

**EL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS
DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN CIENTÍFICA
EN EL ÁREA DE PARTÍCULAS ELEMENTALES:
EL CASO DE LA FÍSICA MEXICANA**

**María Elena Luna Morales
Jane M. Russell Barnard**



La presente obra está bajo una licencia de:

http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX



Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Unported

Eres libre de:



copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra



hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debes reconocer la autoría de la obra en los términos especificados por el propio autor o licenciante.



No comercial — No puedes utilizar esta obra para fines comerciales.



Licenciamiento Recíproco — Si alteras, transformas o creas una obra a partir de esta obra, solo podrás distribuir la obra resultante bajo una licencia igual a ésta.

Esto es un resumen fácilmente legible del:

[texto legal \(de la licencia completa\)](#)

En los casos que sea usada la presente obra, deben respetarse los términos especificados en esta licencia.



**El uso de nuevas tecnologías de información y
comunicación científica en el área de
partículas elementales: el caso
de la física mexicana**

COLECCIÓN
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas

**El uso de nuevas tecnologías de información y
comunicación científica en el área de
partículas elementales: el caso
de la física mexicana**

María Elena Luna Morales
Jane M. Russell Barnard



Universidad Nacional Autónoma de México
2009

QC793.29

L85U86

Luna Morales, María Elena

El uso de nuevas tecnologías de información y comunicación científica en el área de partículas elementales : el caso de la física mexicana / María Elena Luna Morales, Jane M. Russell Barnard. – México : UNAM, Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas, 2009.

xii, 133 p. (Tecnologías de la Información)

ISBN: 978-607-02-0898-0

1. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones 2. Comunicación Científica 3. Utilización de la Información 4. Partículas (Física nuclear) – México I. Russell, Jane M. (Jane Margaret), coaut. II. t. III. ser.

Diseño de portada: Mario Ocampo Chávez

Imagen de portada: Animación por computadora del campo interior del magneto de un acelerador de partículas.

<http://www.interactions.org/imagebank/images/DE0025H.jpg>

(30 de septiembre de 2002, 1535 x 1152 pixeles).

Primera Edición 2009

DR © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Ciudad Universitaria, 04510, México D.F.

Impreso y hecho en México

ISBN: 978-607-02-0898-0

Contenido

PRÓLOGO ·····	ix
---------------	----

Capítulo 1

COMUNICACIÓN CIENTÍFICA

INTRODUCCIÓN ·····	3
ROL CENTRAL DE LA REVISTA EN LA COMUNICACIÓN CIENTÍFICA ·····	5
COMUNICACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO ·····	9
Auge tecnológico ·····	9
Nacimiento de Internet ·····	11
Hiper-Documento ·····	16
CAMBIOS EN LA COMUNICACIÓN CIENTÍFICA ·····	20
ROL DEL E-PRINT EN EL ÁREA DE LA FÍSICA ·····	25
ORIGEN DE LOS SERVIDORES E-PRINT ·····	28

Capítulo 2

DISCIPLINAS BIG SCIENCE

INTRODUCCIÓN ·····	37
CARACTERÍSTICAS DE LAS <i>BIG SCIENCE</i> ·····	41
ACELERADORES Y DETECTORES DE PARTÍCULAS ·····	44
COLABORATORIOS Y REDES DE COLABORACIÓN CIENTÍFICA ·····	48

Capítulo 3
FÍSICA DE PARTÍCULAS
ELEMENTALES

INTRODUCCIÓN ·····	57
FÍSICA MEXICANA DE PARTÍCULAS ELEMENTALES (FMPE) ·····	61
INCORPORACIÓN DE LA FMPE AL ÁREA EXPERIMENTAL (BIG SCIENCE) ·····	66

Capítulo 4
PATRONES DE USO DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA DE LOS FÍSICOS MEXICANOS DEL ÁREA
DE PARTÍCULAS ELEMENTALES

LA COMUNIDAD FMPE ·····	75
EDAD DE LA COMUNIDAD FMPE ·····	80
PROYECCIÓN EN EL CRECIMIENTO DE LA COMUNIDAD FMPE ·····	83
LA FMPE EN EL SISTEMA NACIONAL DE INVESTIGADORES (SNI) ·····	85
ACCESO A LA INFORMACIÓN ESPECIALIZADA EN EL ÁREA ·····	87
PUBLICACIÓN DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN ·····	91
REVISTAS PREFERIDAS PARA PUBLICAR ·····	92
PUBLICACIÓN CIENTÍFICA DE LOS FMPE A TRAVÉS DE SPIRES-HEP ·····	97
VALIDACIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO ·····	98
SISTEMAS DE EVALUACIÓN CIENTÍFICA ·····	100

Capítulo 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

INSTITUCIONALIZACIÓN Y PROFESIONALIZACIÓN DE LA DISCIPLINA	105
EQUILIBRIO DE LA PLANTILLA ACADÉMICA	107
ACCESO A LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN	108
EL E-PRINT EN LA POLÍTICA CIENTÍFICA	109
REVISTAS PREFERIDAS PARA PUBLICAR	111
CONCLUSIONES	113
BIBLIOGRAFÍA	116
Apéndice 1.	
EL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN POR PARTE DE INVESTIGADORES MEXICANOS DEL ÁREA DE PARTÍCULAS ELEMENTALES	126
Apéndice 2.	
ABREVIATURAS DE INSTITUCIONES	132
Apéndice 3.	
GLOSARIO DE TÉRMINOS USADOS	133

Prólogo

El interés de las comunidades científicas mexicanas por incorporarse a disciplinas *Big Science* tiene que ver con las ventajas que éstas representan para investigadores y estudiantes con inquietudes en la investigación de tipo experimental, porque posibilita para los mismos la adquisición de un nuevo perfil científico que gira en torno a la industrialización tecnológica, al acceso a redes de colaboración científica, y al uso de nuevas formas de compartir el conocimiento científico a través de novedosos sistemas de *preprints* electrónicos (*e-print*). De igual manera, es determinante la visibilidad que como grupos de investigación pueden lograr al estar presentes en las grandes colaboraciones científicas con posibilidades de arribar a descubrimientos de envergadura a nivel internacional, como los que están produciendo las grandes ciencias, sobre todo la física de partículas elementales que está identificada como una de las disciplinas *Big Science* mejor constituidas. Debido a las condiciones en que se ha desarrollado esta disciplina, integrada principalmente a una nueva forma de hacer ciencia y socializar el conocimiento científico, ha dado origen a modernos sistemas de información y publicación de resultados de investigación con el fin de resolver necesidades inmediatas de información entre grupos en colaboración y colegas del área.

Para apreciar la dinámica de las ciencias a gran escala, o *Big Science*, en especial la física de partículas elementales, es necesario entender cuál es su relación, primero, con los aceleradores y detectores de

partículas atómicas; segundo, con la cultura de colaboración internacional constituida por investigadores procedentes de diferentes países e instituciones; y tercero, con el intercambio de datos y resultados de investigación en forma electrónica.

La *Big Physics*, como también se les conoce, tiene sus antecedentes a partir 1930 con el desarrollo de los primeros aceleradores de protones en el mundo; sin embargo, el proceso de evolución de esta disciplina se aceleró a nivel mundial en 1960, con el surgimiento de una segunda generación de aceleradores y detectores de partículas enfocada a perfeccionar su diseño, estructura y velocidad. Durante la última década del siglo XX, este fenómeno se volvió a reproducir, al surgir nuevas necesidades en el progreso de los aceleradores y detectores, sobre todo para dar mayor energía de movimiento a las partículas.

A partir de un análisis hecho sobre las estructuras y transformaciones ocurridas en la ciencia después de la Segunda Guerra Mundial, se detectaron cambios radicales en sus estructuras básicas que dieron lugar a nuevos paradigmas en la investigación científica. Estos estudios, llevados a cabo en diferentes campos de la ciencia, principalmente en la física de altas energías, ciencias del espacio y ciencias biológicas, dieron lugar a proyectos que permitieron crear el concepto de ciencia a gran escala (*Big Science*). A su vez estos proyectos se han caracterizado por los cambios que presentan en su estructura organizacional y la socialización del conocimiento científico a través del intercambio de datos producidos por los distintos grupos en colaboración. En este sentido, las grandes ciencias también han dado lugar a un nuevo concepto, identificado como *colaboratorio*: un proceso virtual que abre las puertas hacia un gran laboratorio, al que se puede llegar atravesando múltiples áreas geográficas, permitiendo el acercamiento e interacción entre grupos de investigación.

