el período de 1990 a 1999 produjo 14,023, seguida por la Secretaría de Salud con 5,102 y el CINVESTAV con 3,381.

Es también la institución con el mayor número de participantes en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). En 1999, el SNI ascendió a 7,252 miembros. La UNAM figuró en primer lugar con 2,285 miembros, es decir, el 31.5% del total; seguido de las Universidades Públicas de los Estados con 1,355 miembros (18.7%) y el Sistema SEP-CONACYT con 861 (11.9%). Así, el padrón del SNI correspondiente a la UNAM quedó conformado por 287 candidatos a investigador nacional; 1,200 investigadores Nivel I; 482 en el Nivel II, y 316 en el nivel III (Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas; 1990-1999, 2000). Por otro lado, cuenta con un gran número de profesores e investigadores que han sido distinguidos con premios nacionales e internacionales en reconocimiento a su labor.

La investigación científica en la Universidad adquirió forma orgánica a partir de la autonomía de 1929. En esa época se incorporaron tres institutos que venían desarrollando tareas de investigación desde el siglo pasado: el Instituto Geológico Nacional que se convirtió en el Instituto de Geología; la Dirección General de Asuntos Biológicos que incluía al Jardín Botánico (actualmente el Instituto de Biología), y el Observatorio Astronómico Nacional que al incorporarse a la UNAM, dio origen al Instituto de Astronomía. El Observatorio Astronómico Nacional en la actualidad se encuentra en la Sierra de San Pedro Mártir, en Baja California. Diez años después, en 1939, llegó a México un grupo de científicos españoles exiliados, entre ellos el físico Blas Cabrera, el químico José Giral y el fisiólogo José Pucho. Las matemáticas, la biología, la química, la física y la medicina mexicana, se transformaron en buena parte gracias a ese grupo de intelectuales. En ese mismo año, 1939, se creó la Facultad de Ciencias. Un año antes se habían creado los institutos de Geografía y Física, y entre 1939 y 1945, se fundaron los institutos de Química, Matemáticas, Geofísica y el de Estudios Médicos y Biológicos que después se transformó en Investigaciones Biomédicas (Cfr. De la Fuente, 1991).

Con el objeto de planear, fomentar e impulsar la investigación, la UNAM creó en 1945 el Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC), en ese mismo año también se creó la Coordinación de la Investigación Científica (CIC) como órgano encargado de ejecutar las decisiones académicas del Consejo y como medio de apoyo para coordinar e impulsar las labores de los institutos y centros que actualmente integran el Subsistema de la Investigación Científica (SIC) de la UNAM.

A partir de entonces, la investigación en la Universidad ha sido reforzada de manera sistemática y, en la actualidad, la institución cuenta con dos grandes núcleos de investigación: el humanístico y el científico. En el primero se trabaja en nueve institutos y seis centros, mientras que la investigación científica se realiza en 17 institutos y siete centros.

### 1.4.1. El Subsistema de la Investigación Científica (SIC)

El trabajo académico realizado en El Subsistema de la Investigación Científica (SIC) en la década de los noventa en sus diferentes institutos y centros se organizó en tres grandes áreas: Ciencias Físico-Matemáticas, Ciencias Químico-Biológicas y de la Salud, y Ciencias de la Tierra e Ingeniería (Cuadro 1-7).

Cuadro 1-7 Subsistema de la Investigación Científica

Organización académica y áreas de investigación

CIENCIAS FÍSICO-MATEMÁTICAS	CIENCIAS QUÍMICO-BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD	CIENCIAS DE LA TIERRA E INGENIERÍAS
INSTITUTOS	INSTITUTOS	INSTITUTOS
Astronomía (IA)	Biología (IB)	Geofísica (IGf)
Ciencias Nucleares (ICN)	Biotecnología (IBt)	Geografía (IGg)
Física (IF)	Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL)	Geología (IGl)
Investigaciones en Matemáticas	Ecología (IE)	Ingeniería (II)
Aplicadas y Sistemas (IIMAS)	Fisiología Celular (IFC)	
Investigaciones en Materiales (IIM)	Investigaciones Biomédicas (IIB)	CENTRO
Matemáticas (IM)	Química (IQ)	Ciencias de la Atmósfera (CCA)
	CENTROS	
CENTROS	Investigación sobre Fijación del Nitrógeno (CIFN)	
Ciencias Físicas (CCF)	Neurobiología (CN)**	
Ciencias de la Materia Condensada (CCMC)		
Instrumentos (CI)*		
Investigación en Energía (CIE)		

\*En 2002 cambió a Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET)

\*\*En 2002 cambió a Instituto de Neurobiología (INb)

Fuente: El Subsistema de la Investigación Científica, 1999

En estos 17 institutos y siete centros laboraron más de 2,200 académicos, de los cuales alrededor de 1,300 corresponden a investigadores, y poco menos de 1,000 a técnicos académicos (Cuadro 1 8), además un número considerable de investigadores participa en el SNI (Cuadro 1-9).

Cuadro 1-8. Personal Académico (1998)

Entidad Académica	Investigadores	Técnicos Académicos	Personal Académico
CCA	30	39	69
CCF	27	4	31
CCMC	19	6	25
CI	17	55	72
CIE	28	11	39
CIFN	27	24	51
CN	38	26	64
IA	76	57	133
IB	66	84	150
IBt	92	69	161
ICMyL	60	59	119
ICN	44	10	54
IE	52	25	77
IF	111	49	160
IFC	57	55	112
IGf	62	43	105
IGg	40	33	73
IGI	65	51	116
II	81	95	176
IIB	74	71	145
IIM	44	18	62
IIMAS	50	31	81
IM	76	10	86
IQ	65	30	95
TOTAL	1,301	955	2,256

Fuente: El Subsistema de la Investigación Científica, 1999

Cuadro 1-9. Participación del personal académico en el SNI (1998)

Personal académico	Candidato	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Emérito SNI
Investigador emérito	--	--	--	13	20
Investigador titular	1	334	264	112	6
Investigador asociado	59	217	--	--	--
Técnico académico	15	43	1	--	--
Total	75	594	264	125	26

Fuente: El Subsistema de la Investigación Científica, 1999.

Los investigadores y estudiantes del Subsistema de la Investigación Científica (SIC) producen conocimiento en más de 1,100 líneas de investigación que luego se publican en diferentes medios. Así, durante el período 1995-1998 se publicaron 6,873 artículos en revistas de circulación internacional y nacional. También se editaron 315 libros, así como otro tipo de publicaciones (Cuadro 1-10).

Cuadro 1-10. Productos del trabajo académico (1995-1998)

Entidad Académica	Artículos en revistas de circulación Internacional	Artículos en revistas de circulación nacional	Artículos en memorias	Capítulos en libros	Libro	Artículos de divulgación	Informes y reportes técnicos	Artículos en periódicos
IA	315	26	171	15	10	92	28	79
IB	455	384	189	286	97	157	170	2
IBt	298	15	91	43	6	16	164	--
ICMyL	161	73	24	61	20	51	12	12
ICN	275	5	148	1	9	2	3	--
IE	194	52	33	88	9	76	53	19
IF	869	--	378	34	27	145	--	89
IFC	330	94	24	79	21	15	--	--
IGf	217	47	6	11	5	1	62	--
IGg	47	166	105	117	22	42	37	--
IGI	115	90	75	14	2	34	23	2
II	155	115	735	60	2	20	750	15
IIB	279	88	6	39	8	1	4	50
IIM	339	16	236	7	3	16	28	--
IIMAS	163	31	108	16	9	12	75	3
IM	246	10	58	9	8	24	9	--
IQ	481	6	6	10	4	--	--	--
CCA	85	7	108	24	17	22	21	--
CCMC	100	6	42	--	3	3	--	--
CI	68	27	287	10	10	7	191	--
CIE	152	15	144	3	2	21	16	--
CIFN	58	--	96	18	1	1	0	2
CN	177	21	55	46	20	12	0	2
Total	5,579	1,294	3,125	991	315	770	1,646	275

Fuente: El Subsistema de la Investigación Científica, 1999.

Según datos de la propia institución el SIC de la UNAM contribuye con 40% de los artículos publicados en revistas de circulación internacional que México produce indexadas en el *Science Citation Index (SCI)*, por año.

Los académicos de los centros, institutos de investigación científica realizan una constante actividad docente. Tienen a su cargo la impartición de cátedras en facultades y escuelas de la Universidad, dirección de tesis en los niveles de licenciatura y de posgrado y la responsabilidad de asesorar permanentemente a estudiantes. De 1995 a 1998 se titularon 1,512 estudiantes de licenciatura, 803 de maestría y 394 de doctorado (Cuadro 1-11).

Cuadro 1-11. Formación de recursos humanos (1995-1998)

Entidad Académica	Atendidos			Graduados		
	Licenciatura	Maestría	Doctorado	Licenciatura	Maestría	Doctorado
CCA	120	90	77	32	18	9
CCMC	--	15	67	4	10	20
CI	170	52	14	60	20	3
CIE	105	59	32	8	21	4
CIFN	13	9	45	8	9	8
CN	15	49	45	--	42	35
IA	61	91	73	45	11	7
IB	103	100	62	233	94	47
Ibt	93	121	116	48	52	40
ICMyL	43	162	45	35	23	12
ICN	74	29	23	27	10	5
IE	153	122	109	73	24	23
IF	150	158	158	146	47	37
IFC	127	113	237	71	48	46
Igf	58	42	52	35	26	10
Igg	205	74	75	53	17	10
IGI	65	83	55	33	19	4
II	134	200	16	240	150	2
IIB	510	264	294	123	67	36
IIM	346	236	131	128	30	15
IIMAS	2050	356	40	16	23	3
IM	80	94	75	59	30	10
IQ	106	79	57	35	12	8
Total	4 781	2 598	1 898	1 512	803	394

Fuente: El Subsistema de la Investigación Científica, 1999.

En el reglamento de estudios de posgrado de la UNAM de 1995 se adecuó un número importante de programas de posgrado que se comparten con facultades y escuelas afines. En este sentido la CIC enfatiza la importancia de una participación activa por parte de los investigadores en las labores de docencia y particularmente en los niveles de licenciatura y de posgrado. (Cuadro 1-12)

Cuadro 1-12. Programas de posgrado en los que participan entidades académicas del SIC.

PROGRAMA	PROGRAMA
CIENCIAS BIOQUÍMICAS IBt, FQ	CIENCIAS MÉDICAS Y DE LA SALUD IIB, IFC, FM, FO, FF y L
CIENCIAS BIOMÉDICAS IE, CN, IFC, IIB, IQ, CIFN, FM	CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA ICMyL, IGI, FC, FQ, FES-I
NEUROBIOLOGÍA CN, FES-I	CIENCIA E INGENIERÍA DE LA COMPUTACIÓN II, IIMAS, IM, FI, FES-C, FC
ASTRONOMÍA IA, FC	INGENIERIA CI, CIE, CCADT, FI, FQ, II, IIMAS
CIENCIAS DE LA TIERRA IGf, IGI, IGg, IIMAS, CCA, FC, FI	CIENCIAS BIOLÓGICAS IE, IB, IGI, FC, ENEP-I, FES-Z(provisional)
CIENCIAS QUÍMICAS IQ, FQ, ICN, IIM, FES-C	CIENCIA E INGENIERÍA DE MATERIALES FC, FI, FQ, IIM, CCMC, CIE
CIENCIAS FÍSICAS CCMC, CIE, IF, ICN, IA, IIM, CI, FC	CIENCIAS MATEMÁTICAS FC, IIMAS, IM

Fuente: Programas de posgrado, Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías y Programas de posgrado; Área de las Ciencias Biológicas y de la Salud (2003).

Como ya se mencionó anteriormente el Subsistema de la Investigación Científica de la UNAM se organiza en tres áreas (Cuadro 1-7), a continuación se describe el área de las Ciencias Físico-Matemáticas por incluir en ésta a la Física, área de interés de la investigación.

### 1.4.2. Área de ciencias Físico-Matemáticas en la UNAM

Los antecedentes de las ciencias Físico-Matemáticas en la UNAM se remontan a la enseñanza de la Física y las Matemáticas en la Escuela Nacional Preparatoria de San Ildefonso en los primeros años de la Revolución. Sotero Prieto era maestro de Matemáticas, Juan Mancilla de Física y José de las Fuentes de Cosmografía. De los alumnos de esa época figuraban Alfonso Nápoles Gándara de la primera generación (1911-1915) y Manuel Sandoval Vallarta de la segunda (1912-1916). Las clases impartidas por aquellos maestros fueron decisivas para el futuro de ambos alumnos, así como para el desarrollo de las ciencias Físico-Matemáticas en la UNAM. En la década de los treinta, con las enseñanzas sostenidas de Sotero Prieto y los avances académicos de sus nuevos colegas, Alfonso Nápoles Gándara y Manuel Sandoval Vallarta abrieron nuevos caminos para el estudio de las Matemáticas y la Física. Se realiza por primera ocasión en 1932 un seminario en la Academia Nacional de Ciencias "Antonio Alzate" bajo la organización de Sotero Prieto y Nápoles Gándara. En 1934 se reestructuró la UNAM y se creó la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas que abarcaba la Escuela de Ingeniería, la Escuela de Ciencias Químicas y una Sección de Física y Matemáticas. En esta última se ofreció por primera vez la carrera de Físico-Matemático, y entre sus primeros alumnos figuró Carlos Graef Fernández y Alberto Barajas; su sede fue el Palacio de Minería.

---

En 1935 hubo una nueva reestructuración de la Universidad y desaparece la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas al separarse la Escuela de Química y la de Ingeniería. La Sección de Física y Matemáticas se convirtió en los Departamentos de Física y Matemáticas de la Escuela de Ingeniería, y se siguió ofreciendo la carrera de Físico-Matemático. Estos Departamentos fueron la base para la creación de la Escuela Nacional de Ciencias Físico-Matemáticas en 1937, que tenía cuatro departamentos: Física, Matemáticas, Química y Geología. A partir de entonces se ofrecieron por separado las carreras de Físico y Matemático. El director de la Escuela el Ingeniero Ricardo Monges López más tarde propuso la creación del Instituto de Investigaciones Físicas; de la Escuela Nacional de Investigación Científica para preparar investigadores en todas las ramas de la ciencia, y de la Academia Nacional de la Investigación Científica, integrada por directores de los institutos y la Escuela de Investigación Científica, para coordinar las labores de investigación.

En 1938 se estableció el Instituto de Ciencias Físicas y Matemáticas, cuyo primer director fue Alfredo Baños. Más tarde se promovió la creación de la Facultad de Filosofía y Letras y la Facultad de Ciencias. El Consejo Universitario aprobó el proyecto en diciembre de 1938 y la Facultad de Ciencias inició sus actividades con los Departamentos de Biología, Física y Matemáticas con Monges López como director. En 1939 el Instituto de Ciencias Físicas y Matemáticas se convirtió en Instituto de Física, continuando con Baños como director. En 1941 se fundó el Observatorio Astrofísico Nacional de la Secretaría de Educación Pública en Tonanzintla, Puebla por acuerdo del presidente de la República, Manuel Ávila Camacho. Luis Enrique Erro fue su primer director y Carlos Graef Fernández fungió como subdirector. En 1942 se fundó el Instituto de Matemáticas. Alfonso Nápoles Gándara fue nombrado director. Los primeros investigadores fueron Alberto Barajas y Roberto Vázquez en Matemática pura, Francisco Zubieta en lógica matemática y Carlos Graef en matemática aplicada.

Las ciencias Físico-Matemáticas en la UNAM son herederas directas de una gran tradición histórica y en su desarrollo han tenido influencia (figuras como: Fernando Alba Andrade, Marcos Moshinsky, Carlos Graeff Fernández, Alberto Barajas, Guillermo Torres, Manuel Sandoval Vallarta y Marcos Mazari) quienes aprovecharon las condiciones de la ciencia mexicana en los años setenta. De hecho, en ese entonces ya existía una base estructurada que sirvió para la formación de nuevas generaciones de científicos; también se inicia la expansión de las ciencias Físico-Matemáticas manifestada en la creación de los Centros de Materiales, de Estudios Nucleares, de Investigación en Sistemas y Matemáticas Aplicadas, y de Instrumentos. Asimismo en el Instituto de Física duplican su capacidad y se inicia el desarrollo de nuevas áreas como la Física del Estado Sólido, Física de Materiales, Física Molecular, Aplicaciones de la Física Nuclear, y la consolidación de otras áreas tradicionales como la Física Teórica, Física Matemática y Física Nuclear; también se desarrollan programas centrados en la problemática ligada a las Ciencias Físico-Matemáticas como el programa Universitario de Energía.

José Yacamán (1991) realizó un estudio en las áreas de las ciencias físico-matemáticas, mostrando como la crisis económica en la década de los ochenta marcó el inicio de una revisión profunda de todas las acciones de investigación y a una eliminación por selección natural de los grupos de menor calidad académica, menciona que los grupos débiles y con poco futuro académico prácticamente desaparecieron o fueron absorbidos por grupos más fuertes. Simultáneamente a esto, el gasto se hizo más eficiente y los investigadores del área de Físico-Matemáticas aprendieron a obtener fondos externos que complementaran la investigación. Hacia la segunda mitad de la década de los ochenta el SNI se convirtió en parte fundamental del salario y provocó que el personal académico de la UNAM se juzgara por criterios exteriores.

---

El inicio de los noventa mostró un panorama interesante con características tales como: las ciencias físico matemáticas en la UNAM presentaron el grupo más fuerte que existió en el país en dicha área. Fue el promotor de muchos de los demás grupos que existieron en otras áreas de México y además, contó con el mayor potencial humano de cualquier institución en el país.

La comunidad de físico-matemáticos en la UNAM está caracterizada por sus diversos logros. Durante su existencia ha aportado a la Nación y al mundo importantes conocimientos; ha formado personal técnico, ha producido artículos de investigación, ha generado conocimiento original, ha informado a la sociedad sobre sus avances y ha impactado en el desarrollo tecnológico.

A continuación se muestra la información de las distintas dependencias de la UNAM responsables de la investigación en el campo de la Física pertenecientes al área de las ciencias Físico-Matemáticas. Se ofrece un panorama general de las aportaciones que en su conjunto han realizado estas dependencias durante la década de los noventa, en particular las aportaciones a la Física.

### *1.4.3. Dependencias de la UNAM generadoras de los recursos humanos, la investigación y la producción científica en el campo de la Física*

Las dependencias de la UNAM responsables de la investigación en el campo de la Física son:

Instituto de Astronomía (IA)

Instituto de Ciencias Nucleares (ICN)

Instituto de Física (IF)

Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM)

Centro de Ciencias Físicas (CCF)

Centro de Ciencias de la Materia Condensada (CCMC)

Centro de Instrumentos (CI), en 2002 cambio a Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET)

Centro de Investigación en Energía (CIE)

Facultad de Ciencias (FC).

En estas dependencias el personal académico incrementó en la década de los noventa un 27%; en 1990 se contaba con una plantilla de 447 académicos, para 1994 disminuyó a 445 y para 1999 incrementó a 592 académicos. Por nombramiento el incremento fue notorio para los investigadores que pasó de 222 a 367, no así para los Técnicos Académicos que de 214 (1990) descendió a 186 en 1994 y para 1999 nuevamente se elevó a 213 (Cuadro 1-13).

Cuadro 1-13. Personal Académico 1990, 1994 y 1999

Entidad Académica	Investigadores			Técnicos Académicos			Otros			Personal Académico		
	1990	1994	1999	1990	1994	1999	1990	1994	1999	1990	1994	1999
CCF	0	0	32	0	0	4	0	0	0	0	0	36
CCMC	0	0	20	0	0	7	0	0	0	0	0	27
CI	3	4	18	56	39	53	0	1(a)	0	59	44	71
CIE	0	0	31	0	0	12	0	0	0	0	0	43
IA	39	43	73	55	51	56	2(b)	1(a)	2(a)	96	95	131
ICN	25	30	46	9	7	10	0	2(a)	0	34	39	56
IF	107	119	105	54	60	52	8(b)	5(a)	10(a)	169	184	167
IIM	48	54	42	40	29	19	0	0	0	89	83	61
TOTAL	222	250	367	214	186	213	10(b)	9(a)	12(a)	447	445	592

Otros: (a) Incluye profesores visitantes y eméritos.

(b) Incluye investigadores y técnicos académicos a contrato y por honorarios

Fuente: Agenda estadística, 1991, 1995 y 2000. México: UNAM.

El personal académico responsable de producir el conocimiento en las distintas líneas de investigación de estas dependencias, publicaron en este mismo período 4,439 artículos en revistas de circulación internacional y de circulación nacional: 2,380 artículos en memorias, 718 artículos de divulgación entre otros (Cuadro 1-14).

Cuadro 1-14. Productos del trabajo académico 1990-1999

Entidad Académica	Artículos en Revistas Nacionales e Inter.	Artículos en Memorias	Capítulo de Libros	Libros	Artículos de Divulgación	Informes y Reportes Técnicos	Artículos en Periódicos	Material Audiovisual	Programas para Computadoras	Patentes	Total
CCF	121										121
CCMC	131										131
CI	166	83	29	13	12	136					439
CIE	188	167		2	15						372
FC	282	131	26	38	109	4	26	38	119		773
IA	758	309	66	40	191	76		2	1		1443
ICN	438	192		11	4	6			1		652
IF	1636	908	153	74	305	15	104			3	3198
IIM	719	590	29	13	82	52					1485
Total	4439	2380	303	191	718	289	130	40	121	3	8614

Fuente: Catálogo de Programas y Recursos Humanos en Física 1991-1996 y Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física 1997-2000.

Los Centros, Institutos y la Facultad de Ciencias realizan actividad docente. Tienen a su cargo la impartición de cátedras, así como la dirección de tesis en los niveles de licenciatura y de posgrado. En el período de 1990-1999 asesoraron 1,973 tesis: 1,323 de licenciatura y 650 de posgrado (Cuadro 1-15).

Cuadro 1-15 Formación de Recursos Humanos  
1990-1999

Entidad Académica	Licenciatura	Maestría	Doctorado	Total
CCF	---	---	---	--
CCMC		6	16	22
CI	91	25	4	120
CIE	26	8	5	39
FC	442	116	76	634
IA	100	21	32	153
ICN	33	14	8	55
IF	391	137	77	605
IIM	240	74	31	345
Total	1323	401	249	1973

Fuente: Catálogo de Programas y Recursos Humanos en Física 1991-1996  
Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos  
en Física 1997-2000.

La aportación de las dependencias de la UNAM ha sido significativa para el desarrollo de la Física mexicana y mundial. En la década de los noventa, la Física fue considerada como una de las disciplinas con aportaciones relevantes, esto se basa en las cifras mostradas en cuanto al producto del trabajo académico, así como el impacto (en citas) que éstos han obtenido (el área de la Física se obtuvieron aproximadamente 18,000 citas)<sup>10</sup>. Así como en la formación de los recursos humanos. Por otro lado, profesores e investigadores del Área de ciencias Físico-Matemáticas ha sido distinguidos con premios nacionales e internacionales en reconocimiento a su labor.

<sup>10</sup> *Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas; 1990-1999 (2000)*

---

## Literatura citada

- Alonso, M; Efinn, EJ. (1969). *Fundamental University Physics*. Massachussets: Addison-Wesley. 3 v.
- Agenda Estadística 1999 (2000). México: UNAM, 239p.
- Agenda Estadística 1994 (1995). México: UNAM, 173p.
- Agenda Estadística 1991 (1991). México: UNAM, 141p.
- Barrera, R; Pérez Angón, MA. (1987). *Prólogo. Catálogo 1987-88 de Programas y Recursos Humanos de Física*. México, Sociedad Mexicana de Física. 74 p
- Calles, AG. (2004). *Prólogo. Revista Mexicana de Física E* 50(1):i
- Catálogo 1995-96 de Programas y Recursos Humanos en Física México, Centroamérica y El Caribe*. (1995). México, Sociedad Mexicana de Física. 194 p.
- Catálogo 1994-95 de Programas y Recursos Humanos en Física*. (1994). México, Sociedad Mexicana de Física. 181 p.
- Catálogo 1993-94 de Programas y Recursos Humanos en Física*. (1993). México, Sociedad Mexicana de Física. 167 p.
- Catálogo 1992-93 de Programas y Recursos Humanos en Física*. (1992). México, Sociedad Mexicana de Física. 163 p.
- Catálogo 1991-92 de Programas y Recursos Humanos en Física*. (1991). México, Sociedad Mexicana de Física. 151p.
- Catálogo 1987-88 de Programas y Recursos Humanos de Física*. (1987). México, Sociedad Mexicana de Física. 74 p.
- Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física 1999-2000*. (2000). México, Sociedad Mexicana de Física: Federación Latinoamericana de Sociedades de Física. 311 p.
- Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física 1998-1999*. (1998). México, Sociedad Mexicana de Física: Federación Latinoamericana de Sociedades de Física. 361 p.
- Catálogo Latinoamericano 1997 de Programas y Recursos Humanos en Física*. (1996). México, Sociedad Mexicana de Física. 300 p.
- Contreras Nuño, G. (2000). Internet, la bomba y la Física del siglo XX. *Avance y perspectiva* 19:89-93.
- Cornejo Rodríguez, A; Cardona Núñez, O; Pedraza C., J. (1984). Un análisis sobre la investigación y la docencia de la Física en México. *Revista Mexicana de Física* 30(2):363-379.
- Cruz Manjarrez, H. (1996). *El desarrollo de la Física en México*. México, Anaya Editores. 64 p.
- Cruz Manjarrez, H. (1983). El desarrollo de la Física en México. *Los Universitarios-UNAM* 11(7):14-23.
- De la Fuente, JR. (1991). La investigación científica en la UNAM: una visión de conjunto. *Revista de la Universidad Nacional Autónoma de México* no. 480-481:7-10.

- 
- Enciclopedia de México. (1994a). México, Enciclopedia de México. v. 5 p. 2835-2845.
- Enciclopedia de México. (1994b). México, Enciclopedia de México. v. 7 p. 3819
- Enciclopedia Hispánica. (2000). México, Encyclopaedia Británica. v. 6 p. 276-282
- Hacyan, S. (1994). Una Revista Mexicana de Física. *Boletín de la Academia de la Investigación Científica* no.20:9-11.
- Hazen, WE; Pidd, RW. (1969). *Física*. Colombia, Norma. 654 p.
- Hirsch Ganievich, J. (2000). Física nuclear en México: símbolo y presencia. López de Haro, M. coord. *Foros: Diagnóstico de la Física en México*. México, Academia Mexicana de Ciencias. p.99-103
- Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas; 1990-1999*. (2000). México, SEP: CONACYT. 283 p.
- José Yacamán, M. (1991). Las ciencias físico-matemáticas en la UNAM. *Universidad de México* no.480-481:22-23
- Lara-Barragán Gómez, A. (1993). Una definición esencial de la Física. *Tiempos de Ciencia* no.31:50-53.
- Ley-Koo, E. (2001). Sesenta años de ciencias físico-matemáticas en la UNAM. Blanco, J. coord. *La UNAM, su estructura, sus aportes, su futuro*. México, FCE. p.259-300.
- López de Haro, M. (2000). *Foros: Diagnóstico de la Física en México*. México, Academia Mexicana de Ciencias. 189 p.
- Menchaca Rocha, A. (2003). Sección de Física. Peña, JA de la , ed. *Estado actual y prospectiva de la ciencia en México*. México, Academia Mexicana de Ciencias. p.108-118.
- Menchaca Rocha, A. (2001). El impulso de la Física. *Ciencia* 52(3):98-103.
- Menchaca Rocha, A. (2000a). La Física en México; los temas y las instituciones. *Las ciencias exactas en México*. México, CONACULTA: FCE. p.97-117.
- Menchaca Rocha, A. (2000b). *Las ciencias exactas en México*. México, CONACULTA: FCE. 261p.
- Montejano Carrizales, JM; Moran López, JI. ( 2001). La Revista Mexicana de Física: el bienio 1999-2000. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 15(1):9-14.
- Montejano Carrizales, JM; Moran López, JI. (1999). La Revista Mexicana de Física: el bienio 1997-1998. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 13(1): 23-27.
- Peimbert, M. (2001). La Universidad Nacional, el Estado y los rezagos educativos. *Universidad de México* no. 602-604: 89-92.
- Peña, L. de la (1979). La Física en México. *Nexos* no.12:27-30.
- Pérez Angón, MA. (2000). El Índice del CONACYT. *Avance y Perspectivas* no.19:253-254.
- Pérez Angón, MA. (1992). La Física mexicana en 1986-1991. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 6(3):100-109.

- 
- Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (2000). Retos y perspectivas de la Física en México. López de Haro, M. coord. *Foros: Diagnóstico de la Física en México*. México, Academia Mexicana de Ciencias. p.61-86.
- Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1998). La Física mexicana en perspectiva: 1986-1996. *Interciencia* 23(3):163-175.
- Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1996). Una visión de la Física mexicana. *Avance y Perspectivas* no.15: 203-210.
- Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1994a). Perspectivas de la Física mexicana. *Academia* no.21:14-24.
- Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1994b). Retos y perspectivas de la Física mexicana 1989-1993. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 8(3):119-130.
- Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1993). Situación de la Física mexicana en 1986-1992. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 7(3): 107-117.
- Programas de posgrado; Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías.* (2003). México, UNAM.DGEP. 112p.
- Programas de posgrado; Área de las Ciencias Biológicas y de la Salud.* (2003). México, UNAM,DGEP. 122p.
- Rodríguez, LF. (1985). Semblanza del Doctor Guillermo Haro Barraza. *Guillermo Haro Barraza imagen y obra escogida*. México, UNAM. p.13-15 (Colección México y la UNAM 84)
- Ramos Lara, M. de la Paz (1999). La Física en México: homenaje a José Antonio Alzate y Manuel Sandoval Vallarta. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 13(4):157-165.
- Reglamento de la Comisión de Publicaciones de la Sociedad Mexicana de Física (1959). *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 4(2):55-57.
- Serway, RA. (1997). *Física*. 4.ed. México, Interamericana McGraw-Hill. t.1
- Sociedad Mexicana de Física. (1994). Informe de actividades 1992-1994. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 8(4):198-199.
- Sociedad Mexicana de Física. Comité Editorial. (1999). *Prólogo. Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física 1999-2000*. México, SMF: FELASOFI. 311 p.
- El Subsistema de la Investigación Científica; 1999.* (1999). México, UNAM: Coordinación de la Investigación Científica. 165 p.