El intercambio de datos y resultados de la investigación son características específicas de los grandes *colaboratorios*, cualidades con las que se identifican los físicos de altas energías. Este gremio busca mantenerse actualizado, no sólo en lo referente al grupo con quien están colaborando, sino también, con respecto a lo que otros grupos están haciendo y con la comunidad científica en general. Con esta filosofía, a principios de los años 90, el físico Paul Ginsparg desa-

rolló el primer sistema electrónico de información científica que integra como elementos principales y novedosos la reutilización del preprint en formato electrónico, de donde toma el nombre de *e-print*. A partir de este desarrollo, y por las necesidades de información que presenta la comunidad científica del área, actualmente los principales centros experimentales, como *Stanford Linear Accelerator Centre* (SLAC), *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire* (CERN), *Deutsches Elektronen Synchrotron* (DESY), *Fermi National Accelerator Laboratory* (FERMILAB) e institutos de física en el mundo, están desarrollando bases de datos electrónicas siguiendo los principios de Ginsparg. Dichos sistemas son los que actualmente utilizan los físicos del área de partículas elementales para cubrir sus necesidades de información, sobre todo el sistema *Stanford Public Information Retrieval System-High Energy Physics* (SPIRES-HEP), que además de integrar información bibliográfica, también ofrece indicadores bibliométricos sobre la literatura científica registrada.

Propósito del libro

La nueva dinámica de acceso a la información y publicación de resultados de investigación desarrollada por los físicos provocó serios cambios en el sistema social de comunicación científica. En especial, porque dio lugar a un proceso novedoso de comunicación informal entre científicos, basado principalmente en el intercambio de documentos e-prints; dinámica en la que están presentes los físicos mexicanos del área, sobre todo los incorporados a proyectos de investigación *Big Science*. Estos antecedentes nos impulsaron a desarrollar el presente estudio cuyos objetivos son:

- 1) Determinar el uso y aprovechamiento de las nuevas tecnologías de información por parte de la comunidad científica mexicana del área de partículas elementales;
- 2) Señalar cómo estos científicos están participando en los nuevos esquemas de comunicación científica que es determinada por la cuantificación de la producción científica del grupo y registrada en el sistema de archivos SPIRES-HEP;

- 3) Compartir con las bibliotecas especializadas del país las nuevas modalidades que los físicos mexicanos del área de partículas elementales están siguiendo para resolver sus necesidades de información.

Metodología

Se optó por abordar este estudio partiendo de la aplicación de dos diferentes metodologías: la primera soportada en la técnica del cuestionario, en particular para obtener datos sobre todo de tipo descriptivo, cualitativo y cuantitativo, así como aspectos que son significativos para caracterizar la comunidad científica del área. La segunda se enfocó a identificar directamente en la base de datos SPIRES-HEP, especializada en el área de física de altas energías, la presencia de los físicos mexicanos de partículas elementales, a través de la cuantificación de la producción científica registrada en este sistema durante el periodo (1970-2000). A través de este análisis también se pudieron identificar los tipos de documento que con mayor frecuencia los científicos mexicanos colocan en estos servidores e-print (artículos de revista, e-print, tesis, reportes, libros, capítulos de libro, congresos y pláticas).

Para lograr una mejor caracterización de la comunidad científica estudiada, complementamos la información de los cuestionarios con los datos registrados en el sistema SPIRES-HEP. La combinación de distintas variables (producción, tipo de publicación, tipo de investigación, edad, categorías SNI) permitió identificar los principales patrones de acceso a la información y publicación de nuevos resultados de investigación por parte de los físicos mexicanos del área. De esta manera fue posible determinar la presencia que este grupo de científicos tiene en los nuevos modelos de comunicación científica.

Las herramientas que resultaron de mayor utilidad durante la investigación fueron principalmente las bases de datos bibliográficas que permitieron recuperar la literatura sobre el tema de estudio. Posteriormente, hicimos uso de otras bases de datos como: Recursos Humanos de la Sociedad Mexicana de Física y SPIRES-HEP. La primera

desarrollada por la SMF sobre el manejador de bases de datos *DBase*, que fue de mucha utilidad para ubicar a los científicos mexicanos integrados al área de partículas elementales, y la ubicación institucional que cada uno tiene. La segunda está constituida por un conjunto de bases de datos desarrolladas en el área de altas energías, administrada desde 1974 por la Biblioteca Stanford Linear Accelerator Centre (SLAC).¹ De esta base de datos, integrada principalmente por documentos e-print, artículos en revista, memorias, congresos, pláticas, reportes técnicos, tesis, libros y capítulos de libro, se recuperó la producción científica asociada a los investigadores mexicanos. Con esta información se generó una nueva base de datos en Microsoft Access para uso local, la cual tiene una cobertura de trabajos publicados durante 30 años (1970-2000). La base de datos se mejoró y complementó, en un principio se quitaron los registros duplicados, y se eliminaron aquellos trabajos que no correspondían a científicos mexicanos. Se normalizaron los campos de adscripción de los autores e instituciones, y se agregaron otros campos, necesarios para manipular de mejor manera los resultados del estudio. Este último se hizo con el apoyo de herramientas como:

- 1) La página Web de la Sociedad Mexicana de Física (SMF) directamente de la División de Partículas y Campos (DPC) con dirección URL: <http://dpyc.smf.mx/>.
- 2) Los Catálogos Iberoamericanos de Programas y Recursos en Física (CLPRF) en sus ediciones de 1997 a 2001.²
- 3) Los anuarios de instituciones como CINVESTAV³ e IPN.⁴

1 J. Requena, 1996. Ciencia y técnica nacional: avala un mejor futuro. Revista Electrónica Bilingüe. (10). Disponible en: <http://www.analitica.com/archivo/vam1996.11/cienci1.html>. (Octubre, 2003)

2 Sociedad Mexicana de Física; Federación Latinoamericana de Sociedades de Física. Catálogo Iberoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física: 1997-2001. varios volúmenes, varias paginaciones.

3 Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. Anuarios 1975-2001. México: CINVESTAV, 1975-2001. varios volúmenes, varias paginaciones.

4 Instituto Politécnico Nacional. Anuario 1999 de Investigación y Posgrado. México: IPN. Coordinación General de Posgrado e Investigación., 1999. 361 p.

- 4) El envío de correos electrónicos a los investigadores en casos donde las diferentes herramientas utilizadas no aclaraban la pertenencia del científico al área de investigación.

Finalmente a partir de la base de datos local se obtuvo un listado con los nombres de los físicos que a nivel nacional están integrados a la investigación científica en el área. Dicho listado, después de varias revisiones, quedó apto para su uso, constituido por un total de 84 científicos con especialidad en el área de partículas elementales, distribuidos en diferentes entidades federativas del país.

El cuestionario

El cuestionario representó para nuestra investigación el instrumento de mayor importancia para recabar datos sobre la comunidad FMPE. Para hacerlo más práctico y funcional durante su aplicación, se dividió en los siguientes apartados:

- 1) datos personales,
- 2) acceso a la información especializada,
- 3) publicación de resultados científicos,
- 4) validación del conocimiento científico, y
- 5) evaluación del conocimiento científico. Cada sección integra un grupo de preguntas relativas al apartado, y se dejó al final la opción para comentarios libres o sugerencias por parte de los entrevistados (*Apéndice 1*).