*LAS TÉCNICAS BIBLIOMÉTRICAS Y LOS  
GRUPOS DE INVESTIGACIÓN:  
CONCEPTOS BÁSICOS*

---

## II. LAS TÉCNICAS BIBLIOMÉTRICAS Y LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN: CONCEPTOS BÁSICOS

### 2.1. LA BIBLIOMETRÍA

Existen diversas definiciones del concepto Bibliometría que de una manera u otra se refieren a la cuantificación de la literatura científica. En la literatura especializada se menciona a Pritchard como el primer autor que utiliza el término Bibliometría, definiéndola como "la aplicación de las matemáticas y los métodos estadísticos para analizar el curso de la comunicación escrita y el curso de una disciplina." (Pritchard, 1969). Posteriormente se han dado distintas definiciones, entre éstas tenemos la de Garfield et.al. (1978) quien la explica como "la cuantificación de la información bibliográfica susceptible de ser analizada". Para Ferreiro Alaez (1993), la Bibliometría "es el método científico de la Ciencia de la Información o Ciencia de la Documentación y constituye la aproximación cuantitativa que permite el desarrollo de la teoría general de esta Ciencia y el estudio descriptivo e inferencial o inductivo de todas las formas de la comunicación escrita adoptadas por la literatura científica". Existen muchas definiciones de Bibliometría que de una manera u otra se refieren a la cuantificación de la literatura científica, pero no suelen asociarla tan estrechamente a la Documentación, considerándola método propio. (Cfr. López López, 1996)

Por otro lado es importante señalar que la frontera entre la Bibliometría, la Cienciometría y otras disciplinas relacionadas como la Informetría, no siempre están claras y han dado lugar a múltiples interpretaciones. Es habitual, en la literatura científica sobre este tema, que los autores utilicen indistintamente los términos Bibliometría y Cienciometría, sin establecer una clara distinción entre ellos. Entre algunos casos se usa el término *Bibliometría* como sinónimo de *Cienciometría*, de *Informetría* y de *Tecnometría* (Cfr. Rey Rocha, 1998). Existen varias contribuciones enfocadas al análisis de estos conceptos donde se establecen diferencias o semejanzas entre uno u otro, por ejemplo están los trabajos de Brookes (1990), López López (1996), Rey Rocha (1998) y Vanti (2000), por mencionar algunos de ellos.

Para los fines de la investigación, y con el propósito de no generar polémica con esta cuestión que bien podría ser tema central de una tesis, se considerará a la *Bibliometría* como una de las principales herramientas de la *Cienciometría*.

Los primeros estudios bibliométricos se remontan a principios del Siglo XX y consistían en recuentos manuales de publicaciones científicas. Con los patrones observados en los estudios se formularon las llamadas leyes bibliométricas. Según López López (1996) las tres principales son:

- a) *El crecimiento exponencial de la información científica*
- b) *Ley del envejecimiento u obsolescencia de la literatura científica*
- c) *Ley de la dispersión de la literatura científica*

a) *El crecimiento exponencial de la información científica*

Ya en 1844 Engels se refiere a la *Ley del desarrollo acelerado de la ciencia*, afirmando que ésta crece en progresión geométrica. Pero esta ley fue desarrollada concretamente hasta 1956 por J.S Price, que la convierte en la *Ley del crecimiento exponencial de la ciencia*. El ritmo de crecimiento de la información científica crece a un ritmo muy superior al de otros procesos o fenómenos sociales, como el crecimiento de la población. De acuerdo a Price el ritmo de crecimiento de la información científica es tal que cada 10-15 años se duplica la información existente.

b) *Ley del envejecimiento u obsolescencia de la literatura científica*

También esta ley se debe a Price, quien mostró que la literatura científica pierde actualidad cada vez más rápidamente. Estudiando por años la distribución de las referencias bibliográficas en distintas especialidades, observó que, mientras que el número de publicaciones se multiplica por dos cada 13,5 años, el número de citas que reciben tales publicaciones se divide por dos cada trece años, aproximadamente.

c) *Ley de la dispersión de la literatura científica*

Ley formulada por Samuel C. Bradford en 1934 pero no recibió atención hasta que la publicó como un capítulo de su libro "*Documentation*" en 1948. Ésta estudia la distribución de la literatura científica. Observando la literatura referenciada Bradford confirmó que consultando literatura especializada sobre un tema determinado, este tema (sea cual sea) será publicado en gran parte en un pequeño número de revistas (núcleo). A partir de esta zona nuclear de revistas, si queremos recuperar el mismo número de artículos hará falta un número muy superior de revistas (zona o área de Bradford  $1^2$ ) y así sucesivamente. A partir de aquí, Bradford formula la siguiente ley: si se disponen las revistas científicas de acuerdo con la producción decreciente de artículos sobre un tema dado, aquellas pueden dividirse en un núcleo de publicaciones más especialmente dedicada al tema y en varios grupos o zonas, que contienen cada una de ellas el mismo número de artículos que el núcleo, en tanto que las cantidades de revistas de éste y de las zonas sucesivas presenta la relación  $1:n:n^2$ . (Cfr. López López, 1996).

En 1960, el matemático inglés M.G. Kendall demostró que la dispersión del tipo Bradford es en realidad un caso particular de una distribución denominada *ley de Zipf*. Esta ley fue originalmente enunciada por J. B. Estroup en 1916 en el libro de George K, *Gammes stenographiques*, pero fue popularizada por Zipf en 1949 en su libro *Human Behavior and the principle of least effort*. "Mijailov, Chernii y Guiliarevskii la explican así: la ley "expresa cierta propiedad universal, inherente a todas las lenguas naturales del mundo, conforme a la cual la parte más importante de cualquier texto—independientemente del idioma en que esté impreso— está formada por unas pocas palabras de uso frecuente. En el resto aparecen decenas de miles de palabras que se utilizan raras veces". (Cfr. López López, 1996:34). Según estos autores, la ley de Zipf es aplicable no sólo a palabras aisladas, sino también a segmentos más largos, como frases, artículos o revistas. En este sentido, la Ley de Bradford sería un caso particular de la ley de Zipf.

Por su parte Alfred J. Lotka analizó la productividad de los autores y formuló la *ley cuadrática inversa de productividad de los autores*. La ley establece que partiendo del número de autores con un solo trabajo en un tema determinado, es posible predecir el número de autores con " $n$ " trabajos. Con la siguiente formula:  $A_n = A_1 / n^2$  Donde  $A_n$  es el número de autores con " $n$ " firmas,  $A_1$  el número de autores con 1 firma, y  $n^2$  el número de firmas al cuadrado.

---

Price también hace su aportación a esta ley estableciendo que para un periodo determinado en un campo científico concreto, el número de autores prolíficos es aproximadamente la raíz cuadrada del total de autores en dicho campo. (Cfr. López López, 1996:37).

Es así como a partir de los años sesenta, aparece la denominada "ciencia de la ciencia" que nace con la confluencia de la documentación científica, la sociología de la ciencia y la historia social de la ciencia con el objeto de estudiar la actividad científica como fenómeno social, mediante indicadores y leyes matemáticas. Esta área dará origen a lo que hoy día se conoce como "estudios sociales de la ciencia", campo de carácter interdisciplinario que se nutre de los recursos técnicos y conceptuales de distintas disciplinas, entre las cuales se encuentra la Bibliometría.

Bajo la denominación de "estudios sociales de la ciencia" realizan actualmente su actividad investigadora profesionales de muy diversa formación, algunos de los cuales aplican las técnicas bibliométricas en sus respectivas áreas de actividad. En años recientes la Bibliometría ha experimentado un gran auge y desarrollo facilitado por los avances técnicos y sus variadas áreas de aplicación.

### *2.1.1. Los indicadores bibliométricos*

Sancho (1990) define a los *indicadores* como "los parámetros que se utilizan en el proceso evaluativo de cualquier actividad". Los *indicadores bibliométricos* se emplean para analizar el tamaño, crecimiento y distribución de la bibliografía científica (libros, revistas, patentes, etc.) a fin de mejorar las actividades de información, documentación y comunicación científica. Son también necesarios para analizar los procesos de generación, propagación y uso de la literatura científica y llegar a conocer los mecanismos de la investigación.

La misma Sancho (1990) menciona que a través de los indicadores se puede conocer entre otros aspectos:

- El crecimiento de cualquier campo de la ciencia según la variación cronológica del número de trabajos publicados en él.
- El envejecimiento de los campos científicos según la vida media de las referencias de sus publicaciones.
- La evolución cronológica de la producción científica según el año de publicación de los documentos.
- La productividad de los autores o instituciones medida por el número de sus trabajos.
- La colaboración entre los científicos o instituciones medida por el número de autores por trabajo o centros de investigación que colaboran.
- El impacto o visibilidad de las publicaciones dentro de la comunidad científica internacional medido por el número de citas que reciben éstas por parte de trabajos posteriores.
- El análisis y evaluación de las fuentes difusoras de los trabajos por medio de indicadores de impacto de las fuentes
- La dispersión de las publicaciones científicas entre las diversas fuentes.

Según Rey Rocha (1998) los indicadores bibliométricos constituyen un método objetivo, económico y relativamente sencillo de obtener información cuantitativa acerca de los procesos de Investigación y Desarrollo (I+D). La información que proporcionan puede ser de cuatro tipos:

- 
1. Cantidad de conocimiento producido, siempre y cuando esté publicado
  2. Temática y carácter del conocimiento producido: por ejemplo, si la investigación es de carácter básico o aplicado, o si se producen fundamentalmente teorías metodológicas o resultados experimentales.
  3. Impacto de la investigación, indicando por el número de citas recibidas por los trabajos.
  4. Relaciones de los investigadores con otros investigadores o equipos de investigación.

No obstante la utilidad y aplicaciones diversas, los indicadores bibliométricos tienen algunas *Condicionantes y limitaciones*.

La obtención y utilización de indicadores bibliométricos se fundamenta en la asunción previa de una serie de *condicionantes* que hacen referencia fundamental a 1) cuándo y 2) cómo deben utilizarse dichos indicadores.

1. Su uso es adecuado únicamente en aquellos casos en que los científicos evaluados publican habitualmente los resultados de sus trabajos y consideran las publicaciones como el medio fundamental de difusión de dichos resultados.
2. Los indicadores bibliométricos no proporcionan por sí solos toda la información necesaria para realizar una evaluación adecuada. Generalmente, deben utilizarse en combinación con otro tipo de información, fundamentalmente con la opinión de expertos o de los propios científicos evaluados, así como con otros métodos como evaluaciones institucionales o auditorías estratégicas que tienen en cuenta el contexto y la realidad del trabajo en los laboratorios y centros de investigación

En la misma investigación de Rey Rocha (1998), menciona algunas de las *limitaciones* a la utilización de los indicadores, tenemos:

1. La producción científica recogida en las publicaciones y utilizadas habitualmente para la obtención de indicadores bibliométricos no representa en absoluto la totalidad del conocimiento científico producido. Por otro lado, la cantidad de conocimiento contenido en cada documento no es equivalente.
2. Los indicadores bibliométricos basados en el recuento de publicaciones no proporcionan ninguna indicación de la calidad de las mismas.
3. Las pautas de publicación varían con el tiempo en función de condicionantes políticos, sociales y económicos. La presión por publicar puede favorecer la fragmentación de los trabajos en unidades menores y la publicación de un mismo trabajo, con ligeras modificaciones en revistas distintas.
4. Los indicadores se ven afectados por defectos de forma de las bases de datos bibliográficas utilizadas para obtenerlos.

Tradicionalmente, la información sobre la situación de la ciencia ha sido siempre proporcionada por los grupos científicos. Existe un procedimiento de autoevaluación dentro de la ciencia por el que la calidad del trabajo de los investigadores es evaluada por el resto de la comunidad científica. Dentro de cada área los expertos revisan la calidad de los manuscritos enviados a las revistas científicas para su publicación a través de un proceso conocido como "evaluación por pares"<sup>1</sup>. También se forman paneles de expertos que evalúan las solicitudes de ayuda a la investigación de los grupos y la carrera profesional de los investigadores de cara a gratificaciones, promociones y obtención de premios.

El juicio de expertos ha demostrado ser hasta la fecha el método más apropiado para valorar el grado de desarrollo de un determinado campo de investigación y la calidad de las aportaciones concretas al área de los distintos científicos o grupos. No obstante, el sistema presenta algunas limitaciones entre las que se

---

<sup>1</sup> Conocida en el idioma inglés como "peer review".

---

puede citar su carácter subjetivo – método muy sensible a la influencia de factores personales, su elevado costo y su aplicación limitada a pequeñas unidades. Pero además las necesidades de la política científica van más allá de las opiniones de los expertos. Los gestores demandan evaluaciones globales de la actividad científica en todas las áreas y de la forma más estructurada posible. En este contexto se explica el éxito de los indicadores bibliométricos aplicados a la evaluación científica ya que se presentan como indicadores objetivos de "salida"<sup>2</sup> que no pueden reemplazar al juicio de expertos pero que lo complementan con éxito.

## *2.2. LAS BASES DE DATOS COMO FUENTES DE INFORMACIÓN*

Las bases de datos bibliográficas son la principal fuente de información que se utiliza en los estudios bibliométricos. En la actualidad existen bases de datos especializadas en todas las áreas científicas lo que permite analizar cualquier área a través de estas fuentes. Sin embargo, la validez de un estudio dependerá en gran medida de una selección adecuada de la base de datos especializada en el área objeto de estudio. Las bases de datos difieren en cobertura temática, criterios de selección de revistas y/o documentos, sesgos geográficos y lingüísticos; todas estas características deben estudiarse de forma previa a la realización de un estudio.

### *2.2.1. Características de las Bases de datos especializadas y Science Citation Index (SCI)*

La recopilación de la información para la realización de los estudios bibliométricos puede realizarse a través de distintas bases de datos. En el campo de la Física existen diversas opciones tales como: INSPEC, SPIN, SCI, SLAC-SPIRES-HEP, PERIÓDICA, entre otras. Cada una de ellas presenta características diversas. Respecto a la cobertura, la base de datos del SCI tiene la mayor con 67 años, le sigue INSPEC con 43 años, a SPIN le corresponde la menor cobertura con 17 años. Respecto al área temática tanto la base de SCI como PERIÓDICA son de carácter multidisciplinario, especializadas en las ciencias naturales y tecnología. Cabe señalar que PERIÓDICA es una base de datos de carácter regional que incluye exclusivamente las revistas de América Latina con mayor representatividad de las revistas mexicanas; por otro lado, la base del SCI presenta las publicaciones en inglés, principalmente las editadas en los Estados Unidos y países europeos representando así las fuentes de corriente principal. La base de SPIRES-HEP se especializa en la Física de altas energías y la base de SPIN sólo presenta la información producida por la American Institute of Physics y sus socios (Cuadro 2-1)

---

<sup>2</sup> Conocida en el idioma inglés como "output"

Cuadro 2-1. Principales características de las Bases de Datos que incluyen a la Física

Bases de datos	Cobertura	Área Temática	Registros	Tipo de Documentos
INSPEC Producida por Institution of Electrical Engineers (IEE). País: EUA	1969-	Ingeniería eléctrica, Física, electrónica, comunicaciones, control en ingeniería, computación.	(La base no indica no de registros) (consulta: 2003)	Artículos de Revistas, proceedings, reportes técnicos, tesis y libros.
PERIÓDICA Producida por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). País: México	1978-	Multidisciplinaria, especializada en todas las áreas de las ciencias naturales y la tecnología. Cubre únicamente información publicada en América Latina.	200,000 registros bibliográficos (consulta: agosto 2003)	Artículos de revistas, artículos de revisión, informes técnicos, estudios de caso, comunicaciones cortas y otros documentos de revistas de América Latina y el Caribe.
SCI Producida por el Institute for Scientific Information (ISI). País: EUA	1945-	Multidisciplinaria, especializada en áreas de ciencia y tecnología	17 millones de registros (aprox.) (consulta: agosto 2003)	Artículos de revistas, reseñas de libros, cartas al editor, discusiones, notas, reseñas, comunicaciones y comentarios.
SPIN Producida por The American Institute of Physics (AIP) País: EUA	1985-	Física, Astronomía, Ciencias materiales y disciplinas relacionadas	Se incluyen 45,000 nuevos registros al año (aprox.) (consulta: agosto 2003)	Abstracts, reseñas de libros, cartas al editor, comentarios, trabajos en congresos, cartas, notas y comunicaciones, Artículos de revistas, patentes, revisión de Notas técnicas. Cubre 80 títulos incluyendo todas las revistas y proceedings publicados por AIP, sociedades miembros, así como de otras revistas seleccionadas rusas y estadounidenses
SLAC-SPIRES HEP Indizada por las Bibliotecas de Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) y Deutsches Elektronen Synchrotron (DESY) Países: EAU/Alemania	1974-	Física de Altas Energías y artículos relacionados	500,000 registros (consulta: agosto 2003)	Artículos de revistas, preprints, e-print, reportes técnicos, trabajos en congresos y tesis.

Otras de las características que deben analizarse es la diversidad de documentos que incluyen (artículos de revistas, reseñas de libros, cartas, discusiones, etc.) así como sus campos (título de la revista, autor, título, tema, etc.). Estos últimos significan las posibilidades de realizar las búsquedas y recuperar la información (Cuadro 2-2).

Cuadro 2-2. Campos incluidos en las bases de datos

INSPEC	PERIÓDICA	SCI*
<p>an Accession Number  ao Astronomical Object  an Author  ca Corporate Author</p> <p>ab Abstract  ax Abstract Number  cc Classification Codes  cd CODEN  cf Conference Information  ch Chemicals  cn Contract Number  cp Country of Publication  cw Classification Code Words  dn Document Number  hw Heading Words  ib Standard Book Number  id Key Phrase Identifiers  in Institution  ip Issue/Part  is ISSN  jn Journal Name  jw Journal Word  lg Language  nd Numeric Data  pb Publisher Information  pg Pages  pi Patent Information  pj Trans Source Jour Name  pt Publication Type  pu Publication  rn Report Number  sh Subject Headings  si Ser Item Contrib. Ident  so Source  ti Title  tr Treatment  up Update Code  ur URL  vo Volume  yr Year of Publication</p>	<p>Revista: título de la revista.</p> <p>Autor: autores del documento.</p> <p>Tema. clasificación temática</p> <p>Título: título del artículo</p> <p>Institución. institución de los autores.</p> <p>Palabra clave: término que describe al documento.</p> <p>Keyword: término en inglés, que describe al documento</p> <p>Año: año de publicación de la revista.</p>	<p>Article title  Author names  Source title  Volume  Issue  Page range  Publication date  Publisher's World Wide Web address  Document Type  Language  Cited References (list of documents that these authors cited)  Times Cited (list of documents that have cited this article)  Abstract  Author Keywords (provided by the article's author)  Keywords  KeyWords Plus (additional keyword list)  Addresses (of authors)Reprnt address  Publisher and publisher's address  IDS Number (ISI document delivery number –ISI Document Solution)  ISSN (International Standard Serial Number)</p>
<p>SPIN</p> <p>AA Author Affiliation  AB Abstract  AU Author  CA Corporate Author  CC DOE Category Code  CD Journal Coden  CI Conference Information  CN DOE Contract Number  CY Country of origin  DK Document Type  DT Publication Date  IP Issue Field  IS ISSN  JN Journal Name  KW Keyword  PP PACS Class Number  PY PACS Year  RJ Russian Journal  SO Source  SU Subject  TI Title  TY Article Type  UI Document ID  VO Volume  YR Year of Publication</p>	<p>SLAC-SPIRES-HEP</p> <p>Title  Citation  Report  Number  Affiliation  Collaboration  Keywords/topics/subject  Country  Eprint  Number  Topcite  Journal  Published  Date  Author  Errata  Experiment</p>	<p>* Campos contenidos en el Web of Science. Estos pueden variar dependiendo de la base de datos seleccionada (Science Citation Index "SCI", Social Sciences Citation Index "SSCI" o Arts &amp; Humanities Citation Index "A&amp;HCI")</p>

---

Como se puede observar cada una de las bases de datos anotadas presentan características diversas, por ello es importante realizar un análisis previo a la selección de la base de datos para utilizar en un estudio bibliométrico. En términos generales incluyen y presentan la información en formas diversas y por tanto no podrían ser comparativas sino más bien complementarias.

En un estudio realizado por Russell (1998) menciona a la base de datos Science Citation Index (SCI) como "la base de datos bibliográfica más utilizada para medir la producción científica tanto para los países industrializados como para los países en desarrollo". Entre los factores que han distinguido a esta base de datos de otras es la anotación de todos los nombres de los autores que firman el documento, así como las instituciones de cada uno de éstos, además recoge las citas de los artículos fuente. Lo anterior ha permitido realizar diversos estudios bibliométricos. Sin embargo, se debe considerar que la literatura científica de algunos países, principalmente de aquellos no pertenecientes al ámbito anglosajón, está reflejada sólo parcialmente en esta base de datos. Existen revistas científicas de calidad y valor científico de estos países que no están recogidas en la base de datos. No obstante en disciplinas de las ciencias básicas como es la Física, investigadores de cualquier país buscan la publicación de resultados a través de las revistas de corriente principal puesto que la audiencia idónea para sus hallazgos son las comunidades internacionales de científicos. En cualquier caso y a pesar de todos los condicionantes y sesgos del SCI, la han convertido en el estándar internacional para la evaluación de la actividad y la producción científica.

En este sentido y aunque su número está aumentando en los últimos años, aún no son abundantes los estudios que exploren las posibilidades de otras fuentes de información distintas del SCI.

Una vez establecido el significado de Bibliometría, sus indicadores, condicionantes y limitaciones así como las bases de datos especializadas en el área de la Física, a continuación se ofrecen los conceptos que complementan la investigación.

### *2.3. LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN*

El descubrimiento científico en todas sus modalidades es, sin lugar a dudas, uno de los rasgos más distintivos de nuestro tiempo. En pocas décadas, el conocimiento acumulado durante siglos ha sido sustancialmente transformado. Si bien es cierto que un descubrimiento permite el surgimiento de otro también es cierto que los retos con los que se enfrentan los investigadores para lograr avances significativos dentro de sus áreas de especialización son cada vez mayores y están revestidos de una complejidad que para su simplificación, reclama una inversión creciente en recursos materiales y sobre todo el surgimiento de alternativas multidisciplinarias.

Pérez de la Mora (2001) señala que ante los retos actuales "los esfuerzos de un solo hombre- metido en su laboratorio o en su cubículo-, por brillante que éste sea, contribuyen en poco al entendimiento o a la resolución de problemas globales". El mismo autor considera que para la solución de este tipo de problemas, o al menos para lograr un avance importante en su entendimiento, se requiere una efectiva colaboración entre numerosos especialistas, cada uno de ellos con formación científica y habilidades técnicas diferentes. A través de la comunicación entre los miembros del grupo se genera una atmósfera académica que propicia el surgimiento de ideas que pueden llegar a materializarse. Si es interesante la integración de tales grupos dentro de una misma institución o dependencia, más interesante y productivo resultaría si en ellos participaran investigadores de otras dependencias y aun grupos del extranjero.

---

Para Cerejido (1996) hoy más que nunca la investigación científica exige un trabajo en equipo debido a:

1. la naturaleza intrínsecamente compleja de la realidad;
2. la necesidad de compartir información, aparatos costosos, habilidades técnicas, discutir y explorar las distintas vertientes que se van abriendo.

Los patrones de desarrollo de la ciencia en México corresponden a los seguidos en otros países en donde ha prevalecido la configuración de grupos interinstitucionales de especialistas, dando lugar a comunidades científicas con culturas extrainstitucionales. En los países industrializados, la fuerza de estas agrupaciones, formales (entre las que están las asociaciones científicas y profesionales) o informales (los colegios invisibles<sup>3</sup>) es antigua y hace que las propias instituciones (universidades, centros de investigación, etc.) sometan sus criterios de contratación permanente a la evaluación que ellas hacen del potencial y la productividad de los candidatos.

En nuestro país, al igual que en el resto de Latinoamérica, la fuerza relativa de las instituciones en la que los investigadores laboran es mayor. Las universidades son las que determinan mayormente el horizonte profesional de un académico y hacen que la importancia relativa de los grupos y de los marcos intrainstitucionales crezca. Ellos determinan fuertemente las trayectorias formativas de los investigadores, de ahí que sea importante comprender los procesos de desarrollo de esos grupos y los contextos organizacionales donde ocurren. Esta comprensión debe ser la base de políticas que busquen incrementar su efectividad.

Por lo anterior, es importante identificar el funcionamiento real de los grupos de investigación en el contexto de las organizaciones que los cobijan, la estructura formal de la organización y la disposición de los espacios físicos de trabajo, que determinarán los patrones de comunicación, de los grupos y facilitarán o perjudicarán la efectividad del trabajo en conjunto y la armonía en las relaciones personales. Estos procesos estarán determinados, en gran medida, por el número y naturaleza de los vínculos que la organización establezca con otras en su ambiente (Cfr. Arechavala Vargas, 1987).

A continuación se incluyen algunas definiciones básicas en la presente investigación.

### *2.3.1. Definiciones*

Para Bordons y colaboradores (1995) el término *grupo* es difícil definir, pues no siempre corresponde con la estructura formal de los departamentos, unidades o centros y debido a los problemas técnicos derivados de la aplicación de métodos estadísticos a pequeñas unidades. Sin embargo, el incremento de la especialización y complejidad de la investigación científica ha incrementado el papel del trabajo en equipo en las ciencias, en tal forma que los *grupos de investigación*, pueden ser considerados como "la mínima unidad de análisis de la red de investigación".

---

<sup>3</sup> Price (1971) define a los colegios invisibles como "grupos que trabajan en un campo científico parecido y que se comunican mutuamente por algún medio informal distinto de las revistas comerciales".

---

Van Raan (1989) señala que no hay una definición clara de un *grupo de investigación*, sin embargo indica que son en muchos campos de la ciencia "la unidad de acción más importante" el tamaño puede variar (de uno a 10 investigadores por mencionar algo). Un grupo frecuentemente representa una especialidad particular o nicho en los campos científicos.

En 1999 Bordons y Zulueta definen al *grupo de investigación* como "un colectivo de científicos que colaboran en el planeamiento y desarrollo de una investigación compartiendo recursos materiales y económicos". La creciente especialización y complejidad de la investigación científica ha incrementado el papel de la colaboración entre autores y ha favorecido la creación de grupos de investigación, en los que se desarrolla el trabajo de forma colectiva para obtener resultados de forma más eficaz.

En tanto que el acceso a la investigación es esencial, la formación de grupos de investigación se desprende de la influencia de diversas fuerzas. La distancia física y la complejidad técnica (uso de equipo) requieren de la división de trabajo. La organización de un grupo permite que la investigación se realice en forma simultánea por diversos científicos en diferentes lugares, además de aportar conocimiento y habilidades que contribuyen al desarrollo de la investigación.

Mientras que los *grupos* han pasado a considerarse la mínima unidad del sistema investigador y pieza clave en el desarrollo de la investigación en gran parte de las disciplinas científicas y tecnológicas, el trabajo individual prevalece en muchas áreas de las ciencias sociales y en las humanidades.

### 2.3.2. Conformación y estructura de los grupos

El trabajo realizado por Etzkowitz (1992) permite conocer la conformación y estructura de algunos de los grupos típicos en los Estados Unidos; si bien es cierto que el trabajo se enfoca a un país, ofrece un panorama claro de los grupos que realizan la *Gran Ciencia* así como los que hacen la *Pequeña Ciencia*<sup>4</sup>.

Existen laboratorios afiliados a las universidades responsables del entrenamiento de estudiantes donde habitualmente se realiza la investigación en grandes y pequeños equipos de investigación. Éste es el caso frecuente en el que a través de los departamentos científicos de las universidades, donde los maestros, estudiantes y profesionistas conducen sus investigaciones en grupos que realizan *Pequeña Ciencia* y *Gran Ciencia*. La mayor diferencia entre uno y otro grupo son las estrategias y estructuras. Los grupos que realizan la *Gran Ciencia* suele utilizar tecnología a gran escala y generalmente se realiza en los grandes laboratorios donde es posible tener miembros permanentes dándoles las ventajas de la estabilidad y la acumulación de experiencia con un grupo de calidad. La colaboración tradicional de la *Pequeña Ciencia* tiende a estar asociada con la investigación teórica y el trabajo colectivo. Mientras que la realizada en la *Gran Ciencia* se asocia con la investigación experimental.

---

<sup>4</sup> La expresión *Gran Ciencia* conocida como *Big Science* esta relacionada con la *ley del crecimiento exponencial de la ciencia*, empleada por Price en su obra *Little Science, Big Science* (1963). Aunque sin una definición concreta Price parte de dividir la historia de la ciencia en dos grandes periodos: la *Pequeña Ciencia*, "Little Science" y la *Gran Ciencia* "*Big Science*," pero sus análisis estadísticos no aportan información para distinguir la diferencia. Sin embargo, cronológicamente relaciona la *Gran Ciencia* con los cambios cataclísmicos asociados a la segunda guerra mundial. (Cfr López López, 1996)

---

Cada modelo tiene ventajas y desventajas. En la Gran Ciencia la investigación se realiza a través de grandes grupos, éstos obtienen ciertas facilidades tales como financiamiento y el acceso a equipo. Para obtenerlo se requiere la aplicación formal y la presentación de la propuesta que es evaluada. No solo el financiamiento de la investigación sino también el acceso a los laboratorios así como al equipo de trabajo son sujeto de revisión y regulación. En contraste, el grupo pequeño de investigación tiene su propio laboratorio así como las herramientas de investigación bajo su control. El acceso a estas herramientas durante 24 horas al día es una gran ventaja para la pequeña ciencia, porque ésta les permite modificaciones rápidas entre una colección de datos y un análisis, en contraste con los grandes grupos, donde existen continuaciones ordinarias en etapas separadas y quizás una espera por meses antes de un regreso a donde la investigación es posible. La constante disponibilidad de las herramientas de investigación es vista como una recompensa parcial de la incapacidad de adquirir lo último del equipo más sofisticado. Uno de los grandes grupos de investigación que apareció primero fue el de física de altas energías, donde fue requerido un caro y complicado equipo para conducir la investigación.

Algunas empresas se conducen como pequeños grupos de investigación con sus propios doctores y otros grados académicos de diversas universidades y son capaces de ampliar su desarrollo y financiamiento. Como ejemplo se cita a la "Mining and Manufacturing Corporation" quienes introdujeron características de la Pequeña Ciencia en sus laboratorios de investigación a través de programas encaminados a la formación de grupos semi-independientes. Otra empresa es la International Business Machines "IBM" quien emprendió junto con otras empresas el desarrollo de grupos investigación independientes, estableciendo una nueva investigación.

Por su parte, en las universidades existe un proceso continuo de nuevo soporte a la investigación, formándose algunos grupos, mientras otros se disuelven. El objetivo de los científicos más jóvenes, es establecerse como investigadores independientes, con sus propios grupos. Después de haber prestado un servicio, la mayoría quiere obtener recursos para la investigación que se haga en sus propios grupos.

La formación de los grupos de investigación se desprende de la influencia de diversas fuerzas. Por un lado se tiene la escala física, es decir el número de miembros del grupo, y por otro lado a la complejidad técnica que requiere de la división de trabajo. La organización de un grupo permite que un programa de investigación sea compactado en el tiempo a través del trabajo simultáneo de diversos científicos (de la misma o distintas disciplinas) y que no necesariamente se encuentren en el mismo lugar pero todos trabajando hacia un mismo objetivo. Las personas de diferentes disciplinas y subdisciplinas aportan sus conocimientos y habilidades para lidiar con un problema de investigación.

Un grupo de investigación académica puede estar integrado según Etzkowitz (1992) en un rango medio de cuatro miembros en el límite más bajo y de seis a siete en el límite más alto dependiendo del campo de investigación y de las habilidades en el control del grupo que el investigador tenga, lo anterior determina el número ideal de participantes. Otros factores que también determinan el tamaño del grupo son los recursos requeridos, así como cuando otras oportunidades se presentan a beneficio del desarrollo del proyecto o investigación. Además, se tiene la sucesión de la generación de los estudiantes, contribuyendo al desarrollo

---

de tesis en sus distintos niveles académicos: licenciatura, maestría, doctoral, así como los investigadores posdoctoral. Éstos frecuentemente se encuentran en grupos pequeños de investigación y son quienes dan seguimiento a las ideas tomadas por sus maestros que pueden convertirse en futuras investigaciones para el grupo y puede que hayan empezado al mismo tiempo su propia línea de investigación. En comparación con el alumno graduado, estarán en el grupo por cuatro o cinco años, el investigador posdoctoral originalmente permanecerá por dos años.

Los nuevos miembros en el grupo son entrenados antes de que puedan ser útiles, pero la influencia de éstos trae consigo nuevas ideas al grupo. Por otro lado, la partida de algún miembro constituye la transferencia de conocimiento al sitio próximo donde irán, ya sea con otro grupo académico, industrial o universitario. Estos proveen ambos puntos de partida de un modelo organizacional para las primeras etapas de desarrollo en las empresas que utilizan alta tecnología. Algunas de ellas empiezan sus funciones a través de laboratorios académicos antes de establecerse como entidades independientes.

### *2.3.3. Los grupos en México*

Para el caso concreto de nuestro país se puede decir que son escasos los trabajos que han permitido conocer los patrones bajo los cuales se han desarrollado algunos grupos de investigación. Entre los identificados: Liberman y Wolf (1990) ofrecen un análisis sociológico de la ciencia enfocado a la organización social de los productores del conocimiento científico y el efecto de la estructura social sobre su trabajo cotidiano a través del cual conduce a diferenciar las peculiaridades de los campos de investigación y de las instituciones y sobre todo detectar patrones regulares de interacción. El análisis en su conjunto permite identificar grupos específicos de científicos en los distintos campos y evaluar la posibilidad de crecimiento.

Fortes y Lomnitz (1985,1991) y Lomnitz (1994) presentan un enfoque antropológico de grupos de investigación en instituciones académicas mexicanas donde se indica que en México, al igual que en la mayoría de los países, han surgido y se han desarrollado principalmente en el seno de las universidades. Señala a la UNAM como la institución que "ha logrado formar pequeños núcleos de investigadores científicos de alto nivel". Aunque no todos los investigadores de la UNAM han pasado por el mismo proceso.

En otro trabajo consultado, Arechavala Vargas (1996) identifica a algunos grupos de investigación de la Universidad de Guadalajara que por sus edades, etapas y grados de consolidación y productividad son clasificados en cohesivos, incidentales e incipientes. (Cuadro 2-3)

Cuadro. 2-3. Los grupos en la Universidad de Guadalajara y sus características

<i>Cohesivos</i>	<i>Incidentales</i>	<i>Incipientes</i>
<p><i>Líder del grupo.</i> Surgen por la actividad de un promotor inicial y forma a los miembros del grupo.</p> <p><i>Objetivos comunes en el trabajo</i> son definidos implícita o explícitamente.</p> <p><i>Expectativas y papeles.</i> Los miembros normalmente asumen tareas diferenciadas</p> <p><i>Valores y normas</i> El grupo desarrolla normas y valores que guían la actividad y las decisiones cotidianas, sea a nivel individual o colectivo.</p> <p><i>Referentes externos comunes.</i> Son las relaciones comunes de trabajo de los miembros con investigadores en otras instituciones.</p>	<p><i>Proceso de integración.</i> Normalmente se integran a partir de la incorporación de miembros formados en distintas instituciones, en disciplinas relacionadas y en universidades del extranjero.</p> <p><i>Colaboración eventual.</i> La colaboración no es permanente ni obedece a objetivos comunes de mediano plazo. La colaboración solamente se extiende a las actividades propias del proyecto y sólo se conserva en tanto éste perdura o tienen financiamiento externo.</p> <p><i>Referentes externos diversos.</i> Cada uno de los investigadores en estos grupos definen su identidad profesional en un "colegio invisible" distinto, de acuerdo a su especialidad y formación.</p> <p><i>Complementariedad, colaboración y competencia.</i> La colaboración entre los miembros de estos grupos se presenta en la medida en la que las especialidades resultan relevantes para proyectos que favorecen la consecución de fondos, la adquisición de infraestructura o la solución de problemas interdisciplinarios. Sin embargo estas interacciones no están exentas de un componente de competencia.</p> <p><i>Infraestructura común.</i> Fruto de esa colaboración, en los casos más exitosos se observa el interés por fortalecer tanto la postura institucional como la producción y publicación de los miembros en lo individual.</p>	<p>Conjunto de investigadores que presentan rasgos comunes e incluso tienden a referirse a una situación compartida en cuanto a su relación con otros actores de la institución.</p> <p><i>Postura dependiente en cuanto al financiamiento.</i> Los investigadores asumen que es responsabilidad de la institución aportar los recursos para la investigación.</p> <p><i>Formación exclusiva dentro de la institución.</i> Con frecuencia se han realizado la licenciatura y el posgrado en la propia institución lo que limita las relaciones interpersonales, adquirir identidad como investigador y tener acceso a fondos interinstitucionales de investigación.</p> <p><i>Ausencia de investigadores productivos que actúen como modelos profesionales.</i> De ahí que los investigadores inmersos en esta circunstancia tengan pocos elementos para desarrollar un repertorio distinto de conductas productivas</p> <p><i>Trabas burocráticas e incumplimiento de condiciones de contratación, así como ausencia de infraestructura mínima para iniciar una etapa productiva.</i></p>

Fuente Arechavala Vargas, R (1996). El proceso de desarrollo de grupos de investigación. *Revista de la Educación Superior*, 25(98):103-129.

Por lo anterior y de acuerdo a Lomnitz (1994) el proceso de integración del grupo analizado en la UNAM tiene que ver con la aceptación del investigador como miembro de un grupo de trabajo, el cual se sometía voluntariamente a las modalidades del mismo. El estudiante entraba durante su tercer o cuarto año de carrera a un laboratorio, después de hacer méritos y demostrar su interés por la investigación, algún profesor se interesaba en él y pasaba a ser ayudante. Al mismo tiempo, el estudiante terminaba su carrera y hacía su tesis dirigida por su tutor. La relación entre tutor y alumno era estrecha y se caracterizaba por una lealtad científica y personal. Con la finalidad de evitar la relación exclusiva tutor-alumno se enviaba a los investigadores a pasar periodos más o menos largos de especialización al extranjero. Finalmente la relación tutor-alumno estimulaba las relaciones verticales y restaba importancia a la cooperación entre iguales.

De acuerdo a las múltiples variantes que ofrece la formación de los investigadores dentro de cada grupo, la relación primordial para los estudiantes es su relación con el tutor ya que de ella depende su formación y su futuro profesional. Cada grupo representa de hecho una línea de investigación específica y en cada institución existe un cierto número de tales grupos o familias científicas. En todas estas agrupaciones, sean formales o informales, se da una estructura social similar. Hay siempre un líder o maestro de ascendente prestigio quien ha formado a un cierto número de estudiantes y ha logrado conseguir recursos que les permitirán

---

eventualmente ingresar al sistema. Este líder científico tiende a formar su propia escuela, contando para ello con la lealtad de sus exalumnos, lealtad no sólo personal sino intelectual ya que muchas veces continúan trabajando en la misma línea general del maestro. Tal es la estructura que se observa generalmente en la investigación.

## *2.4. LA BIBLIOMETRÍA Y LA IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS*

Los estudios bibliométricos constituyen una fuente de información para los gestores de política científica, complementando a otros tipos de indicadores científicos. El interés de este tipo de estudios radica en que permiten obtener una visión general de la actividad científica de un país, centro o área, y realizar comparaciones y seguimientos a lo largo del tiempo. Entre los demandantes de estos análisis se sitúan los propios investigadores interesados en conocer el "mapa" de la actividad investigadora que se realiza en su área científica, pero también los gestores de política científica, a los que proporcionan datos objetivos de apoyo en la toma de decisiones. Las crecientes restricciones en los recursos económicos destinados a la investigación exigen cada vez un mejor conocimiento de cómo se realiza esta actividad con objeto de distribuir éstos de la forma más eficaz posible.

En la búsqueda por obtener indicadores científicos que aporten la información objetiva en apoyo a la toma de decisiones se han desarrollado distintos métodos en la realización de estudios bibliométricos. Entre estos por mencionar algunos se encuentra la aplicación de las leyes bibliométricas desarrolladas por Price, Lotka, Zipf y Bradford mencionadas al inicio de la unidad. Estas han sido examinadas y modificadas por distintos investigadores en su búsqueda de contar con diferentes variables que permitan analizar diferentes situaciones. Realizando un análisis de las distintas metodologías aplicadas en los estudios bibliométricos se identificó una metodología desarrollada por un grupo de investigadores del Departamento de Bibliometría y Análisis Documental del Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC, España) que hicieron posible mostrar la utilidad de los análisis de grupos de investigación obteniendo información que permite profundizar y detallar las características grupales asociadas al éxito científico.

La metodología desarrollada por el equipo del CINDOC identifica a los grupos de investigación a través del análisis de co-autoría en publicaciones científicas extraídas de la base de datos Science Citation Index (SCI) versión CD-ROM. Algunos de los trabajos representativos están relacionados con la identificación de grupos de investigación en las áreas de farmacología y farmacia (Bordons y Cabrero, 1995a; Bordons y Cabrero, 1995b), (Bordons, Zulueta y Barrigón, 1998). En el área de biomedicina destacan (Zulueta y Bordons, 1997; Zulueta y Bordons, 1999), mientras que entre los referidos a subáreas destaca el estudio aplicado a la investigación cardiovascular (Zulueta, Cabrero y Bordons, 1999).

La metodología aplicada en dichas investigaciones se fundamenta en una serie de supuestos de partida,<sup>5</sup> que han permitido continuar con el desarrollo de una serie de programas interrelacionados en dBase IV (Fernández, Cabrero, Zulueta y Gómez, 1993)<sup>6</sup> que analizan la producción científica contenida en una base de datos que permiten:

---

<sup>5</sup> Estos se presentan de manera detallada en la sección 3.1. Metodología

<sup>6</sup> Información detallada en el punto 3.2.3. Programa del Departamento de Bibliometría y Análisis Documental del CINDOC, España.

- 
- a) La agrupación de autores en función de su frecuencia de co-autoría conjunta. Se realiza mediante un programa interactivo al que se le pueden modificar las condiciones para la delimitación de los grupos (umbrales de co-autoría, frecuencias mínimas de publicación, entre otros).
  - b) El análisis de la producción científica de los grupos de investigación (número de documentos por grupo, tamaño grupal, revistas de publicación, entre otros).

Los datos de partida constituyen la producción científica (del área analizada) incluida en el SCI, es decir, la producción científica publicada en revistas que cumplen ciertos criterios de calidad y prestigio internacional y que constituye un buen reflejo de la denominada "corriente principal de la ciencia".

La metodología ha permitido realizar dos líneas principales de aplicación: En primer lugar, hace posible profundizar en el conocimiento de un área e identificar a la población de investigadores y grupos más activos, así como caracterizar su actividad, establecer quiénes presentan mayor productividad, e identificar las revistas dónde éstos publican y los contactos que tienen tanto a nivel nacional como internacional. En segundo lugar es posible establecer patrones generales de comportamiento de los grupos y profundizar en cómo estos patrones varían atendiendo al tipo de área o de investigación que realizan los autores. En cada una de las investigaciones los resultados fueron validados por expertos de cada área.

En este sentido es claro el interés por identificar a aquellas instituciones, centros o grupos capaces de ofrecer mayores garantías de beneficio en forma de avance del conocimiento científico en la sociedad que los financia. En el caso específico de los estudios bibliométricos en grupos, el interés radica a que éstos complementan eficazmente a los realizados, además de profundizar en el estudio de las tendencias detectadas en el total de un país o un área temática, e identificar factores subyacentes. La metodología desarrollada por el grupo de investigadores españoles ha llegado a una etapa de madurez observada en los trabajos anteriormente citados que justifican su validez en la aplicación de disciplinas afines o con características similares. Por tal motivo se considera una metodología pertinente para el análisis de grupos en el área de la Física en el caso particular de la UNAM.

---

## Literatura citada

- Arechavala Vargas, R. (1996). El proceso de desarrollo de grupos de investigación. *Revista de la Educación Superior* 25(98):103-129.
- Arechavala Vargas, R. (1987). Análisis organizacional para el desarrollo científico y tecnológico. *Ciencia y Desarrollo* 75:51-59.
- Bordons, M, Zulueta, MA. (1999). Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española de Cardiología* 52:790-800.
- Bordons, M; Zulueta, MA. (1997). Comparison of research team activity in two biomedical fields. *Scientometrics* 40(3):423-436.
- Bordons, M; Zulueta, MA; Barrigón, S. (1998). Actividad científica de los grupos españoles más productivos en farmacología y farmacia durante el período 1986-1993 a través del Science Citation Index (SCI). *Medicina Clínica (Barcelona)* 111: 489-495.
- Bordons, M; Zulueta, MA; Cabrero, A; Barrigón, S. (1995a). Identifying research teams with bibliometric tool. *Proceedings of the Fifth Biennial Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics. Medford. 7-10 de junio. Medford: Learned Information. Medford, NJ: Learned Information. pp.83-92.*
- Bordons, M; Zulueta, MA; Cabrero, A; Barrigón, S. (1995b). Research performance at the micro level: analysis of structure and dynamics of pharmacological research teams. *Research evaluation* 5:137-142.
- Brookes, BC. (1990). Biblio-, sciento-, infor-metrics??? What are we talking about?. En Egghe, L; Rousseau, R.eds. *Informetrics 89/ 90 : Selected of papers submitted for the second international conference on Bibliometrics, Scientometrics and Informetrics (1989, Ontario, Canada)*. Amsterdam, Elsevier. p.31-43.
- Cerejido, M. (1996). Trabajo individual vs. Colaboración en grupos. *Avance y perspectivas* 15:43-46.
- Etzkowitz, H. (1992). Individual investigators and their research groups. *Minerva* 30(1): 28-50.
- Fernández, MT., Cabrero A; Zulueta, MA; Gómez, I. (1993). Constructing a relational database for bibliometric analysis. *Research Evaluation* 3(1): 55-62.
- Ferreiro Alaez, L. (1993). *Bibliometría (análisis bivariante)*. Madrid: EYPASA. 480p.
- Fortes, J; Lomnitz, LA. de (1991). *La formación del científico en México : adquiriendo una nueva identidad*. México: Siglo XXI. 207p.
- Fortes, J; Lomnitz, LA. de (1985). Formación de la identidad del científico; el caso de los estudiantes biomédicos. *Los Universitarios; la elite y la masa*. México: UNAM. pp.127-139.
- Garfield, E; Malin, MV; Small, H. (1978). Citation data as science indicators. *Toward a metric of science*. Elkana, Y., et al. New York, Wiley. pp.179-207.
- Katz, JS; Martin, BR. (1997). What is research collaboration?. *Research Policy* 26:1-18.
- Lieberman, S; Wolf, KB. (1990). *Las redes de comunicación científica*. México: UNAM: CRIM. 67p. (Aportes de investigación; 41).
- Lomnitz, LA. de (1994). La antropología de la investigación científica en la UNAM. *Redes sociales, cultura y poder : ensayos de antropología latinoamericana*. México: FLACSO: M. A. Porrúa. pp.167-183.

---

López López, P. (1996). *Introducción a la Bibliometría*. Valencia: Promolibro. 128p.

Macías Chapula, C. (1998). Importancia de la Informetría y la Cienciometría en el perfil de los profesionales de la información en el siglo XXI. *Información: producción, comunicación y servicios* 8(33):14-17.

Miranda Arguedas, A. (1990). Bibliometría. [en línea]. *Boletín bibliotecas* 8(1) <http://www.una.ac.cr/bibliotecologia/boletingo.htm> , (Consulta: 29 abril 2005)

Pérez de la Mora, M. (2001). Ciencia y colaboración. *Ciencia* 52(1-2):3

Price, Derek J. de Solla. (1971). Some remarks on elitism information and the invisible college phenomenon in science. *Journal of the American Society for Information Science* 22:74-75

Prieto, FE. (1988). El uso de la información científica en México: la Física. Pérez Tamayo, Ruy. *Investigación e información científica en México*. México: Siglo XXI: CIIH.UNAM. pp.9-27.

Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography on bibliometrics. *Journal of Documentation* 25(4):348-349

Rey Rocha, J. (1998). *La investigación en Ciencias de la Tierra en el marco del Sistema Español de Evaluación Científica: análisis bibliométrico*. Tesis Doctorado. España, Universidad Autónoma de Madrid. 340 p.

Russell, JM. (1998). El uso de las bases de datos bibliográficas en la definición de políticas en ciencia y tecnología en América Latina. *La información en el Inicio de la Era Electrónica; organización del conocimiento y sistemas de información*. México: CUIB.UNAM. pp.172-185.

Sancho, R. (1990). Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica. *Revista Española de Documentación Científica* 13(3-4):842-865.

Van Raan, AFJ. (1989). Evaluation of research groups. En *The evaluation of scientific research*. Chichester, UK: John Wiley (Ciba Foundation Conference) pp. 169-187.

Vanti, N. (2000). Métodos cuantitativos de evaluación de la ciencia: Bibliometría, Cienciometría e Informetría. *Investigación Bibliotecológica* 14(29):9-23.

Zulueta, MA ; Bordons, M. (1999). A global approach to the study of teams in multidisciplinary research areas through bibliometric indicators. *Research Evaluation* 8(2):111-118.

Zulueta, MA; Cabrero, A; Bordons, M. (1999). Identificación y estudio de grupos de investigación a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española de Documentación Científica* 23(3): p.335.

ANÁLISIS DE LOS GRUPOS DE  
INVESTIGACIÓN EN EL CAMPO DE LA  
FÍSICA EN LA UNAM

---

### *III. ANÁLISIS DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN EN EL CAMPO DE LA FÍSICA EN LA UNAM*

Los grupos representan el contexto inmediato de trabajo del investigador, éstos operan en el soporte institucional que restringe la actividad bajo reglas de juego concretas. Actualmente las investigaciones no suelen contar con un solo líder; hoy el intercambio del conocimiento y recursos ha estimulado la colaboración científica internacional. "El trabajo científico en todas partes del mundo se ha llevado a colaboración entre investigadores de una misma disciplina, pero han formado grupos interdisciplinarios que abordan un mismo proyecto" (Cruz y Barba, 2001). Por tanto, es indispensable comprender sus niveles de operación para impulsar políticas fundamentadas de desarrollo en la investigación, sea en instituciones de salud, de investigación y desarrollo tecnológico o universitarias. Si se comprende 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. Un análisis bibliométrico entre los grupos de científicos puede utilizarse por ejemplo, como una herramienta importante.

Para el caso de las universidades, éstas determinan mayormente el horizonte profesional de un académico y hacen que el alcance relativo de los grupos y de los marcos intrainstitucionales sea mayor y determinen fuertemente las trayectorias formativas de los investigadores, de ahí la importancia de conocer los procesos de desarrollo de esos grupos y los contextos organizacionales donde ocurren. La Física en la UNAM es considerada como una de las disciplinas con aportaciones relevantes a nivel nacional e internacional: ha formado recursos humanos, ha generado conocimiento original, así como impactado en el desarrollo tecnológico. El análisis de esta comunidad en su conjunto, así como de los "grupos de investigación" en particular, permitirá profundizar en el estudio de la estructura y dinámica del proceso investigador en lo que es su mínima unidad de funcionamiento lo que además podría aportar datos de interés, como por ejemplo identificando a los grupos sobresalientes de la UNAM en el área de la Física.

En este contexto es claro el papel protagonista que juegan los estudios bibliométricos al permitir obtener una visión general de la actividad científica de un país, centro o área a nivel "macro" y realizar comparaciones y seguimientos a lo largo del tiempo. Los estudios bibliométricos en grupos de investigación, nivel "micro" pueden complementar a los estudios ya realizados a nivel "macro", profundizar en el estudio de las tendencias detectadas en un país o un área temática y aportar datos de interés para la política científica de un país. Los estudios bibliométricos constituyen pues una fuente interesante de información para los gestores de política científica, complementando a otros tipos de indicadores científicos. Por lo anterior, la presente investigación tiene como objetivos:

---

### *3.1. OBJETIVO GENERAL*

Obtener resultados que aporten una visión sobre la actividad investigadora desarrollada en el área de la Física en la UNAM entre los años de 1990 a 1999, caracterizar los aspectos más relevantes de los Grupos de Investigación Más Productivos (GIMP) y su evolución en el tiempo, a través de técnicas bibliométricas.

#### *3.1.1. Objetivos específicos*

- a) Identificar y analizar los GIMP en el área de la Física de la UNAM a través de indicadores bibliométricos para dos períodos: 1990-1994 y 1995-1999.
- b) Caracterizar la actividad de los GIMP en el área de la Física de la UNAM en función de su tamaño grupal, producción, productividad y Factor de Impacto (FI).
- c) Situar la actividad de los GIMP en el contexto general de su área, su colaboración a nivel nacional e internacional, así como las áreas de especialización.
- d) Identificar, caracterizar y situar a los Grupos Estables en el área de la Física de la UNAM (grupos que en su evolución, de uno a otro período, conservan un mismo núcleo de autores, así como al Investigador Principal "IP").
- e) Contribuir al desarrollo de una metodología para la descripción y análisis de la investigación mexicana en Física con indicadores bibliométricos, obtenidos a partir de la información bibliográfica proporcionada por el SCI. Se pretende que dicha metodología constituya una herramienta aplicable a otras áreas científicas de características similares a la Física.

Los objetivos establecidos permitirán obtener la información necesaria que aporten una visión sobre la actividad investigadora desarrollada en la disciplina, es decir, obtener los elementos que permitan identificar las características grupales que se asocian al éxito científico.

### *3.2. METODOLOGÍA*

La metodología aplicada en la presente investigación fue desarrollada y aplicada por un grupo de investigadores (Fernández, Cabrero, Zulueta y Gómez,1993), (Bordons, García-Jover y Barrigón, 1993), (Bordons y Zulueta,1997, 1999), (Bordons, Zulueta y Barrigón,1998), (Bordons, Zulueta, Barrigón y Cabrero, 1995a, 1995b), (Sanz-Menéndez, Bordons y Zulueta, 2001), (Zulueta y Bordons, 1999) y (Zulueta, Cabrero y Bordons, 1999) del Departamento de Bibliometría y Análisis Documental del Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC), España. Dicho grupo ha realizado distintos tipos de análisis de carácter general a la actividad científica de España, y diversos estudios de carácter específico en disciplinas tales como: farmacología, farmacia, biomedicina, y medicina cardiovascular del mismo país. Para estos investigadores la utilidad de los análisis de grupos de investigación radica en la posibilidad de profundizar y explicar los resultados obtenidos, así como extraer conclusiones de generalización posible sobre características grupales que se asocian al éxito científico.

---

Para lograr aplicar la metodología se realizó una estancia de trabajo de dos semanas (14 al 28 de septiembre de 2003)<sup>1</sup> donde se colaboró directamente con la Dra. María Bordons, investigadora y miembro del equipo que actualmente está desarrollando y aplicando dicha metodología en el Departamento de Bibliometría y Análisis Documental del Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC), España. La estancia de trabajo tuvo como principal objetivo conocer la metodología desarrollada por este grupo, así como incorporar los datos de la base de datos de Física al *Programa relacional* desarrollado en el Departamento anteriormente mencionado.

Para desarrollar la metodología de manera adecuada Zulueta, Cabrero, y Bordons (1999) establecieron una serie de supuestos básicos :

- *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 se corresponden necesariamente con 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. La coincidencia entre autor más productivo y líder grupal sin embargo es muy frecuente. De hecho, la persona que asume el liderazgo de un grupo con frecuencia participa en casi todos los resultados científicos obtenidos por el mismo.

## Fuentes de datos

Para la obtención de la información analizada tanto cuantitativa como cualitativa se utilizaron dos tipos de fuentes de datos:

1. Información bibliográfica a través de las bases de datos del SCI en versión CD-ROM de 1990 a 2000 y del Journal Citation Reports de 1999 en versión CD-ROM.
2. Entrevistas con expertos en el área de la Física. La información obtenida al incorporar los datos en el programa relacional fue validada a través de entrevistas con los miembros de los grupos identificados.

---

<sup>1</sup> La estancia de trabajo fue otorgada por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas de Madrid, España y la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM y bajo el convenio Manna Bueno.

---

### 3.3. PROCEDIMIENTO

Los datos bibliográficos de partida requirieron un tratamiento en parte manual y en parte automático atendiendo a los siguientes pasos:

#### 3.3.1. Recuperación y descarga de los datos bibliográficos

Para identificar la producción científica en el área de la Física en la UNAM se realizó primero la recuperación de la producción total de la UNAM y posteriormente la extracción de la producción en el área de la Física. Debido a la falta de normalización de los datos en el Science Citation Index (SCI) se realizó lo siguiente: se tomaron como base 16 distintas variables para la UNAM<sup>2</sup>.

- |                                 |
|---------------------------------|
| 1. AUTONOMOUS NATL UNIV MÉXICO  |
| 2. NAEL UNIV MÉXICO             |
| 3. NAT UNIV MÉXICO              |
| 4. NATL AUTONOMOUS UNIV MÉXICO  |
| 5. NATL UNIV AUTONOMOUS MÉXICO  |
| 6. UNAM                         |
| 7. UNIV NAC AUTONOMA MÉXICO     |
| 8. UNIV NAEL AUTONOMA MÉXICO    |
| 9. UNIV NAEL MÉXICO             |
| 10. UNIV NATL AUTONOMA MÉXICO   |
| 11. UNIV AUTONOMA MÉXICO        |
| 12. UNIV NATL AUTONOMA MEXICANA |
| 13. UNIV AUTONOMA NAEL MÉXICO   |
| 14. UNIV AUTONOMA MÉXICO CITY   |
| 15. UNIV MÉXICO                 |
| 16. UNIV NATL AUTONOME MÉXICO   |

EL SCI en su versión de CD-ROM ofrece siete formatos de salida: Plain Text, Comma Delimited, Reference Manager, Dialog-ISI, Pro-Cite, NLM-Medline y Sci-Mate. La opción seleccionada para la investigación fue: *Dialog-ISI*, que se eligió de acuerdo con el sistema del personal de cómputo<sup>3</sup>. Entre los puntos considerados para su elección fue:

- Incluye todos los campos
- Forma de separar la información de cada campo ( | ) y dentro del mismo por ( / ). Lo que facilitó su transferencia a la base de datos Access. Ejemplo de formato de salida

---

<sup>2</sup> Variables identificadas en el trabajo de Arvanitis, Russell y Rosas (1996)

<sup>3</sup> Personal de cómputo adscrito en el 2002 al Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas (CUIB).



Como resultado se obtuvo 11,129 registros en 73 archivos que constituyeron el total de documentos producidos por los investigadores de la UNAM en todas sus disciplinas en la década de los noventa, en 1,742 títulos de revistas registrados en la base de datos del SCI (Cuadro 3-1)

Cuadro 3-1. Producción científica en la UNAM período 1990 -1999

NOMBRE	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	TOTAL
1 AUTONOMOUS NATL UNIV MEXICO											
2. NACL UNIV MEXICO											
3 NAT UNIV MEXICO		1	1		1			1			4
4 NATL AUTONOMOUS UNIV MEXICO	418	425	647	362	343	481	416	437	374	412	4315
5 NATL UNIV AUTONOMOUS MEXICO			1								1
6. UNAM		3	29	261	268	163	199	245	318	390	1876
7 UNIV NAC AUTONOMA MEXICO	1	1				1					3
8. UNIV NACL AUTONOMA MEXICO	162	194	222	197	283	472	575	711	927	1106	4849
9 UNIV NACL MEXICO	1	2	3	2	2			1		1	12
10 UNIV NATL AUTONOMA MEXICO	2	3	2	2			1				10
11 UNIV AUTONOMA MEXICO	4	1	10	5	3	4	2		2	2	33
12. UNIV NATL AUTONOMA MEXICANA											
13. UNIV AUTONOMA NACL MEXICO			1								1
14 UNIV AUTONOMA MEXICO CITY			1								1
15 UNIV MEXICO	2	6	2	6	1	1	1		2	3	24
16 UNIV NATL AUTONOME MEXICO											
TOTAL	590	636	919	835	901	1122	1194	1395	1623	1914	11,129

Fuente: Science Citation Index (SCI) versión CD-ROM. 1990-2000.

### Extracción de los registros en el campo de la Física

Para delimitar los registros en el área de la Física se consideró la clasificación de revistas en subáreas del Journal Citation Reports (JCR) 1999, en su versión de CD-ROM. Del total (1,742 títulos de revistas identificados), 300 correspondieron al área de la Física (Cuadro 3-2).

Cuadro 3-2. Subáreas de la Física en el JCR 1999

Subáreas	No. revistas
Physics	65
Physics, Applied	67
Physics, Atomic, molecular and chemistry	31
Physics, Condensed matter	54
Physics, Fluids and plasmas	19
Physics, mathematical	25
Physics, nuclear	21
Physics, Particles and fields	18
Total	300

Tomando como base los 300 títulos de revistas en el área de la Física se identificaron aquellos donde publicaron los investigadores de la UNAM en la década de los noventa; como resultado se obtuvieron 137 títulos (Anexo IV, p.117).

## Conversión de la información

Previo a la integración de los 73 archivos se depuró la información. De los diez campos incluidos en el formato de salida elegido se seleccionaron siete: *TI, LA, AU, CS, JN, PY* y *DT*. Cada uno de éstos tuvo un tratamiento distinto. Dicho tratamiento se realizó en conjunto con el personal de cómputo del CUIB de la UNAM.

Los campos *AU, CS* y *JN* se modificaron de la siguiente forma:

*AU=Autor* Para el campo de autor se creó otro campo y se le asignó un número consecutivo a cada autor de acuerdo con el orden de aparición por registro.

Ejemplo:

No	AUTOR
1	DELEO S
2	OZIEWICZ Z
3	RODRIGUEZ WA
4	VAZ I

*CS=Dirección.* Al igual que el campo de autor se creó un campo que indica el número de instituciones participantes en cada documento y se dividió la dirección en seis campos: *No., Institución, Dependencia, Ciudad, Estado y País.*

Ejemplo:

No	Institución	Dependencia	Ciudad	Estado	País
1	UNIV LECCE	DIPARTIMENTO FIS	ROMA	LAZIO	ITALIA
2	IST NAZL FISICA NUCLEARE	SEZIONE LECCE	ROMA	LAZIO	ITALIA
3	UNIV ESTADUAL CAMPINAS	INST MATEMAT ESTATIST COMPUTACAO CIENT	CAMPINAS	SAO PAULO	BRAZIL
4	UNIV NACL AUTONOMA MEXICO	FAC ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	CUATITLAN	ESTADO MÉXICO	DE MEXICO
5	UNIV WROCLAW	INST FIZYKI TEORETYCZNEJ	WROCLAW	WROCLAW	POLAND

*JN=Publicación fuente* se dividió en cuatro campos:

*Ijournal* = número consecutivo asignado a cada uno de los títulos de las revistas.

*JOURNAL* = incluye el título de la revista.

*VOYPAG* = indica el volumen, número y páginas del documento.

*YEAR* = refiere al año de publicación del documento:

Ejemplo:

Idjournal	JOURNAL	VOYPAG	YEAR
791	INTERNATIONAL JOURNAL OF THEORETICAL PHYSICS	V38, N9, P2349-2369	1999
1070	JOURNAL OF PHYSICS A-MATHEMATICAL AND GENERAL	V32, N40, P7017-7030	1999

Para los campos *TI*, *LA*, *PY* y *DT* se procedió a lo siguiente:

*TI*= *Título del artículo*, este campo no tuvo modificaciones y corresponde a los 2,209 títulos de cada uno de los documentos identificados.

*LA*=*Idioma* se asignó un código numérico a cada idioma para su identificación:

1=Inglés, 2=Francés, 3=Alemán, 4=Portugués, 5=Ruso, y 6=Español.