Aplicación de encuestas

La aplicación de encuestas tuvo lugar durante los meses de junio-septiembre de 2003; el proceso se llevó a cabo de diferentes maneras; se prefirió la forma personalizada por considerar que ésta sería una técnica más rápida para contar con resultados, por lo menos en lo que respecta a instituciones localizadas en el Distrito Fede-

ral como es el caso de CINVESTAV-DF, IF-UNAM, ICN-UNAM e IPN. Se aprovechó la reunión anual que organiza la División de Partículas y Campos de la SMF para encuestar a los físicos del área, principalmente a los instalados en el interior del país: Zacatecas, San Luis Potosí, Michoacán, Guanajuato, Puebla, Yucatán, Morelos, Hidalgo y Colima. En vista del poco éxito logrado durante este evento, se optó por el envío de cuestionarios a través de correo electrónico. La aplicación de este método trajo mejores resultados ya que se recibieron por esta vía 32 cuestionarios resueltos. Hubo casos excepcionales donde el bibliotecario nos apoyó en la distribución de cuestionarios entre profesores e investigadores del área, los recogieron y enviaron por e-mail o correo ordinario para su concentración y análisis.

El universo de estudio quedó constituido por 84 científicos que están integrados a la investigación en el área de partículas elementales en México. De acuerdo con R. Powell,⁵ para una población de estudio de tal magnitud, la muestra queda bien representada con la respuesta de 66 de las encuestas aplicadas. El cuestionario se aplicó al total de los científicos (84), de los cuales 70 respondieron a la encuesta, 14 no lo resolvieron por diferentes razones, principalmente abstención.

Los resultados de las encuestas se vaciaron a una base de datos diseñada en Access, para aprovechar las ventajas que ofrece como sistema relacional, de tal manera que fue posible establecer vínculos y cruces entre distintas variables. Esto ayudó en la recuperación de resultados y en la presentación de los mismos, una vez que pasaron por alguna hoja de cálculo (*Excel*), editor de texto o el paquete estadístico *Smith's Statistical Package* (SSP).

5 R.R.Powell, 1991. *Basic Research Methods for librarians*. 2da. ed. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporations. 204 p.

Principales resultados

Se obtuvieron como principales resultados los siguientes:

- 1) La comunidad FMPE está compuesta por 84 científicos en total. De estos, el 72% corresponde a investigadores con edades que van de 26 a 45 años, el resto (28%) de los científicos se ubican entre 46 y 65 años.
- 2) Nuestro grupo presenta patrones muy definidos hacia el uso y aprovechamiento de información y comunicación científica vía documentos electrónicos, a través del acceso a servidores de archivos e-prints, con los que cubren entre el 80 y el 90% de sus necesidades de información.
- 3) La publicación se lleva a cabo principalmente vía servidores e-print como: arXiv, CERN y DESY, aunque prefieren publicar sus trabajos de investigación en forma paralela, es decir, al mismo tiempo que someten un documento a revisión para su publicación en forma impresa, también es enviado a los servidores electrónicos para su pronta consulta.
- 4) Los 1006 trabajos registrados como e-prints en el SPIRES-HEP por autores mexicanos dan muestra de la importancia que tienen los archivos abiertos para los físicos mexicanos del área. A la vez que se definen como usuarios completamente integrados a los nuevos modelos de comunicación científica, basados en el uso servidores de archivos e-print.
- 5) Reconocen que el documento y las citas impresas son elementos primordiales en el proceso de evaluación científica, y por eso los ponderan por encima de los electrónicos.
- 6) Sin embargo, proponen a las instancias responsables de evaluar la actividad científica del país, que consideren los sistemas de archivos e-print, en particular SPIRES-HEP, que además de apoyarlos en la recuperación de información, es el medio de mayor uso en los periodos de evaluación académica.

Estructura del libro

El libro está estructurado en cuatro principales capítulos, los cuales están estrechamente relacionados entre sí. El capítulo 1 comprende la comunicación científica desde sus orígenes, evolución, modelos y nuevos modos de comunicar los resultados de la investigación, así como la forma en que las tecnologías han influido en el progreso de la comunicación científica. El capítulo 2 aborda el desarrollo y caracterización de las grandes ciencias (*Big Science*), sobre todo la forma en que evolucionó en la física de partículas elementales. El capítulo 3 analiza la investigación en la física de partículas elementales en México, en particular cómo, dónde, cuándo y por qué se originó. El capítulo 4 describe los resultados que surgieron de nuestra investigación. Por último, el capítulo 5 presenta el análisis de los resultados y las conclusiones del estudio.

1
Comunicación
científica

Introducción

Entre los autores que han definido el concepto de *comunicación científica* están Garvey & Griffith, quienes aciertan a decir que “la comunicación científica es el ser de la ciencia y constituye un proceso social”¹ de implicaciones mundiales. Dicho de otra manera, la comunicación científica es el proceso que comprende el intercambio de información principalmente entre productores de conocimiento y usuarios interesados en los resultados de la investigación. Compartir el conocimiento científico, y abrir los resultados de un descubrimiento, es una característica del sistema social de la ciencia y parte fundamental de las normas que gobiernan la ética profesional de la misma y que están descritas en los cinco principios de Merton,² los cuales establecen para la actividad científica los siguientes valores:

- 1) que el científico evalúe el nuevo conocimiento de manera crítica y objetiva;
- 2) que el científico utilice sus resultados de manera desinteresada;
- 3) el mérito científico se debe evaluar independientemente de las cualidades personales o sociales del científico;
- 4) el científico no es dueño de sus resultados, se prohíbe el secreto;
- 5) del científico se espera que mantenga una actitud de neutralidad emocional hacia su trabajo. Lo anterior explica por qué el ciclo de la investigación científica se cierra cuando los resultados originales de la investigación son dados a conocer a través de alguno de los medios de comunicación científica formal, creados por la propia comunidad científica para facilitar el intercambio de datos y opiniones entre colegas. Es decir, la actividad científica

1 W.D. Garvey and Griffith, BC, 1972. Communication and information processing with in scientific disciplines: Empirical findings for psychology. *Information Storage and Retrieval*. 8, 123-126

2 R.K. Merton, 1957. *Social theory and social structure*. New York: The Free Press, 645 p.

llega a su fin cuando los resultados de la investigación son del conocimiento público a través de la publicación y difusión de los mismos,³ dando lugar a nuevas ideas y metodologías que a su vez den origen a otros trabajos de investigación.

La dinámica del proceso de la comunicación científica se enriquece con la participación de distintos elementos; en especial, con el artículo científico que tiene como finalidad esencial “comunicar resultados de investigación, ideas y debates de manera clara, concisa y fidedigna”.⁴ Por su parte, Wertman⁵ lo describe como la “diseminación de nuevas teorías, ideas y resultados de investigación”. La comunicación científica es entonces un aspecto fundamental de la ciencia como parte del proceso que conduce al uso extenso de los últimos resultados de la investigación. La publicación científica constituye en sentido estricto el producto final de la investigación científica, sobre todo la publicada en artículos de revistas, las cuales son consideradas como fuentes primarias de información; en cambio, el artículo científico representa la unidad básica del proceso de investigación científica dando formalidad a un sistema público y ordenado de comunicación entre científicos.⁶ Este proceso de comunicación formal está caracterizado por el uso de documentos impresos como libros y revistas; los primeros son de primordial utilidad en las ciencias sociales y humanidades, y los segundos con mayor dominio dentro de las ciencias exactas y naturales. Ambos documentos integran la más amplia cobertura de lectores y se mantienen activos por largo tiempo a través de la organización y conservación de la información

3 R. Ferriols-Lisart; Montañés-Pauls, B; Moreno-Millares, A y Ventura-Cerda, JM, 2001. Artículos originales aplicados en farmacia hospitalaria: 1994-1999. Análisis del consumo de información. *Farmacia Hospitalaria*. 25(1), 38-48.

4 A. Martinson, 1983. *Guía para la redacción de artículos científicos destinados a la publicación*. – 2ª ed. – París: UNESCO, 13 p.

5 E.R. Wertman, 1999. Electronic preprint distribution: a case study of physicists and chemists at the University of Maryland. – Northern Virginia: Virginia Polytechnic Institute, 1-18 p.