*PY*=*Año*, no se hicieron cambios

*DT* = *Tipo de Documento*, se identificaron 12 tipos de documentos. Se asignó un código numérico. Se seleccionaron los que incluyeran el mayor número de documentos, entre éstos fueron: 1=Artículos, 8=Cartas, 11=Notas, 12=Reseñas. (Cuadro 3-3)

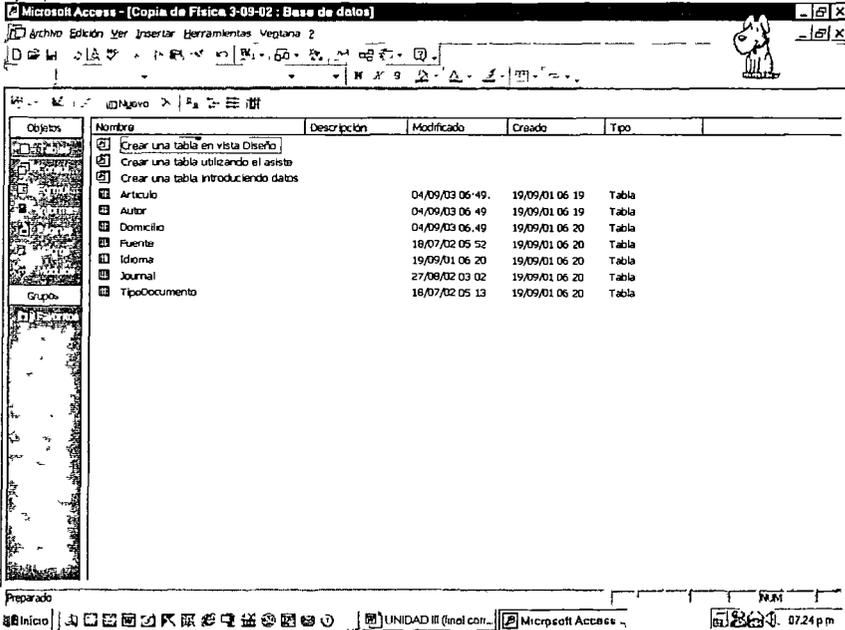
Cuadro 3-3. Tipo de Documentos

Tipos de Documentos Identificados	Tipos de Documentos Seleccionados
1. Article	X
2. Biographical-item	
3. Book-review	
4. Correction	
5. Discussion	
6. Editorial	
7. Editorial-material	
8. Letter	X
9. Meeting-abstract	
10. News-item	
11. Note	X
12. Review	X

## Transferencia a la base de datos Access

Al transferir la información a la base de datos Access se obtuvieron siete tablas: Artículo, Autor, Domicilio, Fuente, Idioma, Journal y Tipo Documento.

Ejemplo:



The screenshot shows the Microsoft Access interface with a table of database objects. The table has columns for Name, Description, Modified, Created, and Type. The objects listed are:

Objetos	Nombre	Descripción	Modificado	Creado	Tipo
	Crear una tabla en vista Diseño				
	Crear una tabla utilizando el asistente				
	Crear una tabla introduciendo datos				
	Artículo		04/09/03 06:49	19/09/01 06:19	Tabla
	Autor		04/09/03 06:49	19/09/01 06:19	Tabla
	Domicilio		04/09/03 06:49	19/09/01 06:20	Tabla
	Fuente		18/07/02 05:52	19/09/01 06:20	Tabla
	Idioma		19/09/01 06:20	19/09/01 06:20	Tabla
	Journal		27/08/02 03:02	19/09/01 06:20	Tabla
	TipoDocumento		18/07/02 05:13	19/09/01 06:20	Tabla

Cada tabla incluye distintos campos como se demuestra en el Cuadro 3-4.

Cuadro 3-4. Tablas en Access y sus campos

Campo	Tabla Artículo	Campo	Tabla Autor
Registro:	Número automático	Registro:	Numérico automático
Título:	Titulos de artículos	Etiqueta:	AU1, AU2, AU3, etc.
TipoDocumento:	1,8,11,12	Autor:	Nombres de los autores
IdIdioma:	1-6		
IdJournal:	1-1,742		
VoyPag:	Volumen, número, páginas		
Año:	1990-1999		
Campo	Tabla Domicilio	Campo	TablFactorImpactoAnual
Registro:	Número automático	IdJournal:	Número asignado
Institución:	Nombre de Institución	Año:	1990-1999
Dependencia:	Nombre de Dependencia	FactorImpacto:	por año, por título de revista
Sector:	Educativa, Investigación, Internacional, Gobierno y Privada		
	Nombre de Ciudad		
Ciudad:	Nombre de Estado		
Estado:	Nombre de País		
País:			
Campos	Tabla Fuente	Campos	Tabla Idioma
Registro:	Número automático	IdIdioma:	1-6
IdJournal:	Número asignado	Idioma:	Nombre idioma
VoyPa:	Volumen, Número, Pág.		
Año:	1990-1999		
Campos	Tabla Journal	Campos	Tipo de Documento
IdJournal:	Número asignado	IdTipoDocumento:	1,8,11,12
Journal:	Nombre de la revista	TipoDocumento:	Artículos, Cartas, Notas y Reseñas
1990-1999:	Factor de impacto de la revista por año		

Ejemplo de la tabla Domicilio y sus campos al transferirla al Access:

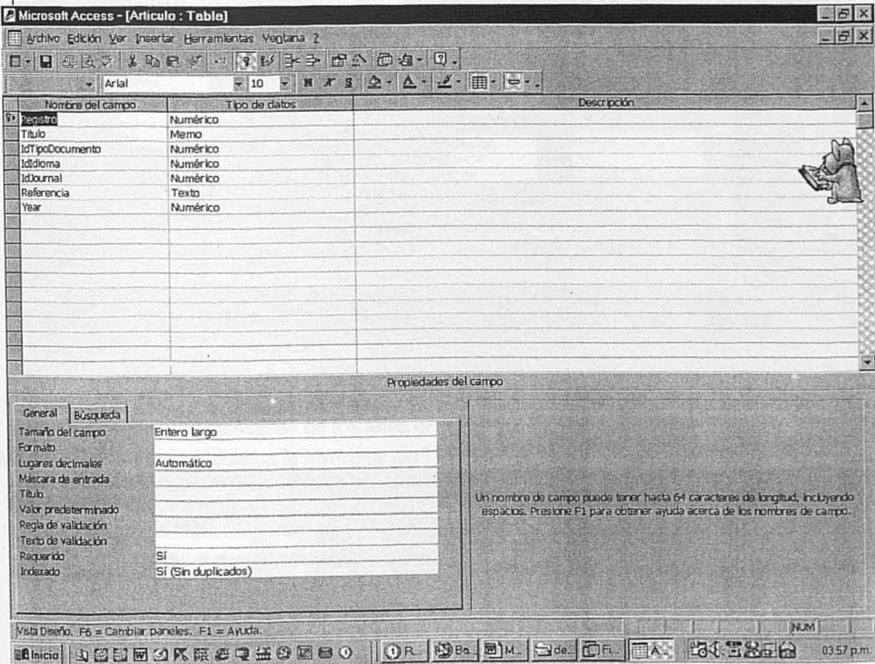
Registro	Institucion	Dependencia	Adscripcion	Pais
2072	AN LEBEDEV PHYS INST	MOSCOW 117924		RUSSIA
2344	ANALEX CORP	BROOKPARK		OH/44142
2111	ARGONNE NATL LAB	DIV CHEM	ARGONNE	IL/60439
10529	ARGONNE NATL LAB	DIV MAT SCI	ARGONNE	IL/60459
6788	ARGONNE NATL LAB	DIV CHEM	ARGONNE	IL/60439
733	ARGONNE NATL LAB	ARGONNE		IL/60439
10116	ARGONNE NATL LAB	DIV MAT SCI	ARGONNE	IL/60439
6789	ARGONNE NATL LAB	DIV CHEM	ARGONNE	IL/60439
136	ASTROPHYS INST POTSDAM	STERNWART 16	D 14482 POTSDAM	GERMANY
3246	AT&T BELL LABS	MURRAY HILL		NJ/07974
2507	AT&T BELL LABS	MURRAY HILL		NJ/07974
2350	AT&T BELL LABS	1D 230	600 MT AVE/MURRAY HILL	NJ/07974
3250	AT&T BELL LABS	MURRAY HILL		NJ/07974
3147	AT&T BELL LABS	600 MT AVE 1D 230	MURRAY HILL	NJ/07974
2884	AT&T BELL LABS	1D 230	600 MT AVE/MURRAY HILL	NJ/07974
3017	AT&T BELL LABS	LUCENT TECHNOL	600 MT AVE/1D 230/MURRAY HILL	NJ/07974
1678	AUSTRALIAN NATL UNIV	RSPHYSSE	DEPT THEORET PHYS/CANBERRA/AC	AUSTRALIA
3394	AZERBAIJAN ACAD SCI	INST PHYS	BAKU 370143	AZERBAIJAN
2293	AZERBAIJAN ACAD SCI	INST PHYS	BAKU 370143	AZERBAIJAN
3251	AZERBAIJAN ACAD SCI	INST PHYS	BAKU 370143	AZERBAIJAN
1804	AZERBAIJAN ACAD SCI	INST PHYS	BAKU 370143	AZERBAIJAN
737	AZERBAIJAN ACAD SCI	INST PHYS	BAKU 370143	AZERBAIJAN
2370	AZERBAIJAN ACAD SCI	INST PHYS	BAKU 370143	AZERBAIJAN

### 3.3.2. Normalización de la información

Concluida la transferencia de los registros a la base de datos Access, se inició la normalización de los registros de las tablas de AUTOR, y DOMICILIO. Los pasos realizados fueron los siguientes:

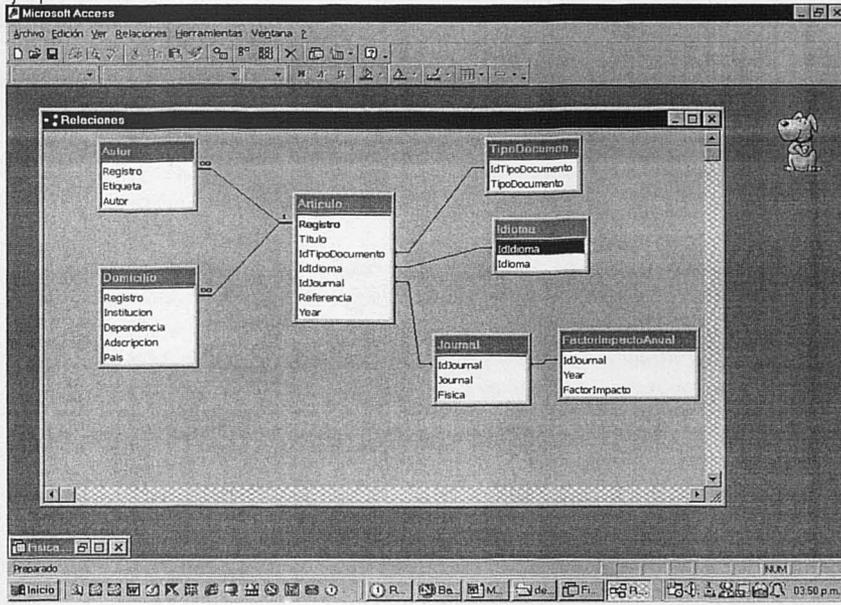
1° Establecer una *clave principal* con la finalidad de identificar cada registro de forma única en la base de datos. Se seleccionó de la tabla Artículo el campo Registro como la clave principal.

Ejemplo:



2º Establecer relaciones con cada tabla con la finalidad de realizar cambios en cascada. Se ligaron las tablas de Artículo, Autor y Domicilio a través del campo Registro.

Ejemplo:



3º Eliminar los registros identificados de los años de 1989 y 2000 (se eliminaron un total de 203 registros) resultando 2,209 registros útiles a la investigación (1990 a 1999).

Registro	Título	IdTipoDocume	Ididioma	IdJournal	Referencia	Year
43	Relationship of	1	1	53	V67, N11, P987	1999
46	Nonadditive Effr	1	1	355	V313, N3-4, P6	1999
47	Stable Be2N Ne	1	1	355	V310, N5-6, P4	1999
48	Large Fluctuati	1	1	374	V16, N12, P383	1999
49	On a Spacetime	1	1	374	V16, N11, P357	1999
50	On the Gravitoe	1	1	374	V16, N4, P1137	1999
72	Solution of War	1	1	672	V72, N3, P180-	1999
79	Dirac-Hestenes	1	1	791	V38, N9, P2345	1999
112	Dipper-Donkin	1	1	1070	V32, N40, P701	1999
113	Auger Decay of	1	1	1072	V32, N17, P430	1999
117	Rough-Surface	1	1	1073	V32, N20, P265	1999
118	The Density-of-	1	1	1075	V11, N37, P714	1999
121	Moisture Stabili	1	1	1164	V17, N6, P3168	1999
125	Synthesis of Hy	1	1	1220	V41, N3, P128-	1999
128	Studies on Aggr	1	1	1284	V337, P373-37	1999
136	Time Emergenc	1	1	1363	V114, N8, P923	1999
144	Globally Couple	1	1	1449	V262, N6, P403	1999
145	Visible-Infrared	1	1	1440	V60, N20, P143	1999
146	Electron-Energ	1	1	1440	V60, N19, P138	1999
147	Surface-Plasme	1	1	1440	V60, N11, P834	1999
148	Exact Inhomoge	1	1	1443	V6010, N10, P4	1999
149	Bounds on 2M	1	1	1443	V6008, N8, P40	1999
150	Time Diffractor	1	1	1445	V60, N5, P6226	1999

4° En la tabla de autores se identificó la falta de normalización en los nombres. Entre algunas de las variaciones más frecuentes tuvieron que ver con la ortografía (errores tipográficos), a las diferentes formas en las cuales es estructurada y expresada, por ejemplo uso indistinto de letras mayúsculas y minúsculas, diferentes formas de asentar a un mismo autor, apellidos compuestos, tres iniciales en los nombres.

Lo anterior fue corregido por procedimientos semiautomáticos:

- Para resolver la falta de normalización observadas respecto de las letras mayúsculas y minúsculas, se procedió a cambiar por medio de procedimientos globales las letras minúsculas por mayúsculas quedando todos los apellidos asentados en mayúsculas. La modificación se realizó a través de la función *Edición* y posteriormente se seleccionó la opción *reemplazar*.
- Para identificar a los autores presentados en diferentes formas, así como los errores ortográficos se ordenó la tabla Autor en forma ascendente de la letra A – Z. Lo anterior facilitó la identificación de algunas variables de un mismo autor. Se ligó a la *tabla de Autor* la *tabla de Dirección* y de *tabla Fuente* lo que permitió corroborar en algunos casos que se trataba del mismo autor. Para los casos de nombres compuestos se revisó la lista por los dos apellidos.

Ejemplos:

Avalos M AVALOS M	GARCIAZENTENO JA ZENTENO AG	SANIGER J SANIGER JM SANIGERBLESA JM
Atakishiyeva MK ATAKISHIYEVA MK ATAKISHIYEV MK	GARCIA TELLO P TELLO PG	SELIGMAN T SELIGMAN TH
Beltran V BeltranLopez V BELTRANLOPEZ V	MURCHADHA NO OMURCHADHA N	SIQUEIROS J SIQUEIROS JM
DEICAZA M DEICAZAHERRERA M DELCAZA M	ONTALBASALAMANCA MA SALAMANCA MAO	SMIRNOV F SMIRNOV Y SMIRNOV YF

- Para normalizar los nombres de los autores se utilizó *el Catálogo de Programas y Recursos Humanos en Física (1991-1996)* y *el Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos (1997-2001)*. Estos catálogos permitieron identificar algunas de las formas en las que firman los autores. Una vez identificadas las distintas variables de un mismo autor, se procedió a realizar los cambios en forma manual a la *Tabla Autor*.

---

Los criterios tomados para realizar la normalización fueron:

- Seleccionar la forma con mayor número de veces presentada, ejemplo:

DEURQUIJO	1
DEURQUIJO J	25
DEURQUIJOCARMONA	3

La opción seleccionada fue:

DEURQUIJO J.

- Para los casos que presentaran el mismo número como:

GUTIERREZ MP	1
GUTIERREZAMADOR MP	1

La opción seleccionada fue la de mayor información:

GUTIERREZAMADOR MP

5° Normalizar la tabla de DOMICILIO. Los criterios establecidos fueron<sup>4</sup>:

- Presentar en forma abreviada los nombres de las instituciones y dependencias (máximo 60 caracteres).
- Omitir en lo posible siglas, artículos preposiciones y conjunciones.
- Utilizar términos como CTR, INST y UNIV

Ejemplos:

CCMC  
CTR CIENCIAS MATERIA CONDENSADA

CTR INVEST CIENT EDUC SUPER ENSENADA  
CTR INVEST CIENT & EDUC SUPER ENSENADA  
CTR INVEST CIENTIF & EDUC SUPERIOR ENSENADA  
CTR INVEST CIENTIFICA & EDUCAC SUPER ENSENADA  
CTR INVEST CIENTIFICAS & EDUC SUPER

CINVESTAV  
NATL POLYTECH INST CTR INVEST & ESTUDIOS AVANZADOS  
CTRO INV ESTUDIOS AVANZADOS (INST POLITECNICO NAEL)  
CTRO INV ESTUDIOS AVANZADOS

ITC  
INST TECNOL CELAYA  
INST TECNOLÓGICO CELAYA  
INST TECHNOL CELAYA

UAM IZTAPALAPA  
UAMI  
UNIV AUTONOMA METROPOLITANA  
UNIV AUTONOMA METROPOLITANA IZTAPALAPA  
UNIV AUTONOMA METROPOLITANA IZTAPALAPA  
UNIV AUTONOMA METROPOLITANA IZTAPALAPA

BUAP  
BENEMERITA UNIV AUTONOMA PUEBLA  
UNIV AUTONOMA PUEBLA

---

<sup>4</sup> Criterios adoptados de la obra de Alonso Gamboa (1993)

## Ejemplo de la Tabla de Dirección después de su normalización

Registro	Institucion	Dependencia	Sector	Ciudad	Estado	País
9424	BA ZHIMAN'W STATE UNIV		EDUCATIVA	LENINGRADO	LENINGRADO	RUSSIA
3225	ACAD SINICA (CHINESE AC	INST THEORET PH	INVESTIGACION	BEIJING	BEIJING	CHINA
4724	ACAD SINICA (CHINESE AC	MET RES INST/AT	INVESTIGACION	BEIJING	BEIJING	CHINA
3614	ACCAD GIOENIA SCIENZE N	DIPARTIMENTO FI	INVESTIGACION	CATANIA	CATANIA	ITALY
2536	ADAM MICKIEWICZ UNIV PC	INST PHYS/DIV N	EDUCATIVA	POZNAN	POZNANSKIE	POLAND
2504	ADAM MICKIEWICZ UNIV PC	INST PHYS/DIV N	EDUCATIVA	POZNAN	POZNANSKIE	POLAND
5077	AIR PROD CHEM INC		PRIVADA	ALLENTOWN	PENNSYLVANIA	ESTADOS U
2072	AN LEBEDEV PHYS INST		INVESTIGACION	MOSCOW	MOSCOW	RUSSIA
2344	ANALEX CORP		PRIVADA	BROOKPARK	OHIO	ESTADOS U
6789	ARGONNE NATL LAB	DIV CHEM	INVESTIGACION	ARGONNE	ILLINOIS	ESTADOS U
10116	ARGONNE NATL LAB	DIV MAT SCI	INVESTIGACION	ARGONNE	ILLINOIS	ESTADOS U
10529	ARGONNE NATL LAB	DIV MAT SCI	INVESTIGACION	ARGONNE	ILLINOIS	ESTADOS U
6788	ARGONNE NATL LAB	DIV CHEM	INVESTIGACION	ARGONNE	ILLINOIS	ESTADOS U
733	ARGONNE NATL LAB		INVESTIGACION	ARGONNE	ILLINOIS	ESTADOS U
2111	ARGONNE NATL LAB	DIV CHEM	INVESTIGACION	ARGONNE	ILLINOIS	ESTADOS U
136	ASTROPHYS INST POTSDAM		INVESTIGACION	POTSDAM	POTSDAM	GERMANY
2350	AT&T BELL LABS		INVESTIGACION	MURRAY HILL	NEW JERSEY	ESTADOS U
2507	AT&T BELL LABS		INVESTIGACION	MURRAY HILL	NEW JERSEY	ESTADOS U
3246	AT&T BELL LABS		INVESTIGACION	MURRAY HILL	NEW JERSEY	ESTADOS U
3147	AT&T BELL LABS		INVESTIGACION	MURRAY HILL	NEW JERSEY	ESTADOS U
3250	AT&T BELL LABS		INVESTIGACION	MURRAY HILL	NEW JERSEY	ESTADOS U
2884	AT&T BELL LABS		INVESTIGACION	MURRAY HILL	NEW JERSEY	ESTADOS U
3017	AT&T BELL LABS	LUCENT TECHNOL	INVESTIGACION	MURRAY HILL	NEW JERSEY	ESTADOS U

Para las instituciones no incluidas en el catálogo se adoptaron los mismos criterios ya establecidos.

6° Crear dos archivos *maestros*. Un archivo que incluye los CÓDIGOS de tres campos: País, Institución y Dependencia (Cuadro 3-5)<sup>5</sup> y el segundo archivo los CÓDIGOS de Ciudad y Estado (Cuadro 3-6). La codificación de estos campos solucionó el problema de la falta de normalización de las direcciones que aparecen en los registros del SCI, que dificultan el procesamiento automático de la información.

Cuadro 3-5. Codificación de los Campos País, Institución y Dependencia

País	ISO	ClavInst	Institución	ClavDep	Dependencia
ITALY	IT	64	IST NAZL FISICA NUCLEARE	3428	SEZIONE FIRENZE LARGO E FERMI 2
ITALY	IT	64	IST NAZL FISICA NUCLEARE	3429	SEZIONE LECCE
ITALY	IT	64	IST NAZL FISICA NUCLEARE	3441	UNITA TOR VERGATA
JAPAN	JP	13	HOKKAIDO UNIV	215	DEPT PHYS
JAPAN	JP	35	KYOTO WOMENS UNIV	436	DEPT NAT SCI
JAPAN	JP	37	JAPAN SCI TECHNOL CORP	3021	CORE RES EVOLUT SCI TECHNOL
JAPAN	JP	38	NEMOTO & CO LTD	3048	CTR RES DEV
JAPAN	JP	39	TOYOHASHI UNIV TECHNOL	3075	DEPT ELECT ENGN
JAPAN	JP	40	TOKYO INST TECHNOL	3112	DEPT PHYS ELECTR
LITHUANIA	LI	20	INST THEORET PHYS ASTRON	0	---
MEXICO	MX	1	UNIV NACL AUTONOMA MEXICO	17	CTR INSTRUMENTOS
MEXICO	MX	1	UNIV NACL AUTONOMA MEXICO	51	FAC ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
MEXICO	MX	1	UNIV NACL AUTONOMA MEXICO	61	FAC CIENCIAS
MEXICO	MX	1	UNIV NACL AUTONOMA MEXICO	72	FAC INGENIERIA

<sup>5</sup> Para el campo ISO (País) se adoptaron las claves utilizadas en el Departamento de Bibliometría y Análisis Documental del CINDOC. Para el resto de los campos se adoptaron las claves utilizadas en Alonso Gamboa, JO (1993).

Cuadro 3-6. Codificación de los Campos Ciudad y Estado

Ciudad	CodCiudad	Estado	CodEstado
FLORENCE	01	TOSCANA	01
ROME	01	LAZIO	08
WAKOSHI	02	SAITAMA	23
KANAZAWA	01	ISHIKAWA	31
NAGOYA	01	AICHI	13
TOKIO	01	TOKYO	01
HAMAMATSU	02	SHIZUOKA	02
IKEDA	07	OSAKA	04
KYOTO	01	KYOTO	03
KANAZAWA	01	ISHIKAWA	31
KANAZAWA	01	ISHIKAWA	31
VILNIUS	01	VILNIUS	11
CUERNAVACA	01	MORELOS	17
MÉXICO	01	DISTRITO FEDERAL	09
QUERETARO	01	QUERETARO	21
LEON	04	GUANAJUATO	12
ENSENADA	03	BAJA CALIFORNIA	02
TEMIXCO	04	MORELOS	17
SAN LUIS POTOSI	01	SAN LUIS POTOSI	23
TOLUCA	01	ESTADO DE MEXICO	11
GUADALAJARA	01	JALISCO	15
MORELIA	01	MICHOACAN	16
PUEBLA	01	PUEBLA	20
HERMOSILLO	01	SONORA	25

Para la normalización, identificación de las instituciones y dependencias nacionales e internacionales así como las claves asignadas se utilizaron además de las ya citadas: *Directorio de Centros de Información* (1999), *Directorio telefónico UNAM; 2001/2002* (2002), *The World of Learning, 2000* (2001) y *Copernic 2000*. Versión 4.55b. <http://www.copernic.com/>

Concluida la normalización de las tablas AUTOR y DOMICILIO se procedió a capturar manualmente en la Tabla Journal, el Factor de Impacto de las revistas de los años 1990 a 1999.

En forma esquemática se presentan los pasos realizados para la extracción, conversión y normalización de la información : (Fig.3-1):

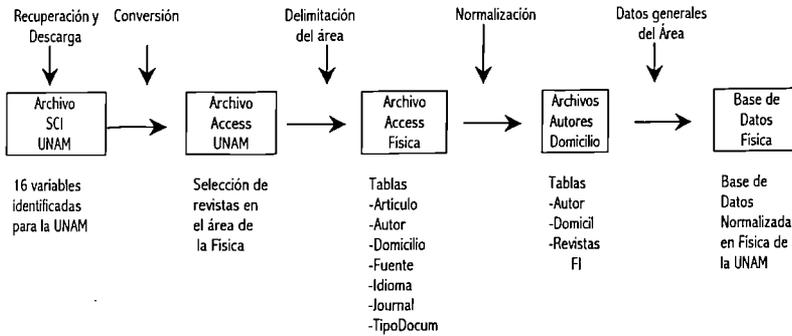


Fig. 3-1 Esquema de la extracción, conversión y normalización de la información

### 3.3.3. Programa del Departamento de Bibliometría y Análisis Documental del CINDOC, España

El *Programa Relacional para el análisis Bibliométrico* fue elaborado en 1993 en el Departamento de Bibliometría y Análisis Documental del CINDOC (Fernández, et.al., 1993), diseñado en DbaseIV.2, y corre en una IBM estándar compatible con PC486-66 Mh; 8Mb RAM; 520 SCSI-HD. Actualmente se interactúa con la base de datos Access.

El Programa está constituido por una serie de programas que interactúan entre sí y con los ficheros de datos bibliográficos que contienen las publicaciones del Centro o disciplina que se desea analizar (Anexo V, p.121). 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 la delimitación de los grupos, es decir, permite modificar las condiciones de acuerdo a la disciplina analizada lo que hizo posible su empleo para el caso específico de la presente investigación. Una vez identificados los equipos, se crea un fichero final que contiene la composición de cada grupo (IP y miembros) y la producción del grupo y de cada uno de sus autores. (Bordons, Zulueta y Cabrero, 1995a) (Fig. 3-2).

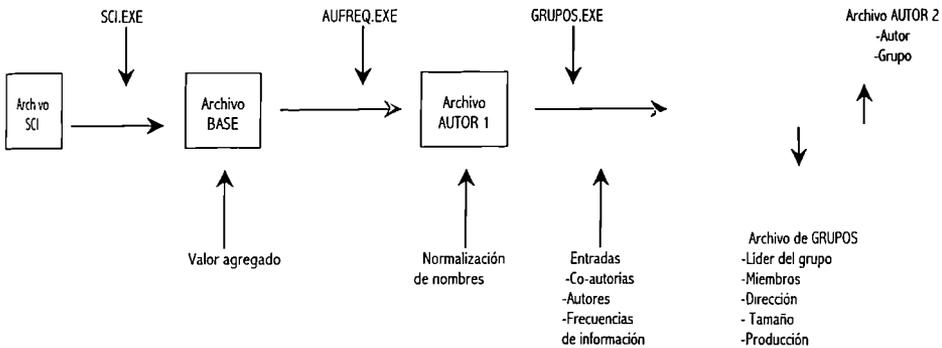


Fig. 3-2 Plataforma en la identificación de grupos. Parte principal del programa y archivos

### *Construcción del archivo de productividad de los autores*

El programa relacional del Departamento de Bibliometría y Análisis Documental genera un archivo de productividad de los autores que incluye para cada autor su dirección y su frecuencia de publicación en el período estudiado. Para identificar la dirección de cada autor el programa realiza el siguiente proceso:

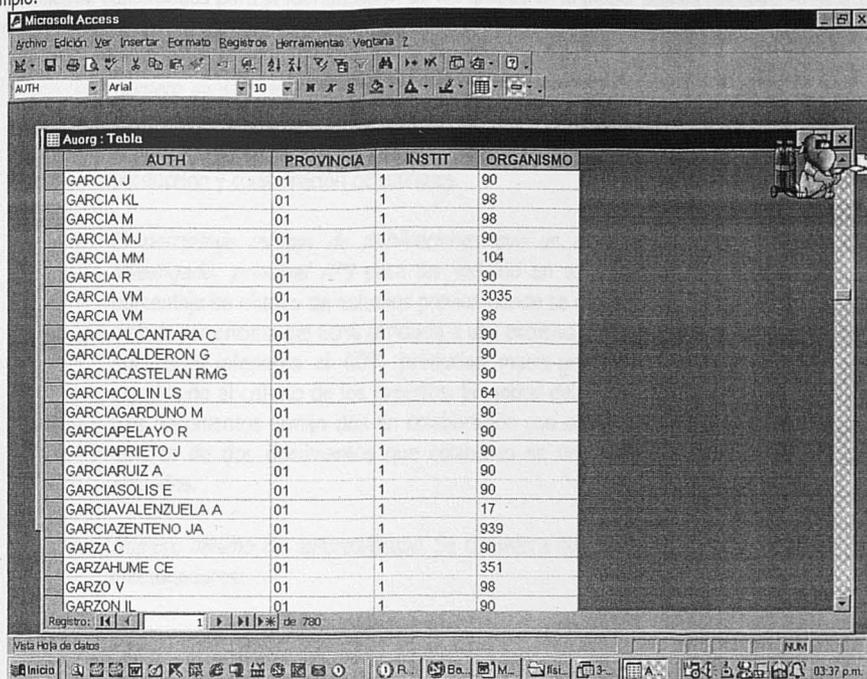
- Primero, identifica a todos los autores que han publicado como único autor y le asigna la dirección correspondiente (única). En los casos donde el autor reporta más de una dirección el programa no asigna dirección y reporta como dirección indeterminada (---).
- Para registros con varios autores y una única dirección, se 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.

Todos estos autores identificados van a formar parte de un archivo (Archivo AUTOR 1), que adjudica a cada autor el código del centro al que pertenecen.

En la construcción de este archivo se detectó el siguiente problema:

- diferentes autores pueden tener el mismo nombre. Este es el caso de algunos apellidos comunes tales como: García, Hernández, López, etc. 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, el hecho de considerar cada autor 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.