6 K. Gessesse, 1994. Scientific communication, electronic access and document delivery: the new challenge to the science/engineering reference librarian. *International Information and Library Review*. 26,341-349.

en bibliotecas.⁷ Por su parte, la comunicación informal, generalmente tipificada como personal e interactiva, no se publica y los niveles de audiencia que atrae son escasos, prácticamente a grupos limitados interesados en temas de investigación afines; de este tipo de comunicación surgen los llamados colegios invisibles que se establecen a través del intercambio de cartas personalizadas, conversaciones directas de persona a persona y en algunas ocasiones por el intercambio de documentos previos a la publicación (*preprint*). Mediante el desarrollo de servidores e-print, a partir de los años 90 se dio a conocer otra forma de comunicación completamente informal que agilizó el proceso de intercambio de información, no requiere de grandes inversiones económicas y está basada en la disposición electrónica de documentos previos a la publicación. Sin embargo, ambas formas de comunicar los resultados de la investigación han desempeñado distintas funciones. En particular, la formal es la que marca las pautas a seguir en la evaluación del trabajo científico, convirtiendo al artículo científico impreso en uno de los principales parámetros en el proceso de evaluación, crecimiento y promoción de la actividad científica.⁸ Por su parte el documento electrónico ha empezado a cobrar fuerza entre diferentes comunidades académicas, donde ya constituye un tema de discusión y debate entre las comunidades científicas, bibliotecarias y científicos de la información, y seguramente pronto estará formando parte de los elementos que mayor peso tienen en los esquemas de evaluación de la ciencia.

Rol central de la revista en la comunicación científica

La introducción de la revista científica en el siglo XVII rompe con el esquema de comunicación basado principalmente en la comunicación oral, la correspondencia personal y los libros, al mismo tiempo que se convierte en el elemento fundamental que determinó el pro-

7 A. J. Meadows, 1998. *Communicating research*. San Diego, Cal.: Academic Press, 264 p.

8 J. M. Russell, 2001. Scientific communication at the beginning of the twenty-first century. *International Social Science Journal*. 168(June), 273-282.

ceso formal de la comunicación científica. Para Meadows,⁹ la revista es una colección de artículos de investigación publicados por distintos autores, y los artículos se reúnen o juntan durante cierto tiempo para después ser publicados y distribuidos bajo un solo título.

Durante el siglo XVIII y XIX la revista adquiere el papel que hasta hoy ha mantenido como agente principal del proceso de la comunicación científica, particularmente porque publica resultados originales de investigación. Con ello da origen al nacimiento del sistema de revisión y evaluación de la producción científica, función que se le encomienda a un grupo de miembros de la propia comunidad. Este proceso es conocido como *peer review*, *referee system* o simplemente sistema de arbitraje de revisión por pares.¹⁰ En términos históricos la Royal Society de Londres, fundada en 1645 a petición de un grupo de científicos interesados en los nuevos métodos introducidos por Galileo, es oficialmente la primera en asumir la responsabilidad formal de evaluar los textos previos a la publicación. A partir de este momento la investigación científica es evaluada por los pares antes de que aparezca publicada.

Con la aparición de la imprenta en 1500 surge el libro como medio de información que desempeña un papel muy importante en el desarrollo de las ciencias, y se convierte en una fuente de información de primer orden. Sin embargo era un medio de información y difusión bastante lento, provocando la preferencia por el intercambio epistolar entre colegas y grupos de interés.¹¹ Hasta la mitad del siglo XVII, este último medio representaba verdaderas redes informales de comunicación, que poco después dieron lugar a las sociedades y academias científicas.

Con el nacimiento de la primera revista científica *Journal de Sca-vants*, ocurrido en 1665, dio inicio para las ciencias una de las etapas más importantes de apoyo como medio de difusión de mayor presti-

9 A. J. Meadows, *Op. Cit.*

10 Ch. Pessanha, 1998. Criterios editoriales para la evaluación científica: notas para la discusión. En *Seminario Sobre la Evaluación de la Producción Científica* (San Paulo, Brasil, 4-6 Marzo), 4 p.

11 J. Lice de Arenas, 1985. Las publicaciones en la ciencia. *Ciencia Bibliotecaria*. (1), 21-32.

gio en la ciencia. Con el transcurso del tiempo se generaron nuevas revistas, como la *Philosophical Transactions* y la *Philosophical Transactions of the Royal Society*,¹² que tenían la misión y función principal de informar sobre los trabajos producidos por los sabios de Europa durante esa época. Asimismo se sustituyeron las cartas que los científicos intercambiaban entre sí para informar sobre resultados de investigación. Estas primeras revistas representaban para la época verdaderas fuentes de información ya que permitían que los científicos se mantuvieran al día sin necesidad de estar integrados a una red de correspondencia.

La revista científica impresa presenta una evolución histórica muy dinámica donde también han tenido que ver la institucionalización, la profesionalización y la especialización de la ciencia, ocurridas principalmente como consecuencia del crecimiento del conocimiento científico. Este fenómeno provocó nuevas formas para organizar la información producida, particularmente en especialidades o áreas de investigación a fin de hacer más accesible el proceso de intercambio de datos, ideas y metodologías entre científicos. Lo anterior forma parte del proceso de profesionalización de la ciencia ya que hasta la segunda mitad del siglo XIX todavía existía poca claridad entre las diferencias de un profesional y un amateur.¹³ La profesionalización de la ciencia conduce, a su vez, a la especialización de las revistas científicas, que son dirigidas a un público cada vez más particular, y que permitió la integración de grupos selectos de investigación al colocar a la revista científica como el principal medio para la difusión y transferencia de información entre científicos. Garvey y Griffith,¹⁴ tomando en cuenta los diferentes aspectos que intervienen en la comunicación científica y apoyados en el rol central de la revista científica y el sistema de arbitraje, propusieron el modelo tradicional de comunicación en la ciencia (*figura 1-1*), reconocido en su momento como el modelo universal de la ciencia.

12 D. Price, 1963. *Little Science Big Science*. — New York: Columbia University Press, 118 p.

13 A.J. Meadows, 1974. *Communication in science*. London: Butterworths, 248 p.

14 W.D. Garvey & Griffith, BC. *Op. Cit.*

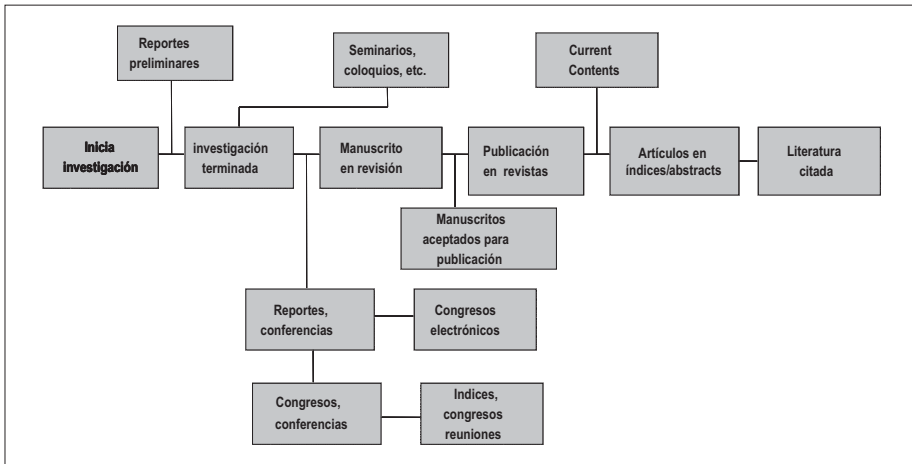


Figura 1-1
Modelo tradicional de Garvey y Griffith (Hurd, JM)¹⁵

Este modelo se inicia con una idea original que es concebida por el científico, la cual dará origen a una investigación en proceso, que a su vez derivará en un reporte preliminar y después en una investigación completa que puede terminar en la presentación en un congreso, seminario, coloquio o conferencia, dándose a conocer a través de memorias de conferencias o mediante la localización en índices sobre congresos y conferencias. Cuando la investigación está más acabada tiene la alternativa de continuar la ruta que lo conduce a la publicación de los resultados en alguna revista científica especializada, siempre y cuando cumpla con una previa revisión del manuscrito por parte del comité de árbitros de la revista.

Si el documento es aceptado aparecerá en listas de trabajos próximos a publicarse y puede ser localizado a través de índices y resúmenes especializados; además estará disponible como artículo en

15 J.M. Hurd, 1996. Models of science communications systems. In: S.Y. Crawford, J. M. Hurd, and C.Weller, editors. From print to electronic: the transformation of scientific communication. New Jersey: American Society for Information Science: *Information today*, 9-35.

servicios de alerta. El proceso que cierra el modelo tradicional de comunicación científica ocurre cuando el documento ha sido citado por la propia comunidad científica. Sin embargo, no siempre se sigue este orden, en muchas ocasiones los investigadores prefieren omitir pasos, como la presentación en reportes preliminares pues corren el riesgo de que se genere el robo de ideas. En realidad este proceso de comunicación científica se va a reproducir dependiendo de los fines que el investigador tenga para los resultados de una investigación, lo que seguramente estará en función de la importancia que dé a la misma.

A raíz de los cambios originados durante el siglo XX, gran parte de los procesos de la comunicación científica están soportados en tecnologías electrónicas de información, sobre todo los aspectos de producción, organización y diseminación de la información científica que han provocado el nacimiento de nuevos modelos de comunicación en la ciencia.

Comunicación científica y desarrollo tecnológico

Auge tecnológico

El progreso científico y tecnológico iniciado a finales de la década de los años 60 no es producto de la casualidad; al contrario, es el resultado de una serie de estudios con fines específicos donde tuvo una participación muy importante la investigación científica desarrollada y orientada a causas militares relacionadas con la seguridad nacional y la exploración del espacio, mejor conocida como *Guerra fría*. Sin embargo, no todo es producto de este tipo de investigación, las comunidades académicas y científicas también han tenido participaciones relevantes en otros ámbitos, sobre todo en la industrialización de las áreas de investigación y particularmente la de tipo experimental.¹⁶ Las necesidades de intercambio de información se volvieron ur-

¹⁶ M.J. Moravcsik, 1989. The contemporaneous assessment of a big science discipline. In *The Evaluation of scientific research*. Chichester, London: Wiley; Ciba Foundation Conference, 1989,188-200.

gentes e inmediatas para algunos grupos de investigación que vieron en las tecnologías una forma de apoyar la comunicación científica. Baste mencionar que el *World Wide Web* (www) nace en el European Center for Nuclear Research (CERN) y su creador, el físico Tim Berners-Lee,¹⁷ arribó a este desarrollo con la idea de diseñar una interfaz que permitiera la diseminación de resultados de investigación entre físicos del área de altas energías.

El desarrollo del mundo Web es producto de la aplicación y convergencia de tres tecnologías por separado: 1) Redes de computadoras, 2) manejo de información documental, y 3) diseño de software para la interfaz de usuarios.¹⁸

El desarrollo y aplicación de estas tecnologías son secuela de las distintas necesidades que se originaron con la integración de la física de partículas elementales a las disciplinas Big Science, y son un producto asociado principalmente a la composición de los grandes grupos de colaboración en el área experimental. Sin embargo, aunque el CERN logró diseñar una de las primeras versiones del Web, no resolvió las expectativas planeadas relacionadas con el intercambio de documentos en texto completo, ya que el uso de la herramienta lejos de beneficiar a la comunidad se convirtió en un caos, sobre todo por la manufactura de los sistemas operativos propietarios y la falta de estándares internacionales.¹⁹ Finalmente, la falta de técnicas, medios y protocolos, junto con otras variables, determinaron el inadecuado uso de la interfaz, que bien o mal se dio a conocer al público en general convirtiéndose en un verdadero fenómeno y produciendo gran polémica en el ámbito mundial. La interfaz fue madurada años después en Estados Unidos, casi al mismo tiempo que en el CERN, que arribó a una solución aceptable en el desarrollo de estándares de redes y protocolos de comunicación.

17 B. White, 1998. The World Wide Web and High-Energy physics. *Physics Today*. (Nov.), 30-36.

18 B. White, *Op.Cit.*

19 B. Segal, 1995. A short history of Internet proctocols at CERN. In CERN document. Disponible en:
<http://wwwcn.cern.ch/pdp/ns/ben/TCPHIST.html>. (July, 2002).

Nacimiento de Internet

A finales de la década de los años 60 el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, a través de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada (*Advanced Research Projects Agency, ARPA*), inició una serie de investigaciones desarrolladas en torno a la Guerra fría, en particular una red experimental de ordenadores que funcionó a partir de la conmutación de paquetes.²⁰ El desenlace final de esta investigación fue dado a conocer 20 años después con la difusión de lo que más tarde se llamó Internet. La historia del nacimiento de Internet parece una paradoja: germina bajo otro nombre como un experimento meramente militar impulsado por el gobierno de Estados Unidos, quien buscaba mejorar las redes de telecomunicaciones a fin de lograr ventajas y beneficios ante una posible guerra nuclear,²¹ a través de una forma diferente de comunicación entre las distintas unidades militares del país. En este sentido, la investigación se orientó hacia el desarrollo tecnológico de las comunicaciones, tomando como elemento prioritario la seguridad de los mensajes, el empaquetamiento, ruteo y transmisión de los mismos.

Uno de los primeros progresos que se lograron fue la integración de una red que se dio a conocer en 1972 por la ARPA, a la que llamaron ARPANET una vez que se complementó el protocolo de comunicación con el que operó esta “Red de Protocolos de Control” (*Network Control Protocol, NCP*). Sin embargo, por limitaciones en el funcionamiento del protocolo, ARPANET fue sustituida por la que actualmente conocemos como Internet y que derivó de la familia de protocolos del “Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Internet” (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) más conocido como protocolo (TCP/IP), un medio para la conversión y transmisión de mensajes de datos protegidos, dirigidos exclusivamente a una dirección específica dentro de una red de computado-

20 J. T. Nogales-Flores, 1999a. La revolución de la World Wide Web. En Caridad Sebastián, M. coordinador. *La sociedad de la información: política, tecnología e industria de los contenidos*. Madrid: Ramón Areces: Universidad Carlos III, 176-211.

21 B. White, B. *Op.Cit.*

ras.²² La ARPANET, que después tomó el nombre de Internet, fue diseñada para ser una Red de redes, un poderoso sistema de comunicaciones que integra diferentes tipos de computadoras con distintas tecnologías en plataformas, sistemas operativos y redes que habilitan la comunicación entre todas las computadoras y las redes, hablando un lenguaje común a través del protocolo TCP/IP.

Con el desarrollo de las tecnologías en telecomunicaciones nace también el correo electrónico, que da verdadera vida a la Red y el potencial que la misma tiene sobre todo al convertirse en un elemento básico de comunicación, al grado que en 1989 dicha tecnología es decomisada en forma global por la población, pues a nivel mundial se empieza a dar a conocer y se usa como algo que es en beneficio personal y deja de ser exclusiva de un sector en particular.

Parte del desarrollo tecnológico-computacional que se logró tiene que ver con la llegada de la computadora personal IBM (PC) a principios de la década de los años 80, periodo en el que surge el *Disk Operating System* (DOS), un nuevo estándar de sistema operativo para la computadora personal, que garantiza una plataforma sólida de crecimiento para nuevos productos tanto en hardware como en software. Sin embargo, con la abundancia de PC's, de programas *software*, de problemas resueltos y el crecimiento de la información se fueron originando algunas preguntas orientadas particularmente al *¿cómo podrían conectarse los equipos para compartir recursos entre sí?*; en respuesta a lo anterior, en 1984 IBM, en colaboración con Microsoft, anunciaron el desarrollo del *NetWork Basic Input/Output System* (NETBIOS), un código catalizador que permitía el desarrollo de redes de comunicación. A partir de este momento se generó una dura lucha entre distintas compañías por el desarrollo y venta de componentes, sistemas de red y sistemas operativos para el equipo de cómputo: 3Com, LAN Manager de Microsoft, NetWare de Novell e

22 J.T. Nogales-Flores, 1999b. Los usos básicos de Internet. Servicios y aplicaciones. En Caridad Sebastián, M. coordinador. *La sociedad de la información: política, tecnología e industria de los contenidos*. Madrid: Ramón Areces: Universidad Carlos III, 59-68.