Ejemplo:



AUTH	PROVINCIA	INSTIT	ORGANISMO
GARCIA J	01	1	90
GARCIA KL	01	1	98
GARCIA M	01	1	98
GARCIA MJ	01	1	90
GARCIA MM	01	1	104
GARCIA R	01	1	90
GARCIA VM	01	1	3035
GARCIA VM	01	1	98
GARCIAALCANTARA C	01	1	90
GARCIAALDERON G	01	1	90
GARCIACASTELAN RMG	01	1	90
GARCIACOLIN LS	01	1	64
GARCIA GARDUNO M	01	1	90
GARCIAPELAYO R	01	1	90
GARCIA PRIETO J	01	1	90
GARCIA RUIZ A	01	1	90
GARCIA SOLIS E	01	1	90
GARCIA VALENZUELA A	01	1	17
GARCIA ZENTENO JA	01	1	939
GARZA C	01	1	90
GARZA HUME CE	01	1	351
GARZO V	01	1	98
GARZON IL	01	1	90

### *Parámetros establecidos para la definición de los grupos*

Las condiciones o parámetros establecidos al programa para identificar y delimitar a los distintos grupos fueron establecidos atendiendo a diversos estudios previos de identificación de grupos, en los que se han variado las condiciones de delimitación y se ha verificado la composición resultante con expertos de las áreas analizadas: (Bordons y colaboradores, 1995a, 1995b, 1997, 1998; y Zulueta y Bordons, 1999 y con Cabrero 1999).

- El programa ordena todos los autores de mayor a menor producción. El punto de partida es el autor más productivo del archivo, y a partir de éste, el programa identifica y selecciona a los restantes componentes del grupo, atendiendo a su alta frecuencia de co-autoría con el Investigador Principal (IP).
- Todos los autores que publican un alto porcentaje de su producción científica en colaboración con un determinado IP son considerados miembros de su grupo.
- Todos los autores, salvo los IP, pueden ser adscritos a más de un grupo.

---

Los parámetros establecidos para la identificación de los grupos en la primer prueba (período 1990 a 1999) fueron:

- *Número mínimo de publicaciones de un autor para ser incluido en el estudio.* Los autores ocasionales de un solo documento en los diez años no son asignados a grupos, lo anterior se basa a que es difícil discernir el porcentaje de colaboradores habituales de baja producción y colaboración ocasionales.
- *El porcentaje mínimo de publicaciones que un autor tiene que firmar junto con un investigador principal (IP) para ser incluido en su grupo es al menos el 60% .* Este porcentaje se obtuvo de estudios previos donde se observó que el establecimiento de este umbral por encima del 60% conducía a una excesiva fragmentación de los grupos, mientras que cifras inferiores al 60% producían macro-grupos que englobaban varios grupos atendiendo al criterio de los expertos. El umbral del 60% incluye los autores que teniendo tres documentos firman dos en colaboración con un IP (66%). Por el contrario, aquellos autores de dos documentos que colaboran en uno de ellos con el IP (50%), quedan excluidos.
- *Número mínimo de autores/grupo.* Se considera que un grupo debe tener al menos tres investigadores.
- *Número mínimo de publicaciones de un autor para poder ser considerado IP (diez).* Una publicación anual.
- *Dependencia institucional única o múltiple de los miembros de un equipo.* El programa permite identificar grupos en dos situaciones distintas: a) todos los autores de un grupo pertenecen al mismo centro; b) no es necesario que todos los miembros de un grupo sean del mismo centro. Para el estudio se adoptó la segunda opción.

Sólo para la primer prueba se estableció en el primer parámetro como *Número mínimo de publicaciones de un autor para ser incluido en el estudio "0" (cero)*, con la finalidad de identificar a todos los autores. En esta ocasión el programa asignó al 70.48% de los documentos a grupos.

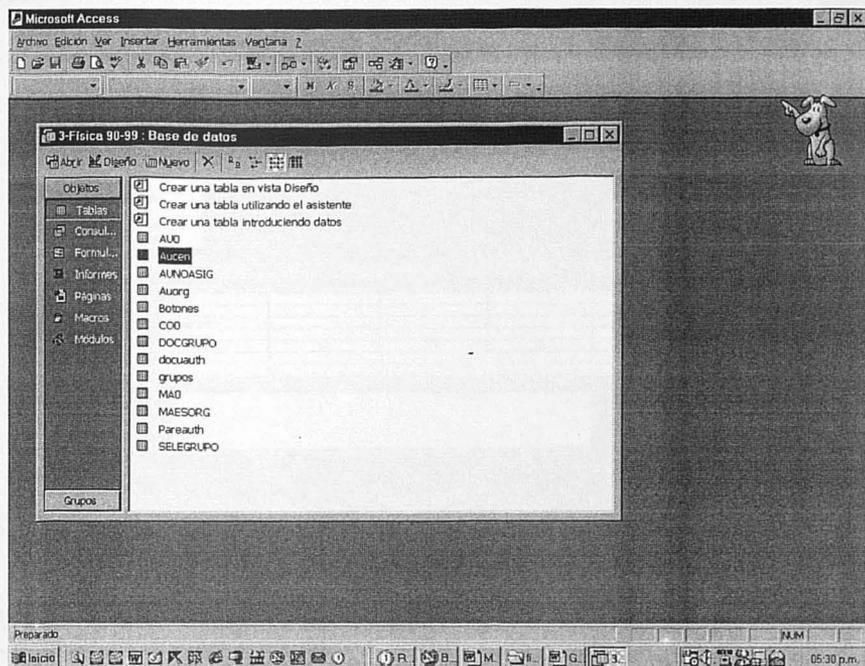
Parámetros establecidos al programa

FREACEN: HALLA LAS FRECUENCIAS		HORA inicial	HORA actual	HORA final
		12:11:20	12:11:49	12:11:52
BASE DATOS SUPERIOR	C:\Magdalena\Física 90-99			
BASE DATOS ESTUDIO:	C:\Magdalena\Física 90-99			
Frecuencias, Documentos y Papeles de Autores		Total AUTORES	7395	
		Vamos por el AUTOR	7395	
Frecuencias Superiores		Total AUTORES	2518	
		Vamos por el AUTOR	2518	
Grupos		Total AUTORES posibles	2518	
		Vamos por el AUTOR	2518	
Frec mínima para ser grupo > o =	0	AVISOS Y MENSAJES Grupo: 106 Jefe: ZELAYAANGEL Agregando compi: 24 CONSEGUIDO GRUPO: 106 ZELAYAANGEL 0 <input type="button" value="Ver Informe de GRUPOS"/>		
Frec mínima para ser jefe > o =:	10			
% doc con Jefe > o =	60			
Debe ser del mismo centro o indet:	Fals			
nº miembros grupo contando Jefe > o =:	3	<input type="button" value="MAS INFORMES GRUPOS"/>		

Porcentaje de documentos asignados a grupo: 70.48%

LOS NOASIGNADOS		Doc Asig	1557	70,48
	Doc NO Asig	652	29,52	
	Doc. MAQ	2209		
	Aut. Asig:	1285	51,03	
	Aut. no Asig	1233	48,97	
	Tot. AUCEN:	2518		
	Tot. AUQ:	7395		

La base de datos en Física período 1990 a 1999 resultante se observó en Access de la siguiente forma:



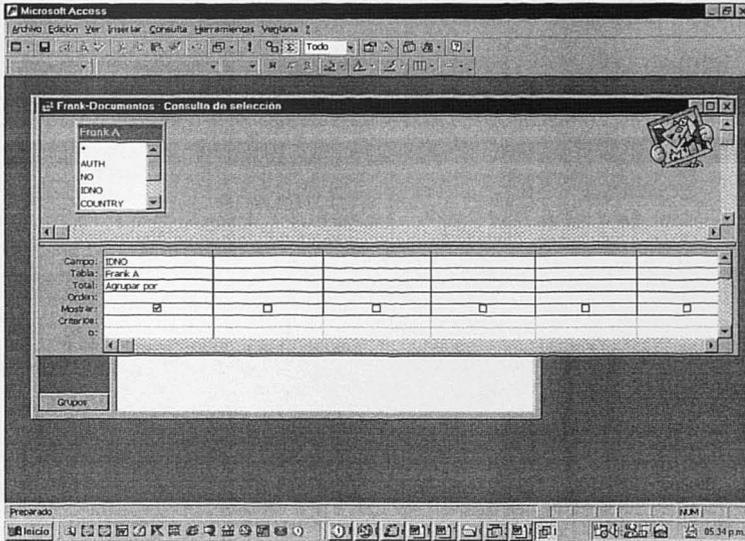
Los 13 archivos resultantes incluyen la siguiente información:

- Archivos fuente: AUO, COO y MAO. Contienen los documentos a estudiar en archivos relacionados ligados por un número de identificación (registro).
- Archivos maestros: MAESORG y AUORG.
- Archivos de grupos.

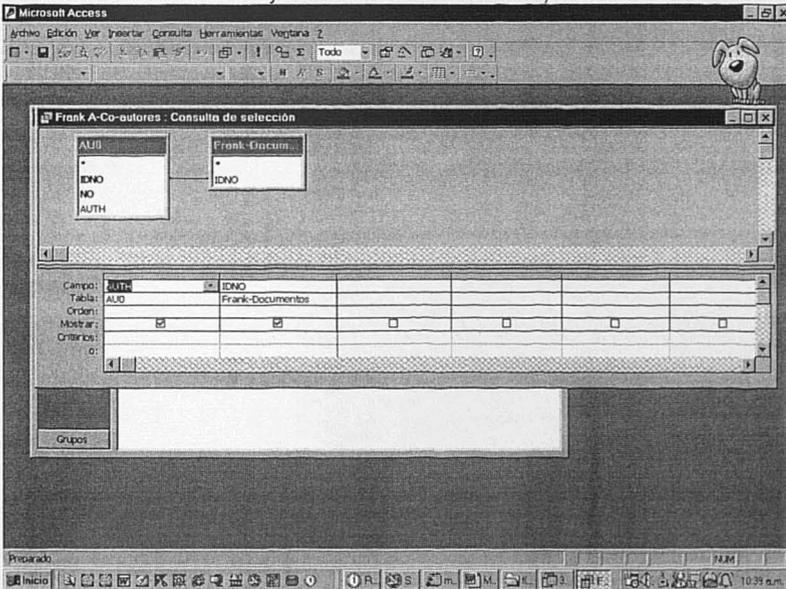
### *Consultas básicas en la identificación de Grupos*

Con la finalidad de identificar variantes de un mismo nombre, apellidos compuestos, tres iniciales en los nombres, errores tipográficos, etc., se elaboraron algunas consultas básicas.

Por autor: relaciona cada autor con su lugar(s) de trabajo (se agrega un filtro de acuerdo al nombre buscado)



Por autores: obtenemos todos los autores que escriben con la persona que estamos estudiando (la consulta se realiza con la tabla de AUO y la consulta del autor buscado)



Por IDNO o Registro: Identifica todos los documentos de un autor (esta consulta se hace sobre la anterior – Autor-).

## Ejemplo de tablas y selección de campos

**Autor Dirección : Consulta de selección**

Campo:	AUTH	COB	MAJ				
Tabla:	AUTH	COB	MAJ				
Orden:							
Mostrar:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
Criterios:	"Frank A"						

## Resultado de la selección

**Frank A-Co-autores : Consulta de selección**

AUTH	IDNO
LEMUS R	345
FRANK A	345
FRANK A	549
LEMUS R	549
PEREZBERNAL F	549
BIJKER R	549
CHUMAKOV SM	740
FRANK A	740
WOLF KB	740
LEMUS R	847
FRANK A	847
BIJKER R	847
PEREZBERNAL F	847
ARIAS JM	847
LEMUS R	1253
FRANK A	1253
ANDRES MV	1253
LEYVRAZ F	1253
FRANK A	1388
LEMUS R	1388
BIJKER R	1388
PEREZBERNAL F	1388
ARIAS JM	1388
STOITSOV MV	1709

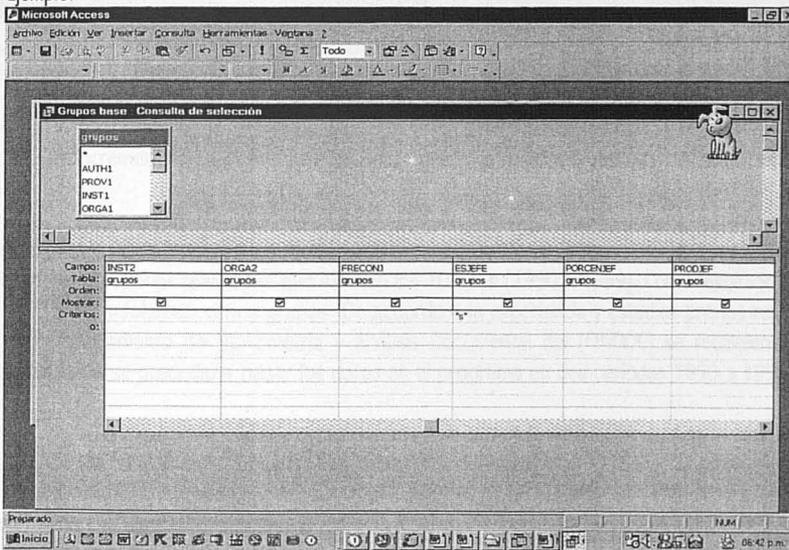
Estas consultas ayudaron a decidir si las variantes de un mismo nombre se corresponden con un único autor, también permiten comprobar si las variantes (nombres distintos) escriben con las mismas personas, o escriben juntos son dos personas diferentes.

*Por Grupos:* Esta consulta también ayudó a identificar variantes de un mismo nombre, se realizó sobre la tabla GRUPOS, se seleccionó toda la hoja y se ordenó:

- 1º grupo ascendente
- 2º frec inf descendente
- 3º autor ascendente

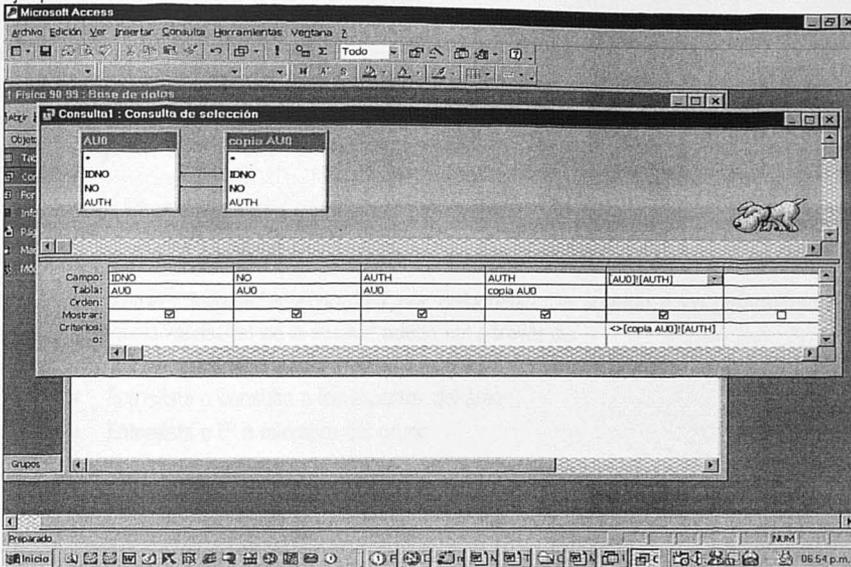
Esta consulta se imprimió ya que permitió observar los grupos y la dirección codificada de cada miembro, se observó si hubiera alguna codificación incompleta que haga que determinados autores aparezcan duplicados en (Aucen= Autores y Direcciones). También puede darse el caso de que determinadas modificaciones en el MAESORG (Archivo Maestro de Direcciones) hagan que una persona aparezca vinculada a dos instituciones cuando en realidad esos códigos de (Dirección) se corresponden con un único centro.

**Ejemplo:**



*Correcciones:* Las correcciones se realizaron en la tabla AUO, previamente se realizó una copia (AUO Copia) con la finalidad de obtener una lista de los nombres cambiados. Se debe apuntar todos los cambios que se hacen en las tablas de AUO y COO (direcciones codificadas) y comparar los resultados de la consulta AUO y Copia AUO lo que permitirá confirmar que se han realizado los cambios de forma correcta:

### Ejemplo:



Al concluir las correcciones se procedió nuevamente a correr los datos (registros) en el programa lo que permitió que se incrementara el porcentaje de documentos asignados a grupos que paso del 70.48% al 75.74%.

El análisis de grupos no es posible en períodos grandes, lo anterior se confirmó con los resultados obtenidos en las dos primeras pruebas realizadas que incluían los 10 años (1990 a 1999). Como resultado se observó macro-grupos que englobaban varios grupos. De acuerdo a la experiencia y estudios previos realizados por el grupo del Departamento de Bibliometría y Análisis Documental del (CINDOC) se recomienda períodos pequeños. Por tanto se procedió a pasar los datos en el programa en dos períodos 1990 a 1994 y 1995 a 1999.

Los parámetros establecidos en ambos períodos fueron los siguientes:

- Frecuencia mínima para ser grupo > ó = 2
- Frecuencia mínima para ser jefe > ó = 6
- % documentos con jefe > ó = 60
- Deber ser del mismo centro o indet.: Falso
- No. miembros grupo contando jefe > ó = 3

Para el período 1990 a 1994 se obtuvo un 55.64 % de documentos asignados a grupos y 70.61% para el segundo período 1995 a 1999. Con estos datos se inició la validación de los datos y el análisis de resultados.

### 3.3.4. Validación de la Metodología

Como se indicó el porcentaje en números redondos en cada quinquenio de documentos asignados a grupos fue de 56(%) y 71(%); el (44% y 29%) restantes (primero y segundo quinquenio) no fue asignado, por tanto, la validación se enfocó en primer lugar a identificar a los autores asignados a grupos, así como los no asignados. Se organizó la información en dos secciones:

- a) Grupos (autores asignados a grupos) por quinquenio
  - b) Autores no asignados a grupos por quinquenio.
- a) *Grupos (autores asignados a grupos) por quinquenio.* De acuerdo a los desarrolladores de la metodología la validación de la misma<sup>6</sup> puede ser a través de:
- Entrevista o consulta a los expertos del área
  - Entrevista a IP o miembro del grupo
  - Consulta a los investigadores del área por grupos que no son los suyos
  - Consulta al conjunto de publicaciones de los autores
  - Consulta a curriculum vitae
  - Consulta a páginas Web

Para validar los primeros resultados (grupos observados: 42 grupos en el primer período y 96 en el segundo) se aplicó la primer opción (Consulta a los expertos del área).

Para la validación de los Grupos de Investigación Más Productivos (GIMP) (26 grupos para el primer período y 67 para el segundo) se aplicaron los cuatro primeros puntos (Cuadro 3-7).

Cuadro 3-7. Forma de validación de los datos

DATOS	1990 a 1994	1995 a 1999	FORMA DE VALIDACIÓN
GRUPOS	42	96	Consulta a experto en el área
GIMP	26	67	Entrevista o consulta a los expertos del área Entrevista a IP o miembro del grupo Consulta a los investigadores del área por grupos que no son los suyos Consultando publicaciones de los autores
AUTORES NO ASIGNADOS A GRUPOS	768 (557 publicaron un documento en el periodo)	1,299 (1,002 publicaron un documento en el periodo)	Entrevista 34 con 11 a 6 documentos: 13 autores entrevistados (primer quinquenio) 32 con 22 a 8 documentos: 15 autores entrevistados (segundo quinquenio)

- b) *Los autores no asignados a grupo.* Se entrevistó un total de 28 autores considerados como los más productivos. En el primer período por orden descendente se observó de 11 a 1 documentos por autor y para el segundo de 16 a 1. En el primer período se entrevistaron 13 autores (con 11 a 7 documentos) y en el segundo 15 (con 16 a 8 documentos). En la entrevista se planteó una pregunta: a) es correcto que no aparezca en un grupo? La respuesta fue afirmativa. Algunos de los comentarios adicionales obtenidos en la entrevista se concentran en el Cuadro 3-8. Estos describen la forma de realizar investigación en un sector de esta población.

<sup>6</sup> Comunicación personal con la Dra. María Bordons, Diciembre 2003.

Cuadro 3-8. Autores muy productivos no asignados a grupos

AUTORES SIN GRUPO MUY PRODUCTIVOS	1990-1994	1995-1999
a) Autores que trabajan solos	4	1
b) mantienen colaboraciones dispersas		2
Ambos a) y b)	3	3
Tienen más producción de la indicada en programa:		
c) Sus colaboraciones en promedio fueron con otro colega	1	1
d) Se identificó como dos autores	1	4
Trabajaron en distintas instituciones y el programa dividió su producción		
e) en un grupo (no es su producción total)	2	1
f) se identificó como dos autores	1	
g) ambos f) y g)	1	1
Señalan ser miembros de un grupo. El programa no los asignó por:		
h) el autor incluyó en la dirección más de una institución		1
i) el autor escribe en distintos idiomas su dirección		1
TOTAL DE AUTORES	13	15

### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN MÁS PRODUCTIVOS (GIMP)

La producción científica del área de la Física en la UNAM publicada en las revistas clasificadas bajo la misma área de Física<sup>7</sup>, en el Science Citation Index (SCI) versión CD-ROM en el período 1990 a 1999 ascendió a 2,209 documentos en 7,395 ocurrencias de autores que correspondieron a 2,384 autores únicos (autor+dirección). Prescindiendo de los autores *ocasionales* (responsables de un solo documento) correspondió el 46% es decir, 1,099 autores que publicaron dos o más documentos en la década de los noventa (Cuadro 3-9).

Cuadro 3-9. Publicaciones de la UNAM en el área de la Física (SCI) y número de autores identificados en el área según su producción (1990 a 1999)

Número de documentos	2,209
Número de ocurrencias de autores	7,395
Número de autores únicos	2,384
con más de 1 documento	1,099 (46%)
con 1 documento	1,285 (54%)

La producción anual de los documentos (publicaciones de los autores de la UNAM en el área de la Física) experimentó un crecimiento anual medio de 11.82% desde 1990 a 1999, un porcentaje mayor correspondió al crecimiento de autores activos en el área (15.4%). (Fig. 3-3) El número medio de autores por documento fue de 3.34.

<sup>7</sup> Institute for Scientific Information. Journal Citation Reports. Filadelfia: Institute for Scientific Information, 1999.

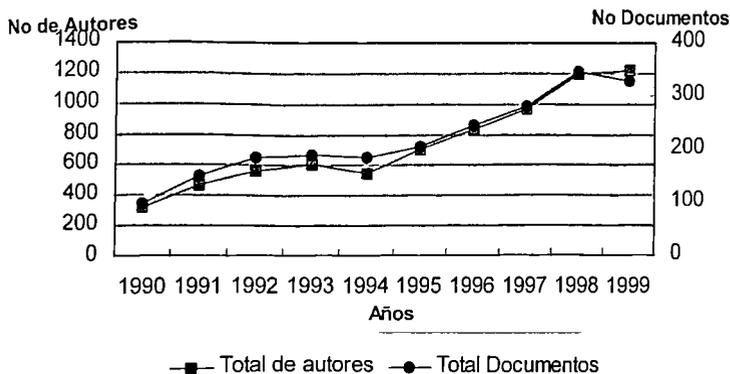


Fig.3-3. Evolución anual del número total de autores y documentos en el área de la Física en la UNAM.

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

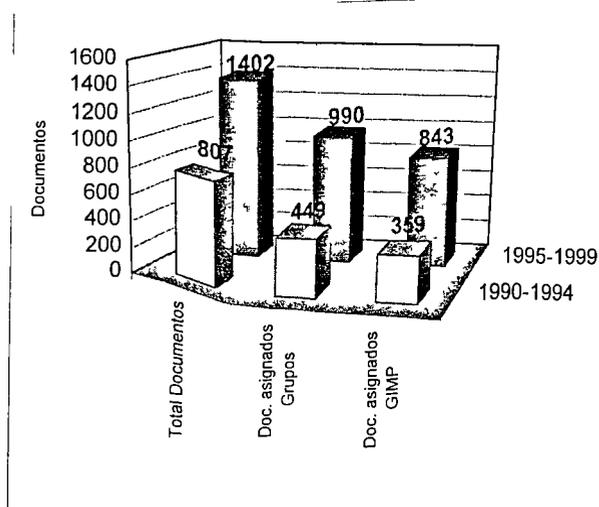


Fig. 3-4. Producción científica y documentos asignados a Grupos por quinquenio: 1990-1994 y 1995-1999

Se identificaron un total de 42 grupos en el primer quinquenio y 96 en el segundo. Del total de los autores con más de un documento asignados a grupos (1,099), el 51% (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 documentos que correspondió al 56%. El 71% (990) documentos correspondieron al segundo periodo, cada equipo genero 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 del número de grupos del 128.5%, superior al aumento detectado para el número de publicaciones 120.4%. Prescindiendo de los autores "ocasionales", responsables de un solo documento en cada quinquenio, el total de los grupos incluía un 60% de los autores firmantes de documentos, y era responsable de un porcentaje poco mayor (65%) de los documentos publicados en la UNAM en el área de la Física. (Cuadro 3-10) (Fig. 3-5).

Cuadro 3-10. 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 UIMP

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(23%)	162	534(29%)	423
Número documentos asignados a grupos	449(56%)	359	990 (71%)	843

Nota: total grupos incluye aquellos con seis o más documentos/quinquenio.

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

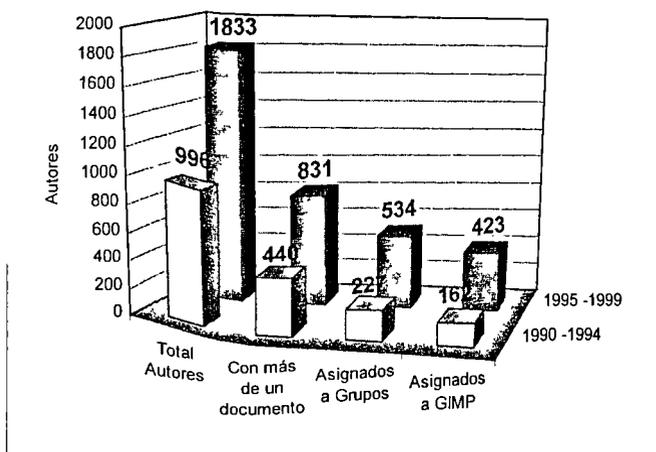


Fig. 3-5. Total de autores/autores asignados a grupo/autores asignados a GIMP por quinquenio: 1990-1994 y 1995-1999

Los Grupos de Investigación Más Productivos (GIMP) (10 o más documentos/quinquenio), objeto de este estudio, incluyeron el 62% de los grupos del primer período (26 grupos) y el 70% de los equipos del segundo quinquenio (67 grupos) (Figs. 3-6 y 3-7). Estos grupos reunían cerca de un tercio de los autores con actividad sostenida, y eran responsables del 44.5-60% de los documentos de los autores de la UNAM en el área.

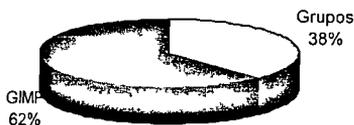


Fig. 3-6 Grupos de Investigación Más Productivos (GIMP) 1990 a 1994

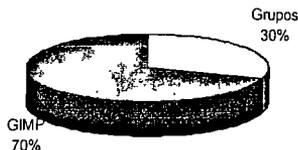


Fig. 3-7 Grupos de Investigación Más Productivos (GIMP) 1995 a 1999

Los GIMP seleccionados para el análisis fueron 26 de 42 (1990-1994) y 67 de 96 (1995-1999), éstos agrupan 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). Producen el 80% (359 de 449) y 85% (843-990) de los documentos publicados por investigadores de la UNAM en revistas de Física en los dos periodos, con un crecimiento medio de 6.4% en los años 1990-1994 y 13.5% para 1995-1999. El porcentaje de incremento medio en cada quinquenio por el número de autores activos en el área fue de 22.4% y 19.3%. (Cuadro 3-10).

Al comparar los dos periodos, se observó que el incremento del número de GIMP fue más del doble del de los grupos de menor producción (el 158% frente al 81%), al igual que ocurrió con el incremento del número de documentos y del número de autores adscritos a grupos (Cuadro 3-10). Esto indica una tendencia gradual a la concentración de la actividad en los GIMP.

### 3.4.1. Distribución institucional de los GIMP en la UNAM

La concentración de los GIMP en ambos periodos se identificó básicamente en tres dependencias: Instituto de Física (IF), Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM) y el Instituto de Ciencias Nucleares (ICN). La concentración de los grupos fue mayor en el IF con el 58% y 45% seguido del 19% y 15% en el IIM y el ICN con el 8% y 18%; este último presentó una notable diferencia en el número de grupos de un periodo a otro, incrementó de 2 grupos (primer periodo) a 12 grupos (segundo periodo), el IF y el IIM ambos incrementaron el 100%, es decir de 15 a 30 y de 5 a 10 (Fig. 3-8).

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

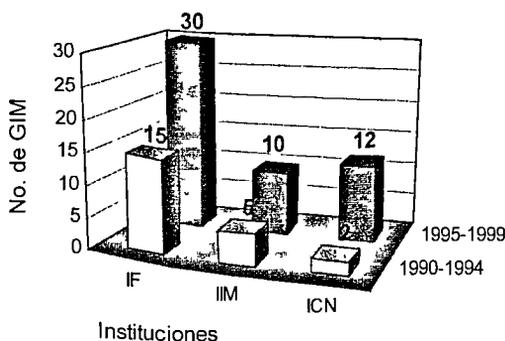


Fig. 3-8. Distribución Institucional de los GIMP de la UNAM por quinquenio

### 3.4.2. Actividad de los Grupos de Investigación Más Productivos (GIMP)

Los GIMP presentaron un tamaño medio de 7 autores 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. Ninguna de estas variables experimentó cambios importantes a lo largo del tiempo (Cuadro 3-11).

Cuadro 3-11. 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	16.4 $\pm$ 5.01 Me=14; Mo=4; 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

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

Los países con los que se identificó la mayor colaboración en ambos períodos, además de mantener o bien incrementar su participación son los Estados Unidos, Francia y España. En países como Bélgica, Canadá y Alemania la colaboración descendió notoriamente, pasando de un (9%, 5% y 13%) primer período, a un (1.3%, 0.9% y 6%) segundo período. Por otro lado se identificó el inicio de la colaboración con países como Polonia, Ucrania, Inglaterra y Rusia (13%, 11% y 7% para los dos últimos) (Cuadro 3-12).

Cuadro 3-12. 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%

Las primeras tres instituciones internacionales identificadas que colaboraron con los GIMP en orden de mayor a menor participación se observan en el Cuadro 3-13.