IBM.²³ No obstante, con el tiempo sólo lograron mantenerse en el mercado los más fuertes, aquellos que consiguieron integrar en los diseños grandes niveles de seguridad, potencialidad, capacidad de almacenamiento y comunicación.

El desarrollo de “estas tecnologías representaron un fuerte impacto no únicamente en los medios de comunicación tradicionales, sino que se extendieron prácticamente a todos los campos de la actividad humana”;²⁴ profesores, investigadores, empresarios, administradores, entre otros,²⁵ ven en la Red un medio sencillo, versátil, ubicuo, económico e interactivo para difundir y recibir información. Con la aparición y progreso de Internet se abre paso a una nueva época denominada por los sociólogos como “era de la información”.²⁶ Este fenómeno trajo como consecuencia una alteración en todos los aspectos de la vida humana; en este ambiente la información y el conocimiento se han convertido en productos básicos para el crecimiento económico de algunos países. Además ya se incorporaron y son reconocidos como el principal sector productivo en el desarrollo y crecimiento económico a nivel mundial.

El nacimiento de la Red, como le llama Cebrian,²⁷ y el desarrollo dentro de la misma de un ambiente de multi-medios como el WWW, dio paso a una nueva cultura²⁸ denominada cibercultura, y definida como un proceso que nunca termina y se mantiene en constante cambio y desarrollo, producto de la estructura y la dinámica con que se mueven y actualizan las páginas web.

23 C. Vizcaíno-Sahagún, 1991. *Redes, integración corporativa*. Pc/Tips (June), 26-41.

24 Academia Mexicana de Ciencias, 1999. *México frente a la era de la información*. Salvador Malo Álvarez y Mauricio Fortes Besprovani. – México: Academia Mexicana de Ciencias. 54 p.

25 J.T. Nogales-Flores, *Op.Cit.*

26 M. Caridad y Méndez, E, 1999. Políticas de información existentes en la sociedad informal. En Caridad Sebastián, M. coordinador. *La sociedad de la información: política, tecnología e industria de los contenidos*. Madrid: Ramón Areces: Universidad Carlos III, 3-35.

27 J. Cebrian, 2000. *La red*. 3ª ed. Barcelona, España: Cayfosa-Quebecor. Punto de lectura. 282 p.

28 P. Levy, 2000. Cyberculture. Disponible en:
<http://www.mcxapc.org/lectures/18-11.htm>. (June, 2000).

El proceso de evolución que ha de seguir Internet es indefinido; sin embargo, es posible visualizar una tendencia de cada vez mayor expansión y extensión, y su desarrollo futuro está orientado hacia la integración de una nueva Internet que ya se dio a conocer como Internet2, creada principalmente en el ámbito académico y de investigación, iniciativa en la que también están presentes gobiernos y empresas.

Internet2 surge durante la administración del Presidente Bill Clinton en los Estados Unidos con el movimiento denominado Iniciativa para un Internet de Nueva Generación (*Next Generation Internet Initiative*), que busca incrementar la capacidad en la conectividad entre universidades y centros de investigación. En 1996 se asocian 34 de las principales instituciones de educación superior en Estados Unidos para formar la Corporación Universitaria para el Desarrollo y Avance de Internet2.

Con esta nueva red se pretende “facilitar y coordinar el desarrollo, difusión, operación y la transferencia de tecnología de aplicaciones basada en la Red y servicios de red avanzados para promover el liderazgo de Estados Unidos en investigación y enseñanza superior, y para acelerar la disponibilidad de nuevos servicios y aplicaciones en Internet”.²⁹

En México, un poco más de la mitad de los usuarios de Internet están conectados a través de instituciones académicas y de investigación como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), y el Instituto Politécnico Nacional (IPN). En tanto que otra parte se integra por medio de empresas privadas como: Teléfonos de México (Telmex), Prodigy, y Avantel. Con el fin de atender los requerimientos para integrarse a Internet2, instituciones académicas y de investigación se preparan mediante el desarrollo de redes internas mejor equipadas e integradas con conexiones vía fibra óptica y que desarrollan aplicaciones con tecnologías avanzadas.

29 J.T. Nogales-Flores. *Op.Cit.*

Con la idea de buscar opciones de “conectividad de mayor capacidad y menor costo entre las instituciones de investigación y educación superior del país y con las universidades y centros del exterior, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) junto con las instituciones de educación superior líderes a nivel nacional, decidieron integrar en México una red universitaria de gran capacidad bajo la tecnología Internet2.”³⁰ En abril de 1999 se creó una asociación civil de instituciones académicas llamada Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI) misma que atiende el manejo a nivel nacional de Internet2.

De momento, CUDI mantiene activos a 53 miembros clasificados en las siguientes cuatro categorías: 1) 18 asociados académicos, representados principalmente por universidades mexicanas responsables de cubrir los gastos financieros que implica la operación de la Red y forman parte del Consejo Directivo; 2) siete asociados institucionales, no académicas y que hacen las principales aportaciones económicas para la administración y operación de la Red; 3) 26 afiliados académicos que buscan únicamente la conexión a la Red; y 4) dos afiliados institucionales que se integran al proyecto mediante aportaciones financieras menores. La responsabilidad principal en la administración y adecuado funcionamiento de la Red queda a cargo de las Asociaciones, quienes deben optimizar y controlar adecuadamente los recursos a fin de mantener el servicio entre los socios. A partir de la incorporación de 18 centros públicos de investigación de CONACyT, la asociación cuenta en el presente con 71 miembros activos.

Actualmente el desarrollo de Internet2 en México es una realidad y para respaldar la conectividad se cuenta con los siguientes soportes: 1) dos redes desarrolladas y financiadas por Telmex y Avantel, mismas que cubren la conectividad a lo largo y ancho del país; 2) un Backbone de enlace a 150 Mb/s de 800 Km.; 3) una red exclusiva para aplicaciones de educación e investigación. Estos desarrollos y equipos son los

30 Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet, 2002. Internet2 en México: una infraestructura de banda ancha al servicio de la investigación y la educación superior. México: CUDI. Disponible en: <http://www.cudi.edu.mx> (October, 2002).

que de momento permiten que se ejecuten algunas aplicaciones, entre las que tienen mayor avance y alcance las relacionadas con educación a distancia, bibliotecas digitales, telemedicina, astronomía, ciencias de la tierra, laboratorios y cómputo compartido. El ejemplo más claro de estos progresos los presenta la UNAM a través de instituciones como la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA), El Instituto de Astronomía, FES Cuautitlán y el Instituto de Ciencias Nucleares. Este último establece contacto directo con el CERN en Suiza para apoyar los proyectos de investigación en el área de partículas y de iones pesados. De igual manera ofrece beneficios en el estudio de nuevas galaxias a partir de la colisión de agujeros negros, para esto se requiere la visualización distribuida de datos en tiempo real.

Hiper-Documento

Entre 1985 y 1988, con esfuerzos propios, científicos del CERN lograron arribar a una convergencia en el desarrollo y uso del protocolo TCP/IP; a principios de los años 90, con el fin de facilitar el trabajo de colaboración entre científicos del área de física de altas energías, se llevaron a cabo las primeras pruebas usando Internet como un medio para distribuir información a través del mismo.³¹ Este paso dio origen al nacimiento del documento electrónico como parte de la hiperdocumentación, que consiste en el diseño de un sistema de hipermedios que funciona en base al uso de servicios de sistemas distribuidos y soportados únicamente por plataformas como Internet.

El concepto de hipertexto es relativamente antiguo, se dio a conocer por primera vez en los años 50 por Vannevar Bush y la expresión fue acuñada por Nelson³² en los años 60, refiriéndose a un tipo de texto electrónico, una tecnología informática radicalmente nueva y al mismo tiempo un nuevo modo de edición. Como el mismo autor lo explica, la funcionalidad básica es la de establecer vínculos entre textos electrónicos. Por esta razón, el Hyper Text Transport Protocol

31 T. Berners-Lee, 1990. World-Wide Web: Proposal for a HyperText project. Disponible en: <http://www.w3.org>. (September, 2002).

32 T. H. Nelson, 1988. Managing immense storage. *Bite* (January), 225-238.

(HTTP) se diseñó como un lenguaje de composición y desintegración de páginas web que incluye amplias posibilidades y atributos de texto y gráficos para ser compartidos.

Un hiper-documento se precisa como escritura no secuencial a un texto que bifurca, que permite que el lector lo seleccione y que se pueda leer en una pantalla interactiva. Nogales-Flores³³ define al hipertexto como “texto diseñado para una lectura no-lineal y que es por tanto multidimensional”. Sin embargo, de acuerdo con la noción popular, “se trata de una serie de bloques de texto conectados entre sí por nexos, formando diferentes itinerarios para el usuario”.³⁴

Antes de que el mundo Web viera la luz se consideraba que el gran volumen de información que se estaba produciendo en el ámbito internacional representaba uno de los principales obstáculos para el usuario. Sin embargo, los orígenes en el diseño y construcción del Web se dieron en función de las necesidades del usuario final, y se dirigió en un principio específicamente a la diseminación de publicaciones científicas y escolares, además de facilitar la comunicación científica entre físicos del área de altas energías; ésta es la razón por la que se concibe en el seno de uno de los laboratorios experimentales más grandes que hay en el mundo dedicado a la aceleración, colisión y detección de partículas elementales. Este tipo de desarrollos impulsó, de manera impresionante, no sólo el crecimiento de Internet sino también abrió brecha para el desarrollo de distintos estándares en la aplicación de lenguajes de programación diseñados específicamente para la presentación de documentos en el Web como el propio HTTP, designado como el principal lenguaje de documento, que ligado al Lenguaje de Marcado de Hipertexto, Hyper Text Markup Language (HTML), es reconocido como el procesador de textos original del WWW.³⁵ El HTML es un lenguaje orientado a definir la estructura y semántica del documento mediante la aplicación de

33 J. T. Nogales-Flores, *Op.Cit.*

34 T. H. Nelson, *Op.Cit.*

35 R. Lafuente-López, R, 1999. *Biblioteca digital y orden documental*. México: UNAM. CUIB, 100 p. Serie Monografías; 27.

marcas o etiquetas HTML, definiendo la estructura del documento a partir de encabezados, párrafos, texto, imágenes, entre otros.³⁶

La presentación de información en el Web se instrumentó exigiendo el soporte de formas más especializadas, requiriendo mayor especificación en la representación de la misma, como es el caso de fórmulas físicas, químicas y matemáticas, y provocando el desarrollo de nuevos programas como el *Standard Generalized Markup Language* (SGML),³⁷ del que se desprende el *Extensible Markup Language* (XML), desarrollado exclusivamente para resolver los problemas de caracteres específicos. Actualmente, es uno de los principales lenguajes de programación diseñados para la representación de documentos en Internet.

Con las mejoras en la computación, con la exploración de redes de banda ancha para la transferencia de datos, con las grandes capacidades y bajos costos para el almacenamiento de información, y con los desafíos en el intercambio internacional de literatura científica³⁸ y muy probablemente otros adelantos relacionados con la robótica, satélites, así como los progresos en las telecomunicaciones vía fibra óptica e inalámbrica, la variedad de lenguajes de marcado que existen y el desarrollo de formatos del documento portátil como el PDF han provocado la integración de un grupo de especialistas para trabajar en torno al desarrollo de un protocolo y estandarización de meta-datos para el intercambio de información. En este grupo, conocido como *Open Archives Initiative* (OAI), están presentes los principales líderes de la distribución electrónica de documentos,³⁹ representantes de sociedades científicas como la American Physical Society y exponentes de instituciones educativas y centros experimentales como

36 T McKinley, 1997. Traslade sus documentos del papel a Web: cómo acceder instantáneamente a la información. México: Prentice Hispanoamericana, 308 p.

37 R.W. Gilmour, 2001. XML applications in the science. *Science and Technology Libraries*. 19(2), 75-88.

38 National Academy Press, 1997. Trends and issues in information technology. In *Bits of Power: issues in global access to scientific data*, 30 p.

39 J.P. Schmit, 2001. Workshop on the open archives initiative (OAI) and peer review journals in Europe: a report. Disponible en: <http://library.cern.ch/HEPLW/4/report>, (June, 2002).

los Alamos (e-print) y Stanford University, que participan y contemplan la idea de desarrollar un protocolo único para la presentación de información vía la Red. El trabajo es conducido por expertos en la materia, entre otros dirigentes del World Wide Web Consortium (W3C), Dublín Core y German Certification Metadata Effort.

En forma independiente, investigadores de distintas áreas también llevan a cabo reuniones y mesas de trabajo donde se abordan aspectos que tienen que ver con el intercambio de datos científicos, así como el adelanto de las tecnologías y los impactos tan profundos que éstas tienen en el intercambio de resultados de investigación, de información y de registros bibliográficos, y las barreras que aún se perciben para lograr un acceso global a la información científica; el propósito es que puedan participar científicos de todo el mundo, incluyendo los pertenecientes a países que mantienen una economía en progreso y que en última instancia pueden ser los más beneficiados con la distribución electrónica de información.

La UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU), en su conferencia de expertos realizada en febrero de 1996, hacen referencia a los problemas y oportunidades a los que están dando lugar el desarrollo tecnológico de la información electrónica; y proponen una serie de recomendaciones: entre otras, la formulación y adaptación de un código de ética y conducta, que guíe a los investigadores y comunidades científicas en la publicación electrónica, tales como, la aplicación estricta del *peer review*, la integridad y autenticación del material documental y las citas en formato electrónico. Este último es necesario para mantener repositorios de información confiables y dignos de ser consultados, y evitar en lo posible el caos, sobre todo a los organismos responsables de evaluar la actividad científica, los cuales ven cada vez más amplia la variedad de formatos de los documentos a evaluar.

Cambios en la comunicación científica

Desde hace 50 años “el desarrollo continuo de la ciencia y la tecnología ha provocado un insólito y extraordinario aumento de las capacidades requeridas para procesar, almacenar y transmitir información en formato electrónico.”⁴⁰ Sin embargo, es a partir de la década de los años 70, con el arribo de nuevas y distintas tecnologías de comunicación e información, que el sistema tradicional de comunicación científica entró en un proceso de evolución; aunque todavía no está definida su suerte en el futuro, todo parece indicar que el principal canal de comunicación para la ciencia será el www, que ya se ha apropiado del mundo de la publicación científica y, a pasos agigantados, se ha convertido en algo totalmente normal para la mayoría de los editores.⁴¹ A la vez ha originado modificaciones en los distintos procesos de la comunicación científica, sobre todo en lo referente a las formas de publicación, distribución y validación de la actividad científica.

La Red es el desarrollo más importante en lo que se refiere a comunicación, convirtiéndose en uno de los medios más dinámicos para la actividad científica, particularmente por las bondades que ofrece para la distribución de información, prácticamente *del autor al consumidor*.⁴² En tanto que el desarrollo de software, asociado con la iniciativa de archivos abiertos, está cambiando las formas tradicionales de publicación. Por lo anterior, se prevé que “la primera década del siglo XXI será testigo de la demanda e incremento en la utilización de grandes almacenes de archivos e-print”,⁴³ principalmente

40 E. M. Méndez-Rodríguez, 1999. Globalización de la información. En Caridad Sebastián, M. coordinador. *La sociedad de la información: política, tecnología e industria de los contenidos*. Madrid: Ramón Areces: Universidad Carlos III, 110-125.

41 P. Wouters, 2002. Debate in Science Channel. Disponible en: <http://www.imim.es/quark/num14/04016.htm>. (May, 2002)

42 L. Kanellopoulos and Steele, C, 2001. Eprint repositories: the future of scholarly communication. Disponible en: <http://www.vala.org.au/vala2002/2002pdf/14KanSte.pdf>. (May, 2001).