Cuadro 3-13. Colaboración internacional de los GIMP por quinquenio

País	Institución 1990-1994	País	Institución 1995-1999
Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boston Univ</li> <li>- Ohio Univ</li> <li>- Louisiana State Univ</li> </ul>	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Brigham Young Univ</li> <li>- Oak Ridge Natl Lab</li> <li>- Iowa State Univ Science Technology</li> </ul>
Francia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ctr Natl Recherche Scientifique</li> <li>- Univ Paris 06</li> <li>- Univ Grenoble 1 (Univ Scientifique Medicale)</li> </ul>	Francia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ctr Natl Recherche Scientifique</li> <li>- Univ Paris 06</li> <li>- Univ Grenoble 1 (Univ Scientifique Medicale)</li> </ul>
España	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Univ Sevilla</li> <li>- Cons Sup Inv Científica</li> <li>- Univ País Vasco</li> </ul>	España	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Univ Sevilla</li> <li>- Univ Extremadura</li> <li>- *Cons Sup Inv Científica</li> <li>- * Univ Illes Balears</li> <li>- * Univ País Vasco</li> </ul>
Alemania	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Univ Giessen</li> <li>- Wissenschaftskolleg Berlin</li> <li>- Max Planck Inst Nucl Phys</li> </ul>	Alemania	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Max Planck Inst Met Res</li> <li>- Univ Giessen</li> <li>- Tech Univ Berlin</li> </ul>

\* Aparecen en la misma posición (con la misma cantidad de documentos)

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

Los grupos medios (6-10 miembros primer período y de 7-15 miembros en segundo período) presentaron la mayor producción, como muestra la correlación positiva identificada entre el número de documentos de los grupos y su tamaño grupal (Fig. 3-9 y 3-10). Esta relación no se verificó al relativizar la producción en función del tamaño del grupo, sino que se observó una correlación negativa entre productividad y tamaño grupal (Fig.3-11 y 3-12)

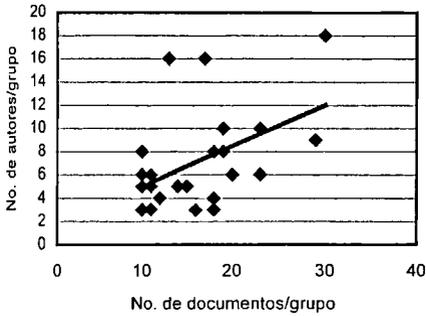


Fig. 3-9 Correlación entre tamaño grupal y número de documentos por grupo en periodo 1990-1994

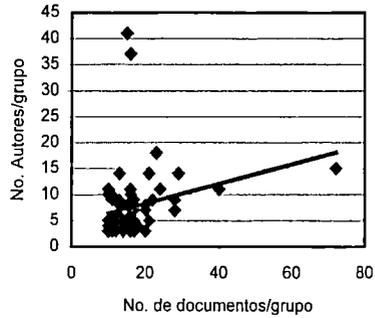


Fig.3-10 Correlación entre tamaño grupal, número de documentos por grupo en periodo 1995-1999

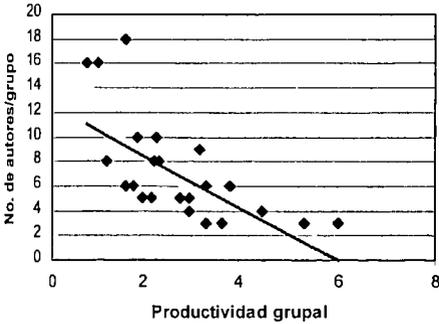
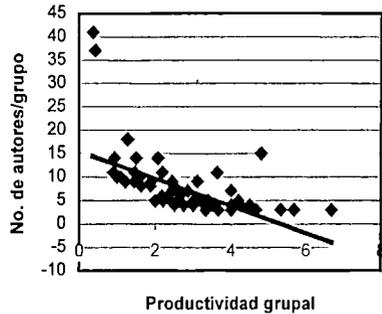


Fig. 3-11. Correlación entre tamaño y la productividad grupal en el período 1990-1994



---

### 3.4.3. Áreas de especialización

Las áreas de investigación donde publican los GIMP que prevalecieron en ambos periodos en orden de mayor a menor número de documentos publicados fue: Física general, (74 y 193 documentos primer y segundo período), Física de la materia condensada (52 y 51 documentos) y Física Matemática (11 y 26 documentos). La Física Aplicada (50 documentos) sólo se identificó en el primer período; en el segundo se observaron áreas nuevas como la Física Atómica y Molecular (27 documentos), Física Nuclear (60 documentos) y la Física de Partículas y Campos (27 documentos).

Las diez primeras revistas donde más publicaron los GIMP se presentan en el (Cuadro 3-14); las revistas identificadas en ambos periodos fue por orden alfabético: *Journal of Physics A*, *Physical Review A y B* y *Revista Mexicana de Física (RMF)*, esta última presentó en ambos periodos el mayor número de documentos publicados (31 y 100 primer y segundo quinquenio).

Comparando el Factor de Impacto (FI) medio del primer período con el segundo y complementando la información con la clasificación del *Journal Citation Reports (JCR, 1992 y 1997)* por categoría se observó la tendencia de los GIMP a publicar en revistas con mayor FI, ubicadas en el primer cuartil de su área<sup>8</sup>. Tres de las cuatro áreas de especialización identificadas en ambos periodos (Física General, Materia Condensada y Física-Matemática) se observan en el primer cuartil del área. Cabe destacar el caso del área de la Física-Matemática que en el primer período se ubicó en el tercer cuartil y para el segundo período se ubicó en el primer cuartil, publicando además en la revista de mayor FI (2.233), primer posición en su área (*Physical Review E*). Respecto de las áreas de recién aparición identificadas en el segundo período como la Física de Partículas y Campos publicaron en la *Physical Review D*, ubicada en la tercera posición de 16, es decir, en el primer cuartil, con un FI de 3.420. En la Física Atómica y Molecular así como en la Física Nuclear se ubicaron en el segundo cuartil (Cuadro 3-14).

Cabe señalar que en el área de la Física General la *RMF* no aparece en el primer período en el JCR por tanto no presenta FI, en el segundo período aparece con 0.227 de FI y de acuerdo a la clasificación del JCR se ubicó en el último cuartil (55/63), el resto de las revistas identificadas en ésta área se ubicaron en el primer cuartil (10/64 y 11/64, primer período), en el segundo período las revistas identificadas se ubicaron en los cuatro cuartiles (Cuadro 3-14).

---

<sup>8</sup>La posición que ocupa la revista en el JCR clasificados por área, ordenados en forma descendente de FI.

Cuadro 3-14. Áreas de especialización por revistas de publicación de los GIMP.  
Factor de Impacto medio por quinquenio y ubicación en el JCR por categoría.

Áreas*	Período 1990-1994				Período 1995-1999			
	Nombre de la revista	No. Doctos	FI 1992	Ubicación en el JCR** por categoría	Nombre de la revista	No. Doctos	FI 1997	Ubicación en el JCR*** por categoría
Física General	Revista Mexicana de Física	31	---	---	Revista Mexicana de Física	100	0.227	55/63
	Physical Review A	24	2.157	11/64	Physica A	36	1.206	21/63
	Journal of Physics A	19	2.189	10/64	Journal of Physics A	30	1.480	17/63
					Physical Review A	27	2.764	7/63
Materia Condensada	Thin Solid Films	21	1.029	18/34	Physical Review B	51	2.880	4/45
	Physical Review B	19	3.259	3/34				
	Journal of Physics-Condensed Matter	12	1.627	7/34				
Física-matemática	Journal of Mathematical Physics	11	0.880	9/13	Physical Review E	26	2.233	1/25
Física Aplicada	Materials Letters	27	0.695	31/47				
	Physica C	12	2.044	6/47				
	Journal of Applied Physics	11	0.975	23/47				
Física Atómica y Molecular					Molecular Physics	27	1.700	15/31
Física Nuclear					Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B	34 26	1.016 1.975	16/21 9/21
Partículas y Campos					Physical Review D	27	3.420	3/16

\* área de especialización identificadas en el Cuadro 3-2 (Subáreas de la Física en el JCR 1999)

\*\* Journal Citation Reports, 1992

\*\*\* Journal Citation Reports, 1997

### 3.4.4. 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 3-15) se presenta la evolución experimentada por los grupos del primer periodo. El 50% de los GIMP no se identificaron como tales en el

segundo período, y se caracterizaron por un tamaño significativamente más pequeño que los grupos que se mantuvieron en el tiempo como muy productivos.

Considerando los 26 grupos del primer período 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 período.

Considerando los 67 grupos del segundo período, 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 períodos 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%) tenían en común con el primer período más de dos tercios de sus miembros.

Cuadro 3-15. Evolución de los GIMP del primer período 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 traslape entre grupos: 23 autores (10% de los autores) estaban adscritos a más de un grupo (primer período) 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 observó 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 3-16).

Cuadro 3-16. Colaboración entre grupos

Períodos	1990-1994		1995-1999	
	42 Grupos	GIMP 26	96 Grupos	GIMP 67
Total Grupos				
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%)

### 3.4.4.1. 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 (primer y segundo quinquenio). 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 3-17). 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 (Figs. 3-13 y 3-14).

Cuadro 3-17. 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)

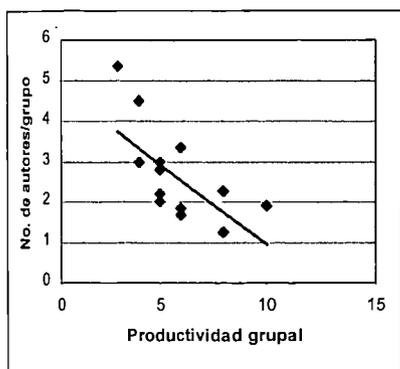


Fig.3-13. Correlación entre el tamaño y la productividad de los grupos no estables, 1990-1994

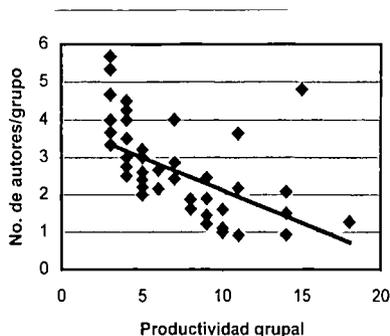


Fig.3-14. Correlación entre el tamaño y la productividad de los grupos no estables, 1995-1999

### 3.5. VALIDACIÓN DE LOS GIMP

Se validó el 90% de los GIMP (23 de 26) en el primer período y el 80.5% del segundo (47 de 67) (Anexo VI, p.124). La validación de los GIMP fue a través de:

- *Entrevista o consulta a los expertos del área*
- *Entrevista a IP o miembro del grupo*
- *Consulta a los investigadores del área por grupos que no son los suyos*
- *Consultando el conjunto de publicaciones de los autores*

*Entrevista o consulta a los expertos del área.* Como primer paso en la validación de los GIMP se solicitó a tres expertos del área verificar de manera general a los GIMP. En los tres casos se confirmó, pero sin embargo en los tres casos se indicó no conocer a todos los GIMP, por lo que se procedió a realizar entrevistas a IP's o miembros del grupo. Algunos de éstos permitieron validar otros grupos y en algunos casos se procedió a la consulta de publicaciones de los autores.

*Entrevista a IP o miembro del grupo.* Con la finalidad de validar la composición de los GIMP se procedió a realizar entrevistas, en éstas se plantearon dos preguntas: 1) Las personas que figuran en el listado ¿son miembros del grupo? y 2) ¿Falta algún miembro importante? Se realizaron 47 entrevistas: 22 se realizaron a IP's (seis del primer período y 16 del segundo), 25 a miembros de los grupos (5 primer período y 20 en el segundo).

*Por otro lado consultando a tres investigadores del área por grupos que no son los suyos* se lograron validar seis grupos del primer período; para el segundo período se consultó a cinco investigadores que validaron 18 grupos, las preguntas realizadas fueron las mismas del punto anterior.

*La consulta de publicaciones de los autores* se realizó en la validación de seis grupos del primer período (Cuadros 3-18).

Cuadro 3-18. Validación de los GIMP

FORMA DE VALIDACION	1990-1994	1995-1999
Experto	Validación general	Validación general
Entrevista IP	6	16
Entrevista Miembro del grupo	5	20
Consulta a investigadores que no son sus grupos	6	18
Publicaciones de los autores	6	
Total de grupos validados	23	54

En el primer período se confirmó que los 23 grupos validados se identificaron en forma correcta, no así para el segundo período en donde cinco de los 47 grupos validados señalaron que faltaban miembros del grupo (Anexo VI, p.124). En tales casos se realizó un análisis detallado identificándose lo siguiente:

- 
- Caso uno. Se identificó que faltaban dos miembros del grupo. Uno de los miembros faltantes se asignó a otro grupo. Se identificó que no reunió una de las condiciones o parámetros establecidos al programa "porcentaje mínimo de publicaciones que un autor tiene que firmar junto con un investigador principal 60%", y su colaboración mayor fue con otro grupo. El otro miembro faltante no se identificó en la base de datos en el período señalado.
  - Caso dos. En SCI aparece solo como autor único en el período señalado.
  - Caso tres. Se identificó como autor no asignado a grupo: se observó formas distintas de firmar los documentos y por tanto se dividió su producción, el programa lo identificó como dos autores.
  - Caso cuatro. El miembro del grupo faltante señaló en su producción científica distintas instituciones.
  - Caso cinco. El miembro faltante se identificó como IP de otro grupo. (en las condiciones establecidas al programa para la formación de grupos se especificó que sólo el IP no sería asignado a otros grupos).

Vale la pena mencionar dos comentarios adicionales obtenidos en las entrevistas y que describe algunos grupos en el área de la física en la UNAM:

- Mantienen colaboración con autores de otras disciplinas, entre éstas se mencionó a la Química, Antropología y Arqueología.
- En algunos grupos el IP labora en dependencias especializadas en el área de la Química.

---

## Literatura citada

- Alonso Gamboa, JO (1993). *Catálogo de instituciones registradas en la base de datos Bibliografía Latinoamericana (Biblat, Clase y Periódica)*. México, UNAM, Centro de Información Científica y Humanística, Departamento de Bibliografía Latinoamericana. 250 p.
- Álvarez-Ossorio, JRP; Gómez, I.; Martín-Sempere, MJ. (1997). International visibility of domestic scientific literature. *Journal of Information Science* 23(1):98-101.
- Atlas de la Ciencia Mexicana, 2003*. (2003). México, Academia Mexicana de Ciencias. 65 p.
- Arvanitis, R; Russell, JM; Rosas, AM. (1996). Experiences with the national citation reports database for measuring national performance: the case of Mexico. *Scientometrics* 35(2): 247-255.
- Beaver, D. de B; Rosen, R. (1978). Studies in scientific collaboration. Part I. The professional origins of scientific coauthorship. *Scientometrics* 1(1):65-84.
- Beaver, D. de B; Rosen, R. (1979a) Studies in scientific collaboration. Part II. Scientific coauthorship, research productivity and visibility in the French scientific elite. *Scientometrics* 1(2):133-149.
- Beaver, D. de B; Rosen, R. (1979b). Studies in scientific collaboration. Part III. Professionalization and natural history of modern scientific coauthorship. *Scientometrics* 1(3):231-245.
- Bordons, M; Garcia-Jover, F; Barrigón, S. (1993). Is collaboration improving research visibility? Spanish scientific output in pharmacology and pharmacy. *Research evaluation* 3(1):19-24.
- Bordons, M; Zulueta, MA. (1997). Comparison of research team activity in two biomedical fields. *Scientometrics* 40(3):423-436.
- Bordons, M; Zulueta, MA; Barrigón, S. (1998). Actividad científica de los grupos españoles más productivos en farmacología y farmacia durante el período 1986-1993 a través del Science Citation Index (SCI). *Medicina Clínica (Barcelona)* no.111: 489-495.
- Bordons, M., Zulueta, MA, Cabrero, A; Barrigón, S. (1995a). Identifying research teams with bibliometric tool. *Proceedings of the Fifth Biennial Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics. Medford. 7-10 de junio*. Medford: Learned Information. p.83-92.
- Bordons, M; Zulueta, MA; Cabrero, A; Barrigón, S. (1995b). Research performance at the micro level: analysis of structure and dynamics of pharmacological research teams. *Research evaluation* no.5:137-142.
- Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física; 2000-2001*. (2000). México, SMF: FELASOFI. 397 p.
- Catálogo Latinoamericano 1997 de Programas y Recursos Humanos en Física* (1996). México, Sociedad Mexicana de Física. 300 p.
- Catálogo 1995-96 de Programas y Recursos Humanos en Física México, Centroamérica y El Caribe*. (1995). México, Sociedad Mexicana de Física. 194 p.
- Catálogo 1994-95 de Programas y Recursos Humanos en Física*. (1994). México, Sociedad Mexicana de Física, 181 p.
- Catálogo 1993-94 de Programas y Recursos Humanos en Física*. (1993). México, Sociedad Mexicana de Física. 167 p.
- Catálogo 1992-93 de Programas y Recursos Humanos en Física*. (1992). México, Sociedad Mexicana de Física. 163 p.
- Catálogo 1991-92 de Programas y Recursos Humanos en Física*. (1991). México, Sociedad Mexicana de Física. 151 p.

---

Del Río, JA; García, EO; Ramírez, AM. (2000). Sobre la relevancia de las revistas mexicanas del área de física. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 14(2):51-54.

Directorio de Centros de Información. (1999). México, IBCON. 909 p.

Directorio telefónico UNAM; 2001/2002. (2002). México, UNAM. [pág.var.]

Fernández, MT; Cabrero A; Zulueta, MA; Gómez, I. (1993). Constructing a relational database for bibliometric analysis. *Research Evaluation* 3(1): 55-62.

Hirsch Ganievich, J. (2000). Física nuclear en México: símbolo y presencia. In López de Haro, M. coord.. *Foros: Diagnóstico de la Física en México*. México, Academia Mexicana de Ciencias. p.99-103.

Indicadores de actividades científicas y tecnológicas; 1990-1999. (2000). México, SEP:CONACYT. 283 p.

Luna Morales, ME. (2004). *El uso de nuevas tecnologías de información por investigadores mexicanos del área de Física de Partículas Elementales*. Tesis Maestría Bibliotecología. México, Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Filosofía y Letras. 112 p.

Menchaca Rocha, A. (2003). Sección de Física. En Peña, JA de la, ed. *Estado actual y prospectiva de la ciencia en México*. México, Academia Mexicana de Ciencias. p.108-118

Menchaca Rocha, A. (2000a). La Física en México; los temas y las instituciones. En *Las ciencias exactas en México*. México, CONACULTA: FCE. p.97-117.

Menchaca Rocha, A. (2000b). La Física en México; situación actual y perspectivas. En *Las ciencias exactas en México*. México, CONACULTA: FCE. p.119-143.

Pérez Angón, MA. (1992). La Física mexicana en 1986-1991. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 6(3):100-109.

Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (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. p.61-86.

Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1998). La Física mexicana en perspectiva: 1986-1996. *Inter ciencia* 23(3):163-175.

Pérez Angón, MA; y Torres Vega, G. (1996). Una visión de la Física mexicana. *Avance y Perspectivas* no.15: 203-210.

Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1994a). Perspectivas de la Física mexicana. *Academia* 21:14-24.

Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1994b). Retos y perspectivas de la Física mexicana 1989-1993. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 8(3):119-130.

Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1993). Situación de la Física mexicana en 1986-1992. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 7(3):107-117.

Rodríguez Sala de Gómezgil, ML; Chavero, A; Tovar A. (1980). *El científico en México. Primera parte : ciencias exactas*. México, UNAM. Instituto de Investigaciones Sociales. 115 p. (Cuadernos de Investigación Social 2)

Russell, JM. (1995). The increasing role of international cooperation in science and technology research in Mexico. *Scientometrics* 34(1):45-61.

Sanz-Menéndez, L ; Bordons, M ; Zulueta, MA. ( 2001). Interdisciplinarity as a multidimensional concept; its measure in three different research areas. *Research Evaluation* 10(1):47-58.

---

*The World of Learning; 2002.* (2001). England, European Publication. 2238 p.

Zulueta, MA; Bordons, M. (1999). A global approach to the study of teams in multidisciplinary research areas through bibliometric indicators. *Research Evaluation* 8(2):111-118.

Zulueta, MA; Cabrero, A; Bordons, M. (1999). Identificación y estudio de grupos de investigación a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española de Documentación Científica* 23(3):333-348.

---

## DISCUSIÓN

El presente trabajo analiza la investigación de los GIMP en la UNAM integrados al campo de la Física en dos periodos consecutivos: 1990-1994 y 1995-1999. De acuerdo a los objetivos planteados para el estudio, se identifica a los GIMP en el campo de la Física en la UNAM, se caracteriza su actividad investigadora, producción, productividad y FI. Se sitúa su actividad analizando ubicación dentro de las dependencias de la UNAM, áreas de especialización y colaboración en el ámbito nacional e internacional. Asimismo se identifica y analiza a los grupos estables (grupos que en su evolución de uno a otro quinquenio conservaron un núcleo de autores, así como el IP).

### *La Física en la UNAM y caracterización de los GIMP*

En la década analizada se detectó un crecimiento en el número de autores activos en la Física, así como incremento en el número de documentos, lo que sugiere una relación causa-efecto entre ambos, que prevalece frente a posibles cambios de hábitos de publicación y/o productividad individual (Fig. 3-3).

#### Crecimiento

La incorporación de nuevos autores repercutió en un aumento del número total de grupos en el área (77.6%) y, curiosamente, el número de GIMP se incrementó más que el de los restantes equipos (el 158% frente al 81%) (Fig. 3-5). Este incremento fue similar en disciplinas analizadas como la farmacología y farmacia (Bordons, et al., 1998), 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.

#### Interdisciplinariedad

El análisis en 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's de estos grupos trabajan en distintas líneas de investigación por tanto el grupo identificado muestra a todos los colaboradores que no necesariamente trabajen en la misma línea e incluso no todos los miembros se conocen entre los que aparecen como grupo. 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; entre otras disciplinas identificadas fue la antropología y la arqueología, por tanto al parecer los grupos se forman para hacer frente a proyectos concretos.

#### Ubicación

El análisis realizado a los GIMP en el campo de la Física en la UNAM los ubicó básicamente en tres dependencias: IF, ICN e IIM, mismas que también pueden observarse en los estudios realizados por Pérez Angón (1992), Pérez Angón y Torres Vega (1993, 1994a, 1994b, 1996, 1998 y 2000). Estos autores describen de manera general a la Física mexicana en la década de los noventa e identifican a los principales

---

grupos de investigación por subáreas e institución. Las instituciones de la UNAM que lograron identificar como las más productivas coinciden con los resultados de la presente investigación.

### Subáreas de especialización

Las subáreas de interés tradicional de la comunidad de los GIMP en la década de los noventa fueron: Física General, Física de la Materia Condensada, Física Atómica y Molecular y Física Matemática. Con excepción de la primera, las tres restantes subáreas fueron ya identificadas en estudios previos (Pérez Angón y Torres Vega, 2000 y Menchaca Rocha, 2000a) (Cuadro 1-2). Las nuevas líneas de interés de los GIMP identificadas en el segundo quinquenio son la Física Nuclear y la Física de Partículas y Campos. Estas son analizadas en dos estudios de Hirsch (2000) y Luna Morales (2004). El primero presenta algunas de las acciones concretas realizadas a finales de la década de los noventa con la finalidad de contribuir en el avance y desarrollo de la misma. El segundo identifica la participación del grupo de físicos mexicanos en el área de la Física de Partículas y Campos desde su origen a la fecha. Ambos estudios evidencian la madurez de estas áreas y complementan a la actual investigación.

Cabe mencionar que dos de las subáreas: Física de la Materia Condensada y Física Atómica y Molecular, también son identificadas 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 número de recursos humanos que reportan en ambas subáreas. La primera presenta el mayor número con alto nivel académico (poco más de 300 investigadores con doctorado), sus publicaciones presentan un impacto relativo de poco menos de 4 citas/artículos, período 1991-1999. En contraste con la segunda subárea (Física Atómica y Molecular) que se reporta con 50 investigadores nivel doctorado (es decir, el 17% de la Materia Condensada) y sus publicaciones han obtenido un impacto relativo de 6 citas/artículos en el mismo período (1991-1999).

### Formas de Publicación

Los GIMP en el campo de la Física en la UNAM tendieron a publicar en revistas con alto Factor de Impacto ubicadas en el primero y segundo cuartil de su área (cinco de 10 títulos se ubicaron en el primer cuartil y tres en el segundo en ambos periodos). Por otro lado, se observó cierta preferencia en publicar en la *Revista Mexicana de Física (RMF)* (31 y 100 documentos, primero y segundo período) ubicada en el cuarto cuartil en su área (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 otros posibles investigaciones)<sup>9</sup>. Estudios previos de Pérez Angón y Torres Vega ya citados, coinciden con dicha preferencia, ubicándola en primer lugar de artículos publicados por los físicos mexicanos en la década analizada. En 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 pero además de agregar un factor importante por el cual se publica 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".

---

<sup>9</sup> En este punto se puede mencionar el trabajo realizado por Del Río, García y Ramírez (2000) que realizaron un análisis de las revistas mexicanas del área de Física concluyendo 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 pudiera pensar, en una disminución de citas, se analizó dos años, identificando 107 artículos en 1997 y 206 en 1998, se observó un aumento del orden del 100% en el número de artículos publicados.

---

## Tamaño

Una de las características grupales más estudiadas por su visible repercusión sobre la actividad científica es el tamaño de grupo. En el estudio el tamaño medio de los GIMP fue de 7 autores, pero hay que tener en cuenta que la selección de GIMP se hizo atendiendo a la producción total del grupo, sin relativizar en función del tamaño grupal, lo que favoreció a los grupos grandes. La selección actual fue la que recogió mayor número de autores y documentos y englobó los grupos grandes que en principio parte de una situación de ventaja para contribuir al avance de la ciencia.

## *Colaboración de los GIMP de la Física en la UNAM*

Un aspecto que vale la pena resaltar de los GIMP en el campo de la Física en la UNAM es la tendencia observada a la colaboración en la disciplina. El hecho de que de los 807 y 1402 artículos producidos entre 1990-1994 y 1995-1999 y que el 87% y 90% de éstos han sido elaborados entre dos o más investigadores pone de manifiesto que las investigaciones conjuntas son una práctica a la que recurren los investigadores de la disciplina. El número de artículos firmados por dos o más autores analizado por año en los dos quinquenios fue muy irregular a pesar de presentar un alto porcentaje. Al inicio del primer período tendió a decrecer, no así para el segundo período donde se observó cierta tendencia a incrementar, aunque también se observó un descenso a mitad del período; por ejemplo, en 1990 este tipo de documentos representó el 90%; en 1992 el 87.5 y para 1994 el 84%, en el segundo período para 1995 fue del 90%, en 1997 el 88% y en 1999 de 91%. Pero además, esta colaboración tiende a realizarse a nivel internacional como se observó en el análisis de un período a otro (el 37% y 53% de los documentos fueron realizados por los GIMP con participación de instituciones internacionales).

## *Madurez de los GIMP de la Física en la UNAM*

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. Hecho que ratifican los Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas, 1990-1999 (2000) donde también señalan a estos tres países como los de mayor participación en la producción científica mexicana. Esta cooperación no es particular del período analizado, ésta se identificó desde los ochenta por Russell (1995) que señaló a los seis países con mayor cooperación en ocho disciplinas (incluida a la Física) en éste la Física mantuvo una cooperación importante con Alemania y España seguido de países como Francia, Reino Unido, Estados Unidos y Canadá.

Las dependencias identificadas con mayor colaboración con los GIMP por país presentó notorios cambios sólo para los Estados Unidos. De mayor a menor participación en el primer quinquenio aparecen Boston University, Ohio University y Louisiana State University; en el segundo quinquenio se observó Brigham Young University, Oak Ridge National Laboratory e Iowa State University of Science and Technology. En Francia y España la relación entre las dependencias parece consolidarse. En ambos quinquenios se identifican las mismas dependencias: Centre National Recherche Scientifique, Université Paris 06 y con Université Grenoble 1; para España la colaboración fue con Universidad de Sevilla, Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Universidad del País Vasco.

---

El elevado grado de colaboración con Estados Unidos, Francia, España y en particular con las dependencias identificadas puede considerarse como indicador del grado de madurez de la disciplina en la UNAM y de los equipos de investigación que los componen (Beaver y Rosen, 1978, 1979a, 1979b). Cierta estabilidad en la composición grupal es característica de los grupos consolidados y aparece con frecuencia ligada al éxito científico (Bordons, 1998). En el estudio el 46% de los grupos del primer período se han considerado "estables", atendiendo al mantenimiento del IP y de un núcleo de autores. Algunos datos hablan a favor de la investigación desarrollada por estos grupos: mayor producción y productividad que los restantes equipos en ambos períodos. 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 (Cuadro 3-16). 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, 1998).

El alto flujo de autores observado 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.

### *La metodología*

Se aplicó una metodología desarrollada y aplicada en el Departamento de Bibliometría y Análisis Documental del Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC), España en disciplinas como farmacología, farmacia, biomedicina, y sistema cardiovascular del mismo país. Hay que tener en cuenta que el éxito del estudio, en lo que se refiere a la eficiencia de la metodología debe considerarse en el marco de la situación particular de la disciplina: una estructura estable y relaciones formales interinstitucionales donde el resultado de las aportaciones se reflejen en revistas internacionales de la disciplina. En la década de los noventa, la Física se ubicó en primer lugar de las 24 disciplinas en la producción de documentos de la ciencia mexicana reflejadas en revistas internacionales (5,369), seguido de Medicina (3,912) y de Plantas y Animales (3,435); la misma posición conservó en el número de citas recibidas (17,875), seguido de Medicina con 17,609 y 8,765 para Plantas y Animales. En México en la misma década (noventa) se produjo un total de 33,470 documentos en las 24 disciplinas (Indicadores de Actividad Científica y Tecnológicas; 1990-1999, 2000), la UNAM generó el 42% del total (14,023 documentos). Por disciplina correspondió 5,369 documentos para la Física, es decir, el 16% del total de documentos generados en México, la UNAM generó el 41% (2,209) del área de la Física en México. En síntesis, Menchaca Rocha (2000b) describe a la comunidad en la forma siguiente: "la comunidad de los físicos mexicanos es vigorosa, está bien organizada y crece sorprendentemente bien, dadas las circunstancias y cuenta entre sus miembros con algunos de los científicos más galardonados de México, además de algunos de los promotores, educadores y divulgadores de la ciencia más notables". En este sentido, dicha metodología puede extenderse a otros campos o disciplinas. Su utilidad, sin embargo, no sólo viene determinada por el estado y las características de la disciplina analizada, sino que depende en gran medida de la idoneidad y calidad de los datos utilizados y la disposición de la comunidad científica a participar en este tipo de estudios.

---

La identificación de grupos se realizó a partir de las revistas clasificadas en las áreas y subáreas de la Física incluidas en la base de datos del SCI. Si bien es cierto que la mayor parte de los grupos identificados presentaron una dedicación preferente al área, no debe olvidarse que existen documentos de temas de la Física que aparecen en revistas de otras áreas temáticas o incluso en revistas multidisciplinares como *Nature* o *Science*. Por otro lado, es importante también señalar que la investigación no considera las revistas nacionales (es excepción la *Revista Mexicana de Física* incluida en el SCI en el año de 1994), debido a que no son incluidas en el SCI.

Otro aspecto en la investigación que debe señalarse es el porcentaje considerable de autores 60% y 72% primer y segundo quinquenio no asignado a institución. En el proceso de validación de datos se identificó algunas causas, entre éstas que los autores en sus publicaciones indican más de una institución. Algunos de los motivos mencionados fueron: realizaban estancias de trabajo o año sabático, incluso se identificó casos en donde reporta la institución en distintos idiomas (inglés-español o viceversa). Aunque el 56 y el 71% de la producción en Física pudo asignarse a los grupos identificados, la experiencia de los desarrolladores de la metodología es que los criterios empleados en la identificación de grupos podrían ser demasiado estrictos. Sin embargo, flexibilizar los criterios podría llevar a incluir como grupos a asociaciones ocasionales de autores.

### Recomendación

Vale la pena hacer dos señalamientos en este punto con la finalidad de facilitar y mejorar futuras investigaciones: En primer lugar, la necesidad de realizar una codificación minuciosa de cada Institución por dependencia y a su vez las subdependencias, como el caso de IF (Laboratorios –Cuernavaca –Ensenada). Dicha tarea se convierte aun más laboriosa debido a los hábitos de publicación y firma de los documentos por parte de los autores, sin embargo sólo de esta forma se podrá identificar en forma exacta la ubicación de los grupos. En segundo lugar, se identificaron algunos casos donde el programa no logró asignar la institución al autor. Se realizó un análisis detallado identificando que existen documentos donde cada uno de los autores incluye la institución donde labora en dos idiomas (inglés-español) y/o instituciones distintas, por lo tanto el programa no asigna institución, ejemplo:

Deformations of extended objects with edges  
Capovilla R, Guven J  
PHYSICAL REVIEW D  
57 (8): 5158-5165 APR 15 1998

#### Addresses:

Capovilla R, Inst Politecn Nacl, Ctr Invest & Estudios Avanzados, Dept Fis, Apdo Postal 14-740, Mexico City 07000, DF, Mexico  
Inst Politecn Nacl, Ctr Invest & Estudios Avanzados, Dept Fis, Mexico City 07000, DF, Mexico  
Dublin Inst Adv Studies, Sch Theoret Phys, Dublin 4, Ireland  
Univ Nacl Autonoma Mexico, Inst Ciencias Nucl, Mexico City 04510, DF, Mexico

En estos casos se recomienda para el programa, incluir al archivo maestro de instituciones su equivalente al idioma inglés, e indicar al sistema que asigne al primer autor, la primera dirección en todos los casos. Por otro lado también se propone a los Autores firmar en la misma forma.

---

## CONCLUSIONES

La producción científica en la UNAM integrados al área de la Física durante la década de los noventa asciende a un total de 2 209 documentos de los cuales un 56% y 71% (análisis por quinquenio) fueron producidos por 132 grupos (42 y 96 grupos por quinquenio), ubicados en su mayoría en tres dependencias: IF, IIM e ICN; en su conjunto éstas produjeron el 86% y 72% (primero y segundo quinquenio) del total de documentos producidos en la década analizada y son precisamente las dependencias donde se ubican los GIMP en el campo de la Física en la UNAM.

Los GIMP de la UNAM dedicados a la investigación en el campo de la Física produjeron en su conjunto el 80% y 85% de la producción total de los Grupos en la UNAM. Estos presentan un tamaño medio de siete autores y una producción aproximada de tres documentos/año por grupo y una productividad de 2.7 trabajos en cinco años por autor y grupo en ambos quinquenios. Tienden a publicar en la *Revista Mexicana de Física* seguido de *Physical Review (A y B)* y *Journal of Physics (A)*. Estos grupos incrementan y hacen más patente su colaboración a nivel internacional a mediados de la década de los noventa, destacando su colaboración con Estados Unidos, Francia y España. Asimismo desciende su colaboración con Bélgica, Canadá y Alemania. Además, se integran en las subáreas de la Física General, Materia Condensada, Atómica y Molecular y Matemática. A finales de la década (segundo quinquenio) se observa su participación en las subáreas de la Física Nuclear y Partículas y Campos.

Algunos IP de los GIMP colaboran en distintos grupos y en distintas líneas de investigación lo que mostró grupos grandes que incluyen subgrupos integrados en las subárea de la Física Nuclear Experimental.

Los grupos estables (grupos que en su evolución de uno a otro quinquenio conservaron un núcleo de autores, así como el IP) se caracterizaron por tener un tamaño de 8 a 12 miembros con una producción de 3 a 4 documentos por año y una productividad de 2.7 a 2.82 en la década. Por lo anterior se puede concluir que el análisis bibliométrico del área de la Física en la UNAM pone de manifiesto que ésta se encuentra en una etapa de gran dinamismo con un importante incremento en el número de investigadores, aparición de nuevos grupos y consolidación de otros.

Respecto a la metodología utilizada para la descripción y análisis de la investigación en el campo de la Física en la UNAM con indicadores bibliométricos obtenidos a partir de la información bibliográfica proporcionada por el SCI en su versión CD-ROM, permitió identificar atinadamente 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, IP's y miembros de los grupos, así como publicaciones de algunos de miembros de éstos. Se puede decir que la metodología no sólo permite identificar la conformación de grupos, sino, por otro lado, identifica 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. Analizar esta población aportaría información que complementa la descripción de la Física de la UNAM en la década analizada, lo anterior se sugiere como 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 los *Grupos estables*, sería interesante analizar en un periodo posterior (2000 a 2004) el comportamiento de dichos grupos. Por otro lado, la metodología aplicada también ofrece los elementos para iniciar con otro posible tema de investigación como es 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). Por lo anterior se confirma la utilidad en el uso y aplicación de la metodología aplicada y desarrollada.

Conviene asimismo recordar que el análisis de la producción científica realizado en este estudio contempló únicamente los aspectos cuantitativos de la investigación sin que en ningún momento se persigan consideraciones sobre la calidad de la misma. El hecho de analizar la producción científica recogidas en el SCI no implica ninguna valoración de su calidad, sino que corresponde únicamente a consideraciones metodológicas no ligadas a aspectos cualitativos.

Finalmente se logró identificar los grupos de investigación en el área de la Física de la UNAM así como a los GIMP en la década de los noventa, también se logró caracterizar sus actividades a través de las revistas de difusión internacional y situarlos en función de su área. Finalmente se logró identificar a los Investigadores Principales de los grupos estables. Por lo tanto, se puede decir que se alcanzó el objetivo general, así como los específicos establecidos en la investigación.

---

## BIBLIOGRAFIA

- Alonso, M; Efinn, EJ. (1969). *Fundamental University Physics*. Massachussets: Addison-Wesley. 3 v.
- Agenda Estadística 1999* (2000). México: UNAM, 239p.
- Agenda Estadística 1994* (1995). México: UNAM, 173p.
- Agenda Estadística 1991* (1991). México: UNAM, 141p.
- Alonso Gamboa, JO. (1993). *Catálogo de instituciones registradas en la base de datos Bibliografía Latinoamericana (Biblat, Clase y Periódica)*. México, UNAM, Centro de Información Científica y Humanística, Departamento de Bibliografía Latinoamericana. 250p.
- Álvarez-Ossorio, JRP; Gómez, I; Martín Sempere, MJ. (1997). International visibility of domestic scientific literature. *Journal of Information Science* 23(1):98-101.
- Atlas de la Ciencia Mexicana 2003*. (2003). México, Academia Mexicana de Ciencias. 65 p
- Arechavala Vargas, R. (1996). El proceso de desarrollo de grupos de investigación. *Revista de la Educación Superior* 25(98):103-129.
- Arechavala Vargas, R. (1987). Análisis organizacional para el desarrollo científico y tecnológico. *Ciencia y Desarrollo* no.75:51-59.
- Arvanitis, R; Russell, JM; Rosas, AM. (1996). Experiences with the National Citation Reports database for measuring national performance: the case of Mexico. *Scientometrics* 35(2): 247-255.
- Barrera, R; Pérez Angón, MA. (1987). *Prólogo. Catálogo 1987-88 de Programas y Recursos Humanos de Física*. México, Sociedad Mexicana de Física. 74 p.
- Beaver, D de B; Rosen, R. (1978). Studies in scientific collaboration. Part I. The professional origins of scientific coauthorship. *Scientometrics* 1(1):65-84.
- Beaver, D de B; Rosen, R. (1979a). Studies in scientific collaboration. Part II. Scientific coauthorship, research productivity and visibility in the French scientific elite. *Scientometrics* 1(2):133-149.
- Beaver, D de B; Rosen, R (1979b). Studies in scientific collaboration. Part III. Professionalization and natural history of modern scientific coauthorship. *Scientometrics* 1(3):231-245.
- Bordons, M; García-Jover, F; Barrigón, S. (1993). Is collaboration improving research visibility? Spanish scientific output in pharmacology and pharmacy. *Research evaluation* 3(1):19-24.
- Bordons, M; Zulueta, MA. (1999). Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española de Cardiología*, 52:790-800.
- Bordons, M; Zulueta, MA. (1997). Comparison of research team activity in two biomedical fields. *Scientometrics* 40(3):423-436.
- Bordons, M; Zulueta, MA; Barrigón, S. (1998). Actividad científica de los grupos españoles más productivos en farmacología y farmacia durante el período 1986-1993 a través del Science Citation Index (SCI). *Medicina Clínica (Barcelona)* no.111:489-495.

---

Bordons, M; Zulueta, MA; Cabrero, A; Barrigón, S. (1995a). Identifying research teams with bibliometric tool. *Proceedings of the Fifth Biennial Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics*. Medford. 7-10 de junio. Medford: Learned Information. p.83-92.

Bordons, M; Zulueta, MA; Cabrero, A; Barrigón, S. (1995b). Research performance at the micro level: analysis of structure and dynamics of pharmacological research teams. *Research evaluation* no.5:137-142.

Brookes, BC. (1990). Biblio-, sciento-, infor-metrics??? What are we talking about?. En Egghe, L; Rousseau, R.eds. *Informetrics 89/ 90 : Selected of papers submitted for the second international conference on Bibliometrics, Scientometrics and Informetrics (1989, Ontario, Canada)*. Amsterdam, Elsevier. p. 31-43.

Calles, AG. (2004). *Prólogo. Revista Mexicana de Física E* 50(1):i

*Catálogo 1995-96 de Programas y Recursos Humanos en Física México, Centroamérica y El Caribe. (1995)*. México, Sociedad Mexicana de Física. 194 p.

*Catálogo 1994-95 de Programas y Recursos Humanos en Física. (1994)*. México, Sociedad Mexicana de Física. 181 p.

*Catálogo 1993-94 de Programas y Recursos Humanos en Física. (1993)*. México, Sociedad Mexicana de Física. 167 p.

*Catálogo 1992-93 de Programas y Recursos Humanos en Física. (1992)*. México, Sociedad Mexicana de Física. 163 p.

*Catálogo 1991-92 de Programas y Recursos Humanos en Física. (1991)*. México, Sociedad Mexicana de Física, 151 p.

*Catálogo 1987-88 de Programas y Recursos Humanos de Física. (1987)*. México, Sociedad Mexicana de Física. 74 p.

*Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física 1999-2000. (2000)*. México, Sociedad Mexicana de Física: Federación Latinoamericana de Sociedades de Física. 311 p.

*Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física 1998-1999. (1998)*. México, Sociedad Mexicana de Física: Federación Latinoamericana de Sociedades de Física. 361 p.

*Catálogo Latinoamericano 1997 de Programas y Recursos Humanos en Física. (1996)*. México, Sociedad Mexicana de Física. 300 p.

Cerejido, M. (1996). Trabajo individual vs. Colaboración en grupos. *Avance y perspectivas* 15:43-46.

Contreras Nuño, G. (2000). Internet, la bomba y la física del siglo XX. *Avance y perspectiva* 19:89-93. 'Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en línea, <http://www.conacyt.mx/fondos/sep/sep-cientifica/2004-01/index.html> (Consulta: 20 Diciembre 2004).

Cornejo Rodríguez, A; Cardona Núñez, O; Pedraza C., J. (1984). Un análisis sobre la investigación y la docencia de la física en México. *Revista Mexicana de Física* 30(2): 363-379.

Cruz Manjarrez, H. (1996). *El desarrollo de la física en México*. México, Anaya Editores. 64 p.

Cruz Manjarrez, H. (1983). El desarrollo de la física en México. *Los Universitarios-UNAM* 11(7):14-23.

- Cruz, A; Barba A. (2001). Buscan impactar con publicaciones. *El Reforma*, Sección C, sábado 19 de mayo. p.1c.
- De la Fuente, JR. (1991). La investigación científica en la UNAM: una visión de conjunto. *Revista de la Universidad Nacional Autónoma de México* no. 480-481:7-10.
- Del Río, JA; García, EO; Ramírez, AM. (2000). Sobre la relevancia de las revistas mexicanas del área de física. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 14(2):51-54.
- Directorio de Centros de Información. (1999). México, IBCON. 909 p.
- Directorio telefónico UNAM; 2001/2002. (2002). México, UNAM. [pág.var.]
- Enciclopedia de México. (1994a). México, Enciclopedia de México. v. 5 p. 2835-2845.
- Enciclopedia de México. (1994b). México, Enciclopedia de México. v. 7 p. 3819
- Enciclopedia Hispánica. (2000). México, Encyclopaedia Británica. v. 6 p. 276-282
- Etzhowitz, H. (1992). Individual investigators and their research groups. *Minerva* 30(1): 28-50.
- Fernández, MT; Cabrero A; Zulueta, MA; Gómez, I. (1993). Constructing a relational database for bibliometric analysis. *Research Evaluation* 3(1): 55-62.
- Ferreiro Alaez, L. (1993). *Bibliometría (análisis bivariante)*. Madrid, EYPASA. 480 p.
- Flores, J; Pimienta, M. (1982). Una apreciación de la obra de Marcos Moshinsky; cuarenta años de investigación en física de importancia internacional. *Naturaleza* 13(4): 176-181.
- Fortes, J; Lomnitz, LA de. (1991). *La formación del científico en México : adquiriendo una nueva identidad*. México, Siglo XXI. 207 p.
- Fortes, J; Lomnitz, LA de. (1985). *Formación de la identidad del científico; el caso de los estudiantes biomédicos. Los Universitarios; la elite y la masa*. México, UNAM. p. 127-139.
- Garfield, E; Malin, MV; Small, H. (1978). Citation data as science indicators. En Elkana, Y., et al. *Toward a metric of science*. New York: Wiley. 354 p.
- Hacyan, S. (1994). Una Revista Mexicana de Física. *Boletín de la Academia de la Investigación Científica* no.20:9-11.
- Hazen, WE; Pidd, RW. (1969). *Física*. Colombia, Norma. 654 p.
- Hirsch Ganievich, J. (2000). Física nuclear en México: símbolo y presencia. En López de Haro, M. coord. *Foros: Diagnóstico de la física en México*. México, Academia Mexicana de Ciencias. p.99-103.
- Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas; 1990-1999*. (2000). México, SEP: CONACYT. 283p.
- José Yacamán, M (1991). Las ciencias físico-matemáticas en la UNAM. *Universidad de México* no.480-481:22-23.
- Katz, JS; Martín, BR. (1997). What is research collaboration?. *Research Policy* no.26:1-18.
- Lara-Barragán Gómez, A. (1993). Una definición esencial de la física. *Tiempos de Ciencia* no. 31: 50-53.

- Legislación Universitaria de la UNAM. (1908). México, UNAM. 625 p.
- Ley-Koo, E. (2001). Sesenta años de ciencias físico-matemáticas en la UNAM. En Blanco, J. coord. *La UNAM, su estructura sus aportes, su futuro*. México, FCE. p.259-300.
- Liberman, S; Wolf, KB. 1990). *Las redes de comunicacion científica*. México, UNAM, CRIM. 6- p Aportes de investigacion no 41
- Lomnitz, LA de. (1994). La antropología de la investigacion científica en la UNAM. En *Redes sociales, cultura y poder : ensayos de antropología latinoamericana*. México, FLACSO: M. A. Porrúa. p 167-183.
- López de Haro, M. (2000). *Foros: Diagnóstico de la física en México*. México, Academia Mexicana de Ciencias. 189 p
- López Lopez, P. 1996 . *Introducción a la bibliometria*. Valencia, Promolibro. 128 p.
- López Piñero, JM. 1973). La obra de Price y el análisis estadístico y sociométrico de la literatura científica En Price, Derek J. de Solla. *Hacia una ciencia de la ciencia*. Barcelona, Ariel. p.7-19.
- Luna Morales, ME. (2004 . *El uso de nuevas tecnologías de informacion por investigadores mexicanos del area de Física de Partículas Elementales*. Tesis Maestria Bibliotecología. México, Universidad Nacional Autonoma de Mexico. Facultad de Filosofia y Letras. 112 p.
- Macías Chapula, C. 1998 . Importancia de la Informetria y la Cienciometría en el perfil de los profesionales de la informacion en el siglo XXI. *Información: producción comunicación y servicios* 5 33 112-117.
- Marquina Fabrega, MA. 2003). Sección de Física. En Peña, JA de la, ed. *Estado actual y prospectiva de la ciencia en Mexico*. México Academia Mexicana de Ciencias. p.108-118.
- Marquina Fabrega, MA. (2001 . El impulso de la física. *Ciencia* 52 3 :98-103.
- Marquina Fabrega, MA. 2000). La física en Mexico; situacion actual y perspectivas En *Las ciencias exactas en México*. México, CONACULTA: FCE. p 119-143
- Menchaca Rocha, A. 2003 . Seccion de Física. En *Estado actual y prospectiva de la ciencia en Mexico* Peña JA de la , ed. México, Academia Mexicana de Ciencias. p.108-118.
- Menchaca Rocha, A. (2001). El impulso de la Física. *Ciencia* 52(3) :98-103.
- Menchaca Rocha, A. (2000a). La física en México; los temas y las instituciones. En *Las ciencias exactas en México*. México CONACULTA: FCE. p.9-117.
- Menchaca Rocha, A. 2000b). *Las ciencias exactas en México*. México, CONACULTA: FCE 126 p
- Miranda Arguedas A. (1990). Bibliometría. [en línea] *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 13(1): 23-27. <http://www.sociedaddeciencia.org.mx/boletim> Consulta. 29 abril 2005
- Montejano Carrizales, JM; Moran López, JI. 1999). La Revista Mexicana de Física el b e n i o 1999-2000 *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 13(1): 23-27.
- Montejano Carrizales, JM; Moran López, JI (2001). La Revista Mexicana de Física: el b e n i o 1999-2000 *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 15 1 :9-14.

- 
- Peimbert, M. (2001). La Universidad Nacional, el Estado y los rezagos educativos. *Universidad de México* no.602-604:89-92.
- Peña, L. de la. (1979). La física en México. *Nexos* no.12:27-30.
- Pérez Angón, MA. (1992). La física mexicana en 1986-1991. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 6(3):100-109.
- Pérez Angón, MA. (2000). El Índice del CONACYT. *Avance y Perspectivas* 19:253-254.
- Pérez Angón, MA. (1992). La Física mexicana en 1986-1991. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 6(3):100-109.
- Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (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. p.61-86.
- Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1998). La física mexicana en perspectiva: 1986-1996. *Interciencia* 23(3):163-175.
- Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1996). Una visión de la física mexicana. *Avance y Perspectivas* 15:203-210.
- Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1994a). Perspectivas de la física mexicana. *Academia* 21:14-24.
- Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1994b). Retos y perspectivas de la física mexicana 1989-1993. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 8(3):119-130.
- Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1993). Situación de la física mexicana en 1986-1992. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 7(3):107-117.
- Pérez de la Mora, M. (2001). Ciencia y colaboración. *Ciencia* 52(1-2):3
- Price, Derek J. de Solla. (1971). Some remarks on elitism information and the invisible college phenomenon in science. *Journal of the American Society for Information Science* 22:74-75.
- Price, Derek J. de Solla. (1963). *Little science, big science*. New York, Columbia University. 118 p.
- Prieto, FE. (1988). El uso de la información científica en México: la física. En Pérez Tamayo, R. ed. *Investigación e información científica en México*. México, Siglo XXI: CIIH.UNAM. p.9-27.
- Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography on bibliometrics. *Journal of Documentation* 25(4):348-349
- Programas de posgrado; Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías. (2003). México, UNAM.DGEP. 112p.
- Programas de posgrado; Área de las Ciencias Biológicas y de la Salud. (2003). México, UNAM,DGEP. 122p.
- Ramos Lara, M. de la Paz. (1999). La física en México: homenaje a José Antonio Alzate y Manuel Sandoval Vallarta. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 13(4):157-165.
- Reglamento de la Comisión de Publicaciones de la Sociedad Mexicana de Física. (1959). *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 4(2):55-57.
- Rey Rocha, J. (1998). *La investigación en Ciencias de la Tierra en el marco del Sistema Español de Evaluación Científica: análisis bibliométrico*. Tesis Doctorado. España, Universidad Autónoma de Madrid. 340 p.

- 
- Rodríguez, LF. (1985). Semblanza del Doctor Guillermo Haro Barraza. *Guillermo Haro Barraza imagen y obra escogida*. México, UNAM. p.13-15 (Colección México y la UNAM 84)
- Rodríguez Sala de Gómezgil, ML; Chavero, A; Tovar A. (1980). *El científico en México. Primera parte : ciencias exactas*. México, UNAM. Instituto de Investigaciones Sociales. 115 p. (Cuadernos de Investigación Social no 2)
- Russell, JM. (1998). El uso de las bases de datos bibliográficas en la definición de políticas en ciencia y tecnología en América Latina. *La información en el Inicio de la Era Electrónica; organización del conocimiento y sistemas de información*. México, CUIB: UNAM. p.172-185.
- Russell, JM. (1995). The increasing role of international cooperation in science and technology research in Mexico. *Scientometrics* 34(1):45-61.
- Sancho, R. (1990). Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica. *Revista Española de Documentación Científica* 13(3-4):842-865.
- Sanz-Menéndez, L ; Bordons, M ; Zulueta, MA. (2001). Interdisciplinarity as a multidimensional concept; its measure in three different research areas. *Research Evaluation* 10(1):47-58.
- Sarmiento Galan, A. (1993). La población escolar en las carreras de físicas. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 7(1):17.
- Serway, RA. (1997). *Física*. 4.ed. México, Interamericana McGraw-Hill. t.1
- Sociedad Mexicana de Física. (1994). Informe de actividades 1992-1994. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 8(4):198-199.
- Sociedad Mexicana de Física. Comité Editorial. (1999). Prólogo. *Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física 1999-2000*. México, SMF: FELASOFI. 311 p.
- El Subsistema de la Investigación Científica; 1999*. (1999). México, UNAM: Coordinación de la Investigación Científica. 165 p.
- Van Raan, AFJ. (1989). Evaluation of research groups. En: *The evaluation of scientific research*. Chichester, UK, John Wiley. p.169-187. (Ciba Foundation Conference)
- Vanti, N. (2000). Métodos cuantitativos de evaluación de la ciencia: Bibliometría, Cienciometría e Informetría. *Investigación Bibliotecológica* 14(29):9-23.
- The World of Learning 2002*. (2001). England: European Publication. 2238 p.
- Zulueta, MA; Bordons, M. (1999). A global approach to the study of teams in multidisciplinary research areas through bibliometric indicators. *Research Evaluation* 8(2):111-118.
- Zulueta, MA; Cabrero, A; Bordons, M. (1999). Identificación y estudio de grupos de investigación a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española de Documentación Científica* 23(3): 333-348.

---

## ANEXOS

---

## ANEXO I

### Estudios bibliométricos realizados en distintas dependencias de la UNAM de 1996 a la fecha.

Arenas, M. (1998). El impacto de la información sobre la calidad de los recursos humanos para la investigación. *Ciencias de la información* 29(2):17-24.

Armendáriz Sánchez, S. (2000) Diez años de edición de la revista *Atmósfera* : un estudio bibliométrico. *Biblioteca universitaria : boletín informativo de la Dirección General de Bibliotecas. Nueva época* 3(1): 34-47.

Arvanitis, R; Russell, JM, Rosas, AMA (1996). Experiences with the National Citation Reports database for measuring national performance; the case of Mexico. *Scientometrics* 35(2):247-255.

Carrasco Cañas, P. (1997). *Evaluación de la colección de publicaciones periódicas del IFUNAM, a través de la literatura citada en trabajos publicados por sus investigadores*. México: SEP, Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía. Tesis Licenciatura (Licenciado en Biblioteconomía) 175 p.

Carrillo Macías, O. (2002). *Comportamiento de la producción científica mexicana sobre psicología* México: UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, División de Estudios de Posgrado. Tesis Maestría (Maestro en Biblioteconomía) 248p

Espejel Nieto, R. (2001). *Evaluación de las principales revistas latinoamericanas sobre ciencias bibliotecológicas y de la información publicadas en español*. México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Biblioteconomía. Tesis Licenciatura (Licenciado en Biblioteconomía) 180 p.

Esquivias Eugenio, A. (1997). *Análisis Bibliométrico de la Revista Comercio Exterior*. México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Biblioteconomía. Tesis Licenciatura (Licenciado en Biblioteconomía) 97 h

García Villegas, M del S. (1996). *Evaluación de Publicaciones Periódicas propuestas para Adquisición por Compra en una Biblioteca: una aplicación de la Bibliometría*. México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Biblioteconomía. Tesis Licenciatura (Licenciado en Biblioteconomía) 143 h.

García Miranda, GA; et al. (1999). Sistema respiratorio. Análisis bibliométrico de los artículos científicos publicados por autores mexicanos en 1996. *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias* 12 3):169-178.

Ramírez Godoy, ME. (2002). Presencia de los agradecimientos en los artículos científicos en revistas médicas nacionales y extranjeras. *Investigación bibliotecológica : archivonomía, bibliotecología e información* . 16(33):160-178

Gómez Reyes, MIM. (1997). *Análisis de la Producción Bibliográfica Médica en México de 1988-1992* México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Biblioteconomía. Tesis Licenciatura (Licenciado en Biblioteconomía) 169 p

González, E. (2003). Estudio bibliométrico de la actividad científica de los matemáticos mexicanos graduados en Estados Unidos en el periodo 1980-1998. *Anales de documentación* 6 :89-108.

González, E; Vargas Arenas, M. (2003). A bibliometric study of the research performance of Mexican mathematicians doctorated (sic) in the USA from 1980 to 1998. *Anales de Documentación* 6: 89-108.

Gorbea, Portal, S. (2001). La comunicación científica latinoamericana: una investigación de frontera emergente en las ciencias bibliotecológicas y de la información. *Liber: revista de bibliotecología: nueva época* 3 3) 3-4.

Gorbea, Portal, S. (2000). El idioma en la generación y uso de la información: ¿un dilema para el nuevo siglo? *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e información* 14 28):71-96.

Gorbea Portal, S. (1997). Evaluación de colecciones de publicaciones periódicas especializadas (estudio de caso: evaluación de la colección de publicaciones periódicas de la biblioteca del CUIB). *Primer Congreso Interno de la Comunidad Científica del CUIB los investigadores y sus investigaciones (1997, D.F., México)*. México, UNAM: CUIB. p.35-37. (Memorias 10)

---

Gorbea Portal, S. (1998). Uso de modelos matemáticos en la evaluación de colecciones: teoría y métodos. En Negrete Gutiérrez, MC. Coord. *Primer Seminario Internacional sobre Desarrollo de Colecciones. México, UNAM: CUIB*. p.83-110 (Memorias 12).

Gorbea Portal, S. (1997). Las supuestas leyes métricas de la información. *Revista General de Información y Documentación* 7(2): 87-93.

Gorbea Portal, S. (1997). Tendencias de la producción y comunicación científicas en las ciencias bibliotecológica y de la información, relativas a América Latina. *Primer Congreso Interno de la Comunidad Científica del CUIB: los investigadores y sus investigaciones (1997, D.F., México)*. México, UNAM: CUIB. p.31-34. (Memorias 10).

Gorbea Portal, S. (1996). *El modelo matemático de Bradford: su aplicación a las revistas latinoamericanas de las ciencias bibliotecológica y de la información*. México, UNAM: CUIB. 152 p. (Monografías 21).

Hernández García, YI. (2002) *Estudio bibliométrico de colaboración científica en la física mexicana : 1990-1999*. México: SEP, Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía. Tesis Licenciatura (Licenciado en Biblioteconomía) 129 p.

Jiménez Castro, EE. (1999). *Análisis Bibliométrico de la Producción Científica en Bioquímica*. México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Bibliotecología. Tesis Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología) 126 h.

Juan Escamilla, MA (2004). *Bibliometría de la bibliometría* : UNAM. Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Bibliotecología. Tesis Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología). 100 h.

Licea de Arenas, J. (2000). Una visión bibliométrica de la investigación en bibliotecología y ciencias de la información de América Latina y el Caribe. *Documentación científica*. 23(1): 45-53.

Licea de Arenas, J. (1997). La bibliotecología y la ciencia de la información y la práctica de la norma mertoniana por autores mexicanos. *Ciencias de la información* . 28(4):271-276.

Licea de Arenas, J; et.al (2000). Retos de los posgrados en Bibliotecología y Ciencia de la Información en la productividad de artículos. *Omnia (México, D.F.)* 16(40):123-130.

Licea de Arenas, J; Arenas, M. (2003). Agricultural research in México: a gender-focused bibliometric study. *Anales de Documentación* 6:145-154.

Licea de Arenas, J; Arenas, M. González, E. (2004). Evaluacionitis ¿una nueva enfermedad? *Biblioteca universitaria* 7(2):93-99.

Licea de Arenas, J; Santillán Rivero, EG. (2002). Bibliometría ¿para qué? *Biblioteca universitaria* 5 (1):3-10.

Licea de Arenas, J; Valles, J; (1999). Profile of the Mexican health sciences elite: a bibliometric analysis of research performance. *Scientometrics* 46(3):539-547.

Licea de Arenas, J; Valles, J; Arenas M. (2000). Educational research in Mexico: socio-demographic and visibility issues. *Educational Research* 42(1):85-86.

Licea de Arenas, J; Valles, J; Arenas M. (1997). Indicadores de calidad en la investigación educativa. *Omnia (México, D.F.)* 36 37:85-90.

Licea de Arenas, J; Valles, J; Morales V. (1999). Indicadores de calidad de las revistas científicas. *Ciencias de la información* 30(1):3-14.

López Martínez, RE. (2000). Mapas tecnológicos como indicadores de la estructura cognoscitiva de la investigación. En Almada de Ascencio, Margarita, et. al. México: UNAM, Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas. p. 150-160 (Sistemas Bibliotecarios de Información y Sociedad ; 1).

---

López Morales, CY. (2000). Análisis de las tesis y tesinas del Colegio de Bibliotecología de la UNAM. *Bibliotecas y archivos (Mexico, D.F.)* 2 (1):31-48.

Luna Morales, ME. (1996). *Producción y repercusión del Departamento de Inmunología del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM*. México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Bibliotecología. Tesis Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología) 212 p.

Macías Chapula, CA. (2000). Contribución de la ciencia y la bibliometría en la construcción de la sociedad del conocimiento. En: Almada de Ascencio, Margarita, et. al. México: UNAM, Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas. p. 161-167. (Sistemas Bibliotecarios de Información y Sociedad ; 1).

Macías-Chapula, CA. (1998). Importancia de la informetría y la ciencia y tecnología en el perfil de los profesionales de la información en el siglo XXI. *Información : producción, comunicación y servicios* 8(33):14-17.

Madera Iaramillo, M de J (2003). *Una aplicación web para la obtención de indicadores bibliométricos en ciencia y tecnología*. México: UNAM. Facultad de Ciencias. Tesis Maestría (Maestro en Ciencias de la Computación) 128 p.

Meadows, J. (2002). Changing patterns in scientific communication. *Simposio Internacional, investigación sobre la comunicación científica (2000, Cd. de México, México)*. Memorias. México: UNAM, Facultad de Psicología, Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas. p.1-14.

Meneses Tello, F. (1997). Callon, Michael; Jean-Pierre Courtial; Hervé Penan. Ciencia y tecnología: Estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica. *Investigación bibliotecológica* 11(22):76-78.

Miranda Díaz, MM. (1999). *La Productividad Científica del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM 1989-1994*. México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Bibliotecología. Tesis Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología). 135 h.

Narváez Berthelemot, N; Russell, JM; Arvanitis, R. (2001). Science in Africa: an overview of mainstream scientific output. En: *International Conference on Scientometrics and Informetrics (8th :2001 :Sydney, Australia)*. Australia: University of NSW Bibliometric and Informetric Research Group. p. 469-75.

Prieto, C. (1999). El impacto de las matemáticas: cómo se compara con el de otras disciplinas. *Avance y perspectiva*. 18:261-269.

Russell, JM. (2000). Indicadores de productividad científica Tecnológica: búsqueda de nuevos paradigmas en la sociedad del conocimiento. En: Almada de Ascencio, Margarita, et. al. México: UNAM, Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas. p. 131-133 (Sistemas Bibliotecarios de Información y Sociedad ; 1).

Russell, JM. (1998). *Collaboration and Research performance in Science : a study of scientists at the National University of Mexico (UNAM)*. London: Tesis Doctor of Philosophy, City University. Department of Information Science. 286 h.

Russell, JM. (1998). Publishing patterns of Mexican scientists: differences between national and international papers. *Scientometrics* 41(1/2):113-124.

Russell, JM. (1998). El uso de las bases de datos bibliográficas en la definición de políticas en ciencia y tecnología en América Latina. *La información en el Inicio de la Era Electrónica; organización del conocimiento y sistemas de información*. México, CUIB: UNAM. p.172-185.

Sandoval Cortes, MR. (2001). *Investigación mexicana en medicina*. México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Bibliotecología. Tesis Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología). 147 h.

Santillán Rivero, EG. (2000). *Balace de la actividad científica del Departamento de Fisiología del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM*. México, UNAM. Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Bibliotecología. Tesis Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología). 261 p.

Torres Sánchez, R. (2001). *La producción científica del Dr. Leopoldo Zea (1942-1996)*. México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Bibliotecología. Tesis Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología). 90 h.

---

## ANEXO II

### *Estudios bibliométricos en el área de la Física mexicana*

#### TESIUNAM

1. Mata Acosta, V. (2001). *Comportamiento bibliométrico de la Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica (1976-2000)*. México: UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Bibliotecología. Tesis Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología) 128p.
2. Miramontes Vidal, GB; Ortega Carrasco, L. (1988). *Análisis de la producción científica del IFUNAM : Factores de impacto y evaluación*. México: UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Bibliotecología. Tesis Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología) 102p.
3. Miranda Díaz, M. (1999). *La productividad científica del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM 1989-1994*. México: UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Bibliotecología. Tesis Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología). 135p.
4. Rosas Poblano, SG. (1994). *Producción científica del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM y su cobertura por Chemical Abstracts, Physics Abstracts y Science Citation Index*. México : México: UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Bibliotecología. Tesis Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología) 157p.

#### PERIÓDICA

5. Collazo-Reyes, F; Luna Morales, ME. (2002). Física mexicana de partículas elementales: organización, producción científica y crecimiento. *Interciencia*, 27(7):347-353.
6. Flores, J; Pimienta, M. (1982). Una apreciación de la obra de marcos Moshinsky. *Naturaleza*, 13(4):176-181.
7. Pérez Angón, MA. (1991). La Física mexicana : retos y perspectivas. *Avance y perspectiva*, 10:45-50.
8. Pérez Angón, MA; Torres Vega, G. (1998). La Física mexicana en perspectiva: 1986-1996. *Interciencia*, 23(3):163-175

#### CLASE

9. Torres Vega, G; Pérez Angón, MA. (1994). Perspectivas de la Física mexicana. *Boletín de la Academia de la Investigación Científica*. 21:14-24.

#### INFOBILA

10. Carrasco Cañas, P. (1997). *Evaluación de la colección de publicaciones periódicas del IFUNAM, a través de la literatura citada en trabajos publicados por sus investigadores*. México: SEP, Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía. Tesis Licenciatura (Licenciado en Biblioteconomía) 175 p.
11. Hernández García, YI. (2002). *Estudio bibliométrico de colaboración científica en la Física mexicana : 1990-1999* México: SEP, Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía. Tesis Licenciatura (Licenciado en Biblioteconomía), 129 p

---

12. Hernández Gómez, E. (2002). *Desarrollo de los indicadores bibliométricos-cientométricos de la producción científica para el Departamento de Física del CINVESTAV-IPN*. México: SEP, Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía. Tesis Licenciatura (Licenciado en Biblioteconomía) 83p.

13. López Roblero, EL. (1974). *Estudo do desenvolvimento da literatura sobre Física do estado sólido no México no período 1950-1971*. Brasil: Instituto Brasileiro da Bibliografia e Documentação. Dissertação Mestrado do curso de Pós-graduação em Ciência da Informação . 184p

14. Mariscal Ríos, OB. (2002). *La Física mexicana 1990-1999: indicadores bibliométricos de productividad científica documental y recursos humanos*. México: SEP, Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía. Tesis Licenciatura (Licenciado en Biblioteconomía) 136 p.

15. Ramírez Núñez, A. (2002). *Análisis bibliométrico de repercusión internacional en la producción científica de la Física mexicana 1990-1999*. México: SEP, Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía. Tesis Licenciatura (Licenciado en Biblioteconomía) 120 p.

16. Romero Jácome, M. (1995). *Estudio bibliográfico a través de las publicaciones y tesis de los trabajos realizados con aceleradores por los investigadores del Departamento de Física Experimental de UNAM 1952-1992*. México: UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Bibliotecología. Tesis Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología) 116p

17. Vargas Sandoval, V. (1994). *La Frecuencia de Utilización y Análisis de las Revistas más utilizadas en el área de Física en el CINVESTAV-IPN en el período 1980-1990*. México: UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Bibliotecología. Tesis Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología) 190p

#### INFORMATION SCIENCE ABSTRACTS PLUS

18. Delgado, H ; Russel , JM. (1992). Impact of studies published in the international literature by scientists at the National University of Mexico. *Scientometrics* 23(1) 75-90.

19. Osareh, F; Wilson, CS. (1997) . Research publications by disciplines: a country-by-country citation analysis. *Scientometrics* 39(3): 253-266.

20. Russel, JM. (1998) . Publishing patterns of Mexican scientists: differences between national and international papers. *Scientometrics* 41 1-2 113-124.

---

## ANEXO III

### INSTITUCIONES EDUCATIVAS Y DE INVESTIGACIÓN QUE OFRECEN PROGRAMAS DE LICENCIATURA Y POSGRADO EN FÍSICA

- Centro de Ciencias Físicas (CCF), Cuernavaca Mor.  
Centro de Ciencias de la Materia Condensada (CCMC)  
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE)  
- Departamento de Óptica, Departamento de Oceanografía Física, Posgrado en Física de Materiales, Ensenada, B.C.  
Centro de Investigación en Energía (CIE), Temixco, Mor.  
Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), Chihuahua, Chih.  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV-IPN)  
- Departamento de Física, México D.F.  
- Laboratorio de Investigación en Materiales, Querétaro, Qro.  
- Unidad Mérida, Departamento de Física Aplicada, Mérida Yuc.  
Centro de Investigaciones en Óptica (CIO), León, Gto.  
Centro Universitario de Investigación en Ciencias Básicas 8CUICBAS), Universidad de Colima, Colima, Col.  
Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)  
- Subdirección de Exploración y Producción, Subdirección de Protección Ambiental, México, D.F.  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), Tonantzintla, Pue.  
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ)  
- Gerencia de Ciencia de Materiales, Gerencia de Ciencias Básicas, Gerencia de Ciencias Ambientales, Gerencia de Ciencias Aplicadas, Gerencia de Seguridad Radiológica, Gerencia de Tecnología Nuclear, Salazar, Edo. de Méx..  
Instituto Politécnico Nacional  
- Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN (ESFM-IPN) Departamento de Física, México, D.F.  
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) Departamento de Física, Monterrey, N.L.  
Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Facultad de Ciencias, Ensenada, B.C.  
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMe), Escuela de Ciencias, Toluca, Edo. de Méx..  
Universidad Autónoma Metropolitana  
- Unidad Azcapotzalco (UAM-A), Departamento de Ciencias Básicas e Ingeniería, México, D.F.  
- Unidad Iztapalapa (UAM-I), Departamento de Física, México, D.F.  
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Monterrey, N.L.  
Benemérita universidad Autónoma de Puebla (BUAP)  
- Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas (FCFM-BUAP), Puebla, Pue.  
- Instituto de Física "Luis Rivera Terrazas" (IF-BUAP), Puebla, Pue.  
- Sección de Fisicatemática, Departamento de Matemáticas del Instituto de Ciencias (IC-BUAP), Puebla, Pue.  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP)  
- Facultad de Ciencias (FC-UASLP), San Luis Potosí, S.L.P.  
- Instituto de Física (IF-UASLP), San Luis Potosí, S.L.P.  
- Instituto de Investigación en Comunicación Óptica (IICO-UASLP), San Luis Potosí, S.L.P.  
Universidad Autónoma de Sinaloa de Sinaloa (UAS)  
- Escuela de Ciencias Físico Matemáticas (ECFM-UAS), Culiacán, Sin.  
Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), Escuela de Física, Zacatecas, Zac.  
Universidad de Guadalajara (UdeG)  
- Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería (CUCEI), Guadalajara, Jal.  
- Centro de Microscopía Electrónica (CME), Guadalajara, Jal.  
- Centro de Investigación en Materiales (CIM), Guadalajara, Jal.  
- Instituto de Astronomía y Meteorología (IAM), Guadalajara, Jal.  
Universidad de Guanajuato (UG), Instituto de Física (IFUG), León Gto.

---

Universidad de las Américas (UDLA), Escuela de Ciencias, Cholula, Pue.

Universidad de Sonora (UNISON)

- Escuela de Física, Hermosillo, Son.
- Centro de Investigación en Física (CIFUS), Hermosillo, Son.

Universidad Iberoamericana (UIA), Departamento de Física, México, D.F.

Universidad Nacional Autónoma de México

- Centro de Instrumentos (CIUNAM), México, D.F. (cambio por Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, CCADET)
- Facultad de Ciencias (FCUNAM), México, D.F.
- Instituto de Astronomía (IAUNAM), México, D.F.
- Instituto de Ciencias Nucleares (ICNUNAM), México, D.F.
- Instituto de Física (IFUNAM), México, D.F.
- Instituto de Investigaciones en Materiales (IIMUNAM), México, D.F.

Universidad Veracruzana (UV-MEX), Facultad de Física, Xalapa, Ver.

## ANEXO IV

Relación de revistas en el área de la física donde publicaron los investigadores de la UNAM en la década de los noventa.

No.	TITULO DE LA REVISTA	No de Documentos	
		1990-94	1995-99
1	ACTA PHYSICA POLONICA A		1
2	ACTA PHYSICA POLONICA B		3
3	AMERICAN JOURNAL OF PHYSICS	11	13
4	APPLIED MAGNETIC RESONANCE		1
5	APPLIED PHYSICS A-MATERIAL SCIENCE & PROCESSING		6
6	APPLIED PHYSICS B-LASERS AND OPTICS		1
7	APPLIED PHYSICS LETTERS	3	20
8	APPLIED SURFACE SCIENCE	5	14
9	ATOMIC DATA AND NUCLEAR DATA TABLES	3	
10	CANADIAN JOURNAL OF PHYSICS	2	3
11	CHAOS		3
12	CHAOS SOLITONS & FRACTALS		1
13	CHEMICAL PHYSICS		7
14	CHEMICAL PHYSICS LETTERS	20	27
15	CLASSICAL AND QUANTUM GRAVITY	10	21
16	COMMUNICATIONS IN MATHEMATICAL PHYSICS	2	3
17	CONTRIBUTIONS TO PLASMA PHYSICS		3
18	CZECHOSLOVAK JOURNAL OF PHYSICS		13
19	EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C		2
20	EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL D		1
21	EUROPHYSICS LETTERS	3	8
22	FERROELECTRICS	1	1
23	FERROELECTRICS LETTERS SECTION		1
24	FEW-BODY SYSTEMS		2
25	FOUNDATIONS OF PHYSICS	5	6
26	FOUNDATIONS OF PHYSICS LETTERS		8
27	FULLERENE SCIENCE AND TECHNOLOGY		12
28	GENERAL RELATIVITY AND GRAVITATION	1	5
29	HELVETICA PHYSICA ACTA		3
30	HYPERFINE INTERACTIONS	6	1
31	IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY		1
32	IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS	1	5
33	INFRARED PHYSICS & TECHNOLOGY		1
34	INSTITUTE OF PHYSICS CONFERENCE SERIES	1	
35	INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY		8
36	INTERNATIONAL JOURNAL OF MASS SPECTROMETRY		2

No.	TITULO DE LA REVISTA	1990-94	1995-99
37	INTERNATIONAL JOURNAL OF MODERN PHYSICS A		12
38	INTERNATIONAL JOURNAL OF MODERN PHYSICS B		3
39	INTERNATIONAL JOURNAL OF MODERN PHYSICS C		1
40	INTERNATIONAL JOURNAL OF THEORETICAL PHYSICS	10	13
41	INTERNATIONAL JOURNAL OF THERMOPHYSICS	2	2
42	INVERSE PROBLEMS	6	
43	JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS PART 1-REGULAR PAPERS & SHORT NOTES	1	
44	JETP LETTERS		2
45	JOURNAL DE PHYSIQUE I	2	2
46	JOURNAL DE PHYSIQUE II		1
47	JOURNAL DE PHYSIQUE III	1	
48	JOURNAL DE PHYSIQUE IV	1	7
49	JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	10	17
50	JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS	29	51
51	JOURNAL OF COMPUTATIONAL PHYSICS	2	
52	JOURNAL OF FLUID MECHANICS	1	1
53	JOURNAL OF LOW TEMPERATURE PHYSICS		3
54	JOURNAL OF MAGNETIC RESONANCE	1	
55	JOURNAL OF MAGNETISM AND MAGNETIC MATERIALS		9
56	JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE-MATERIALS IN ELECTRONICS		8
57	JOURNAL OF MATHEMATICAL PHYSICS	23	15
58	JOURNAL OF MOLECULAR LIQUIDS		3
59	JOURNAL OF MOLECULAR SPECTROSCOPY	2	3
60	JOURNAL OF PHYSICS A-MATHEMATICAL AND GENERAL	33	51
61	JOURNAL OF PHYSICS B-ATOMIC MOLECULAR AND OPTICAL PHYSICS	1	6
62	JOURNAL OF PHYSICS D-APPLIED PHYSICS	11	18
63	JOURNAL OF PHYSICS G-NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS	2	11
64	JOURNAL OF PHYSICS-CONDENSED MATTER	21	22
65	JOURNAL OF PLASMA PHYSICS		1
66	JOURNAL OF STATISTICAL PHYSICS	3	6
67	JOURNAL OF SUPERCONDUCTIVITY		3
68	JOURNAL OF THE CHEMICAL SOCIETY-FARADAY TRANSACTIONS	14	7
69	JOURNAL OF THE MECHANICS AND PHYSICS OF SOLIDS	3	
70	JOURNAL OF THE PHYSICAL SOCIETY OF JAPAN	4	4
71	JOURNAL OF VACUUM SCIENCE & TECHNOLOGY A-VACUUM SURFACES AND FILMS	3	20
72	JOURNAL OF VACUUM SCIENCE & TECHNOLOGY B		3
73	LETTERS IN MATHEMATICAL PHYSICS	2	1
74	MATERIALS LETTERS	32	17

No.	TITULO DE LA REVISTA	1990-94	1995-99
75	MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING B-SOLID STATE MATERIALS FOR ADVANCED TECHNOLOGY	1	2
76	MODERN PHYSICS LETTERS A	2	9
77	MODERN PHYSICS LETTERS B		6
78	MOLECULAR CRYSTALS AND LIQUID CRYSTALS SCIENCE AND TECHNOLOGY SECTION A- MOLECULAR CRYSTALS AND LIQUID CRYSTALS		3
79	MOLECULAR PHYSICS	7	32
80	MOLECULAR SIMULATION		1
81	NONLINEARITY		1
82	NUCLEAR FUSION		1
83	NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A- ACCELERATORS SPECTROMETERS DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT	9	6
84	NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION B- BEAM INTERACTIONS WITH MATERIALS AND ATOMS	24	35
85	NUCLEAR PHYSICS A	6	13
86	NUCLEAR PHYSICS B	7	9
87	NUOVO CIMENTO DELLA SOCIETA ITALIANA DI FISICA A-NUCLEI PARTICLES AND FIELDS	1	1
88	NUOVO CIMENTO DELLA SOCIETA ITALIANA DI FISICA B-GENERAL PHYSICS RELATIVITY ASTRONOMY AND MATHEMATICAL PHYSICS AND METHODS	6	5
89	NUOVO CIMENTO DELLA SOCIETA ITALIANA DI FISICA D-CONDENSED MATTER ATOMIC MOLECULAR AND CHEMICAL PHYSICS BIOPHYSICS		2
90	PHILOSOPHICAL MAGAZINE A-PHYSICS OF CONDENSED MATTER DEFECTS AND MECHANICAL PROPERTIES	1	
91	PHILOSOPHICAL MAGAZINE A-PHYSICS OF CONDENSED MATTER STRUCTURE DEFECTS AND MECHANICAL PROPERTIES		1
92	PHILOSOPHICAL MAGAZINE B-PHYSICS OF CONDENSED MATTER STATISTICAL MECHANICS ELECTRONIC, OPTICAL AND MAGNETIC PROPERTIES		1
93	PHILOSOPHICAL MAGAZINE B-PHYSICS OF CONDENSED MATTER STRUCTURAL ELECTRONIC OPTICA AND MAGNETIC PROPERTIES	1	
94	PHILOSOPHICAL MAGAZINE LETTERS	1	
95	PHYSICA A	28	47
96	PHYSICA B	5	5
97	PHYSICA C	29	13
98	PHYSICA D	6	7
99	PHYSICA SCRIPTA		8
100	PHYSICA STATUS SOLIDI A-APPLIED RESEARCH	1	12
101	PHYSICA STATUS SOLIDI B-BASIC RESEARCH	6	7
102	PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS		4
103	PHYSICAL REVIEW A	36	45
104	PHYSICAL REVIEW B-CONDENSED MATTER	47	68

No.	TITULO DE LA REVISTA	1990-94	1995-99
105	PHYSICAL REVIEW C-NUCLEAR PHYSICS	13	30
106	PHYSICAL REVIEW D	34	41
107	PHYSICAL REVIEW E	11	56
108	PHYSICAL REVIEW LETTERS	14	20
109	PHYSICS LETTERS A	13	36
110	PHYSICS LETTERS B	15	18
111	PHYSICS OF ATOMIC NUCLEI		3
112	PHYSICS OF FLUIDS	1	8
113	PHYSICS OF PLASMAS		8
114	PHYSICS REPORTS-REVIEW SECTION OF PHYSICS LETTERS		2
115	PLASMA PHYSICS AND CONTROLLED FUSION	1	3
116	PLASMA PHYSICS REPORTS	1	2
117	PROGRESS IN PARTICLE AND NUCLEAR PHYSICS	1	
118	RADIATION EFFECTS AND DEFECTS IN SOLIDS	8	3
119	RADIATION PHYSICS AND CHEMISTRY	7	33
120	REPORTS ON PROGRESS IN PHYSICS	1	
121	REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS	5	8
122	REVIEWS IN MATHEMATICAL PHYSICS	1	1
123	REVISTA MEXICANA DE FISICA	103	189
124	SEMICONDUCTOR SCIENCE AND TECHNOLOGY	3	14
125	SOLID STATE COMMUNICATIONS	12	11
126	SOLID STATE IONICS	4	2
127	SUPERCONDUCTOR SCIENCE & TECHNOLOGY	1	5
128	SYNTHETIC METALS		3
129	THEORETICAL AND MATHEMATICAL PHYSICS		3
130	THIN SOLID FILMS	23	24
131	VACUUM	1	1
132	ZEITSCHRIFT FUR NATURFORSCHUNG SECTION A-A JOURNAL OF PHYSICAL SCIENCES		1
133	ZEITSCHRIFT FUR PHYSIK A-HADRONS AND NUCLEI	2	
134	ZEITSCHRIFT FUR PHYSIK B-CONDENSED MATTER	2	
135	ZEITSCHRIFT FUR PHYSIK C-PARTICLES AND FIELDS	1	
136	ZEITSCHRIFT FUR PHYSIK D-ATOMS MOLECULES AND CLUSTERS	9	3
137	ZEITSCHRIFT FUR PHYSIKALISCHE CHEMIE-INTERNATIONAL JOURNAL OF RESEARCH IN PHYSICAL	1	
TOTAL		807	1432

## ANEXO V

### Estructura del programa relacional Del Departamento de Bibliometría y Análisis Documental

#### 1. Descarga de registros de las bases de datos del ISI

Guardar registros de la siguiente manera:

- save: full set
- record format: record+addresses
- file format: sci-mate

#### 2. Conversión

Conversión del fichero anterior (\*.rpt) a ficheros relacionados MAO, AUO Y COO. Estos ficheros se relacionan a partir del campo IDNO, que incluye una numeración correlativa de registros.

#### 3. Estructura de los ficheros en access

Datos originales y resultado:

\*\*\*\*/ISI-DIALOG J

AU Puig MM; Montes A; Marrugat J (AUO ) (MAO ) )

TI Management of Postoperative Pain in Spain (MAO )

JN ACTA ANAESTHESIOLOGICA SCANDINAVICA 45(4):465-470  
(MAO )

PY 2001 (MAO )

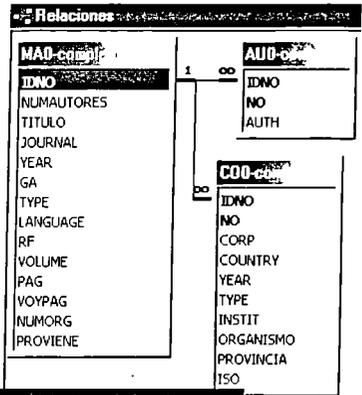
GA 417PQ (MAO )

DT Article (MAO )

LA English (MAO )

RF 10 MAO )

CS UNIV BARCELONA, HOSP DEL MAR, DEPT ANAESTHESIOL,  
PASEO MARITIMO 25 28, BARCELONA 08003, SPAIN; UNIV  
BARCELONA, HOSP DEL MAR, LIPIDS & EPIDEMIOLOG RES  
UNIT, INST MUNICIPAL INVEST MED, BARCELONA 08003,  
SPAIN COO ) MAO )



**MAO-completo - Tabla**

IDNO	NUMAUTORES	TITULO	JOURNAL	YEAR	GA	TYPE	LANGUAGE
+ 191151	3	Management of Postoperative Pain in Spain	ACTA ANAESTHESIOLOGICA SCANDINAVICA	2001	41	7P	Q

RF	VOLUME	PAG	VOYPAG	NUMORG	PROVIENE
10	45(4)	465-470	45(4) 465-470	2	C

**AUO-completo - Tabla**

IDNO	NO	AUTH
191151	1	Puig MM
191151	2	Montes A
191151	3	Marrugat J

**COO-completo - Tabla**

IDNO	NO	CORP	COUNTRY	YEAR	TYPE	INSTIT	ORGANISMO	PROVINCIA	ISO
191151	1	UNIV BARCELONA, HOSP DEL MAR, DEPT ANAESTHESIOL, PASEO MARITIMO 25 28,	SPAIN	2001					
191151	2	UNIV BARCELONA, HOSP DEL MAR, LIPIDS & EPIDEMIOLOG RES UNIT, INST MUNICIPAL INVEST	SPAIN	2001					

#### 4. Codificación de los lugares de trabajo

El sistema de codificación de centros se describe en Fernández MT et al (Research Evaluation 3(1):55 -62, 1993). Los programas están preparados para tratar este tipo de información. Cada centro se identifica a través de un código. Cada código consta de tres partes fundamentales:

1. Código postal de provincia (2 dígitos)
2. Código de institución (hasta 4 dígitos). Distinguimos distintos tipos de organismos:
  - 1 Universidad
  - 2 CSIC
  - 3 Administración central
  - 4 Administración autonómica
  - 5 Administración local
  - 6 Empresas públicas
  - 7 Fundaciones
  - 8 Empresas privadas
  - 9 Extranjero (no codificamos lugares de trabajo de fuera de España, que se identifican poniendo un "9").H. Hospitales
3. Código de organismo (hasta 6 dígitos). Identifica los distintos centros dentro de una universidad. Por ej. Universidad Complutense tiene código de institución 1C, y las distintas facultades dentro de esta universidad tienen cada una su código de centro:  
Fac. Medicina: 1C 1ME  
Fac. Ciencias: 1C...1CI

##### Ejemplo de codificación

Centro	Provincia	Institución	Organismo
Fac. Med. UCM de Madrid	28	1C	1ME
Hospital La Paz de Madrid	28	H	HPAZ
CINDOC, CSIC, Madrid	28	2	210201
Lab. Almirall de Barcelona	08	8	ALMIRA

##### Comentarios:

Una facultad de medicina siempre tiene el código "0" = 1ME. Esto permite obtener, en un momento dado, toda la producción de las facultades de medicina.

El campo "Institución" permite distinguir los distintos tipos de instituciones. Es decir, que todas las universidades (por ej) comienzan con "1", aunque luego la autónoma lleve un "1A" y la complutense un "1C". Este tipo de codificación es muy útil, porque permite, en un momento dado, separar toda la producción de las universidades (código 1), los hospitales (código H) o los centros del CSIC (código 2).

**IMPORTANTE.** Respetar la longitud de los campos.

Provincia: debe tener máximo 2 caracteres.

Institución: máximo 4 caracteres.

Organismo: máximo 6 caracteres.

Se debe crear un fichero maestro de organismos. Llamado "MAESORG", y contiene la traducción de los códigos.

Estructura del fichero:

PROVINCIA	INSTIT	ORGANISMO	CASTELLANO
08	1A	1EC	Fac.Econ.UAB
08	1A	1FA	Fac.Farm.UAB
08	1A	1FL	Fac.Filos.Let.UAB
08	1C	1BI	Fac.Biol.U Barcelona
08	1C	1DE	Fac.Derecho,U.Barcelona
08	1C	1EC	Fac.Econ.U.Barcelona
08	1P	2INDT	ETSI.Indust.Terrasa,UPC
08	1P	2TE	ETSI.Teleco.Barcelona,UPC
08	H	HGSM	Imim-Hospital Mar,Barcelona
08	H	HGTP	H.Germans Trias.Pujol,Badalona
08	H	HGV	H.de Vic
28	2	020101	I.Quim.Fis.Rocasol.CSIC,Madrid
28	2	020301	I.Quim.Org.Gral.CSIC,Madrid
28	2	020306	C.Quim.Organ.L.T.CSIC,Madrid
28	8	NECSO	Necso.Entrec.Cubiertas,Madrid
28	8	NOREL	Norel, S.A., Madrid
28	8	NORMON	Lab. Normon, S.A., Madrid

## ANEXO VI

### Validación de los grupos

Período 1990 a 1994

NO.	NO GRUPO	FORMA DE VALIDACION	COMENTARIOS
1	1	MIEMBRO	
2	2	IP*	
3	3	IP	
4	4	MIEMBRO	
5	5	IP	
6	6	MIEMBRO	
7	7	MIEMBRO	
8	8	PUBLICACIONES	
9	9	IP	
10	10	EXPERTO	
11	11	EXPERTO	
12	12	EXPERTO	Las características del IP fueron: a) Es del área de Física Nuclear (Experimental) b) Trabaja en varias líneas de investigación y el grupo incluye a los colaboradores de las distintas líneas
13	13	PUBLICACIONES	El IP es Químico y labora en una dependencia de la misma área.
14	14	MIEMBRO	Grupo multidisciplinario (incluye a un químico y éste, es IP en el siguiente periodo)
15	15	EXPERTO	
16	16	EXPERTO	
17	17	PUBLICACIONES	
18	18	PUBLICACIONES	
19	19	PUBLICACIONES	
20	20		
21	21	EXPERTO	
22	22	PUBLICACIONES	
23	23		
24	27		
25	30	IP	
26	39	IP	

\*IP= Investigador Principal; Publicaciones<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Información validada de las fuentes de la Sociedad Mexicana de Física:

*Catálogo de Programas y Recursos Humanos en Física (1991-1994)*. México: Sociedad Mexicana de Física

*Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física (1995-2000)*. México: Sociedad Mexicana de Física.

Período 1995 a 1999

NO	NO GRUPO	FORMA DE VALIDACION	COMENTARIOS
1	1	EXPERTO	El IP es Químico y labora en una Dependencia de la misma área.
2	2	IP	Colaboran en distintos temas (grupos)
3	3	IP	Colaboran en distintos temas (grupos)
4	4	IP	El IP Colabora en grupos en distintos temas en alguno si se considera IP pero en otros no
5	5	EXPERTO	
6	6	EXPERTO	
7	7	IP	Faltan colaboradores: Se identificó que el autor faltante se asignado a otros grupos debido a que su aportación mayor fue con otros grupos. En otros casos el autor no se encontró en el archivo. En SCI aparece que no colaboró en ese período)
8	8	EXPERTO	
9	9	EXPERTO	
10	10	EXPERTO	Colaboran en distintas líneas de investigación
11	11	EXPERTO	
12	12	EXPERTO	
13	13	IP	El IP en el grupo no presenta dirección por firmar en dos idiomas y en dos instituciones.
14	14	IP	El IP simultáneamente ha colaborado con otros grupos.
15	15	MIEMBRO	
16	16	EXPERTO	Uno de los grupos más grandes (37 miembros) .Presenta (subgrupos). El IP. a) Es del área de FN (Experimental) b) Trabaja en varias líneas. Incluye a los colaboradores de las distintas líneas. c) Algunos miembros del grupo colaboran con otro grupo.
17	17	MIEMBRO	
18	18	IP	
19	19	MIEMBRO	
20	20	MIEMBRO	
21	21	EXPERTO	
22	22	MIEMBRO	
23	23	MIEMBRO	Se indicó que faltan dos miembros. En el análisis se identificó que ambos autores aparecen como no asignados a grupos: a) Uno de ellos presentó formas distintas de firmar los documentos. b) El otro caso presentó distintas instituciones.
24	24	MIEMBRO	
25	25	IP	El IP es Químico y colaboran en distintas líneas de investigación
26	26	IP	
27	27	MIEMBRO	Colaboran en distintas líneas de investigación
28	28	EXPERTO	
29	29	EXPERTO	El IP es del área Física Nuclear Experimental. Trabaja en varias líneas de investigación y el grupo incluye a los colaboradores de las distintas líneas de investigación.
30	30	IP	
31	31		
32	32	IP	El IP indicó que faltó un miembro en el grupo (éste se identificó como IP de otro grupo).
33	33	MIEMBRO	
34	34	MIEMBRO	
35	35	IP	Algunos miembros del grupo colaboran en distintas líneas de investigación
36	36	EXPERTO	

Continuación del cuadro ...

NO	NO GRUPO	FORMA DE VALIDACION	COMENTARIOS
37	37		
38	38	IP	
39	39	MIEMBRO	
40	40	IP	El IP es Químico
41	41	MIEMBRO	
42	42	EXPERTO	
43	43	MIEMBRO	
44	44	MIEMBRO	
45	45	EXPERTO	
46	46		
47	47	MIEMBRO	
48	48	MIEMBRO	
49	49	EXPERTO	
50	50		
51	51		
52	52	IP	Faltó un miembro (se identificó en otro grupo, sólo tuvo una colaboración en ese grupo)
53	53		
54	54	MIEMBRO	
55	55	MIEMBRO	
56	56	EXPERTO	
57	57	EXPERTO	
58	58		
59	59		
60	60		
61	61		
62	62	MIEMBRO	
63	66		
64	67		
65	68	IP	El IP es Químico
66	71	MIEMBRO	
767	73		

\*IP= Investigador Principal