43 P. Ginsparg, 2000. Creating a global knowledge network. In *Freedom of Information Conference. The impact of open access on biomedical research*. (6-7 July: New York of Academy Medicine). Disponible en: <http://arxiv.org/blurb/pgolunesco.html>. (May, 2002).

para conservar información tanto individual como institucional y permitirá recuperar la misma a través de distintos índices de búsqueda, en particular temas y autores.

Por su parte, los editores de revistas científicas continuarán amoldándose a los cambios tecnológicos y a los rumbos que marcan los grupos de investigación que mayor participación tienen en el desarrollo y uso de tecnologías. En particular, deberán llevar a cabo, en lo posible, la publicación en ambos formatos: impreso y electrónico, sin perder de vista la validación del documento científico y la publicación final del mismo, a fin de evitar violentar los derechos de propiedad intelectual por el uso de documentos en texto completo a través de servidores en línea y caer en lo que algunos autores llaman plagiarismo.⁴⁴

De acuerdo con Hurd,⁴⁵ distintos grupos de investigadores, particularmente sociólogos, historiadores, bibliotecarios y científicos de la información, se han interesado en el estudio de la comunicación científica; en particular,⁴⁶ han abordado el tema desde diferentes perspectivas, algunos tomando en cuenta los procesos que implica la comunicación científica en el aspecto tradicional, otros a partir del uso de las tecnologías de información, considerando elementos como la PC, las redes de comunicación y el e-mail, y finalmente analizando los efectos que produce el intercambio de información entre miembros de los colegios invisibles. Cada uno de estos estudios conduce a resultados que giran en torno a los cambios que ha estado sufriendo el proceso de la comunicación científica. Visionarios como Bush y Rider, Licklider y Lancaster, desde distintas épocas, ya advertían nuevos escenarios para la información científica.⁴⁷ A principios de los años 90,

⁴⁴ L. Kanellopoulos & Steele, C. *Op. Cit.*

⁴⁵ J.M. Hurd, 2000. The Transformation of scientific communication: A model for 2020. *Journal of the American Society for Information Science*. 51(14), 1279-1283.

⁴⁶ - W.D. Garvey & Griffith, BC. *Op.Cit.*
- Price, D. *Op.Cit*

⁴⁷ F. Rider, 1994. The scholar and the future of the research library: New York: Hadham Press. 236 p. Licklider, JCR, 1965. Libraries of the Future. Cambridge, Mass.: MIT Press, 219 p. Lancaster, FW, 1978. Toward Paperless Information Systems. New York: Academic Press, 179.

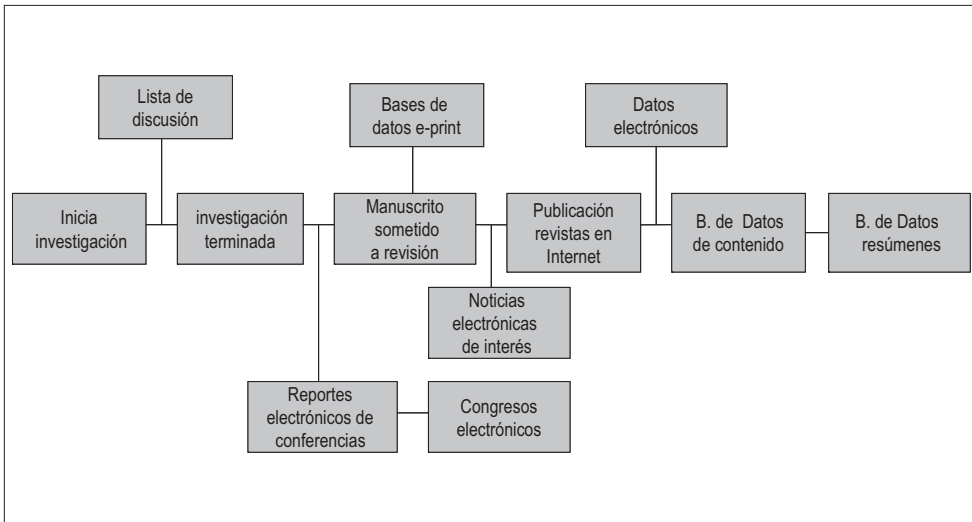


Figura 1-2.
Modelo actualizado de Garvey / Griffith (Hurd, JM, 1996)⁴⁸

estudiosos, como Lynch,⁴⁹ ya analizaban la comunicación científica ligada al uso de las tecnologías, y distinguían aspectos como modernización y transformación en la comunicación de la ciencia. Con el arribo de las disciplinas Big Science y el desarrollo de distintas tecnologías de la información, las predicciones de estos estudiosos tomaron efecto. Los cambios ocurridos en la estructura tradicional de los sistemas de comunicación científica son notables, y que son mostrados por Hurd⁵⁰ a partir de la presentación de cuatro modelos de comunicación científica: Modelo actualizado de Garvey/Griffith, Modelo sin-revistas, Modelo sin-revisión y Modelo de laboratorio.

48 J.M. Hurd, *Op.Cit.*

49 C. Lynch, 1993. The transformation of scholarly communication and the role of the library in the age of networked communication. *Serials Librarian*, 23 (3), 5-20.

50 J.M. Hurd, 1996. Models of science communications systems. In: SY Crawford, JM Hurd, and C.Weller, editors. *From print to electronic: the transformation of scientific communication*. New Jersey: American Society for Information Science: Information today, 9-35. Hurd.

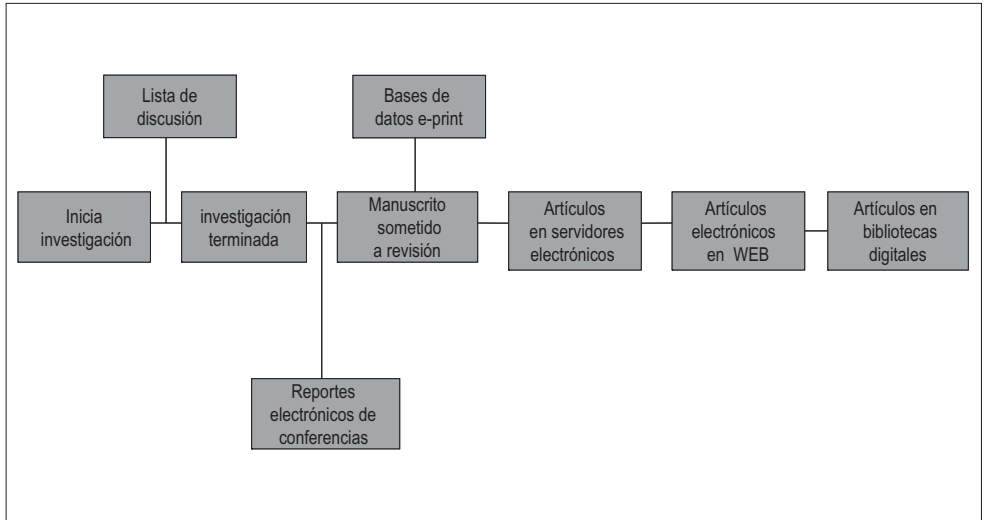


Figura 1-3.
Modelo sin-revistas (Hurd, JM, 1996).⁵¹

En la *figura 1-2* se presenta un ejemplo del *Modelo actualizado de Garvey/Griffith*, el cual muestra cualidades idénticas al modelo tradicional, con la diferencia de que integra la combinación del documento impreso y el uso de los medios electrónicos. Es decir, surgen nuevos elementos: listas de discusión, correo electrónico, bases de datos de contenido de los trabajos científicos, resúmenes y pre-prints, así como la publicación final del documento a través de revistas en Internet que provocan a su vez la formación de colegios invisibles basados en medios electrónicos. Por lo tanto se aprecia una transformación en los medios utilizados pero sin cambios en la estructura básica del modelo de comunicación tradicional.

El *Modelo sin-revistas* representado por la *figura 1-3*, constituye una evidencia de que el sistema de comunicación científica formal atraviesa por momentos de adaptación o evolución. Dicho modelo no utiliza a la revista científica como unidad básica para el intercambio

⁵¹ J. M. Hurd, *Ibid.*

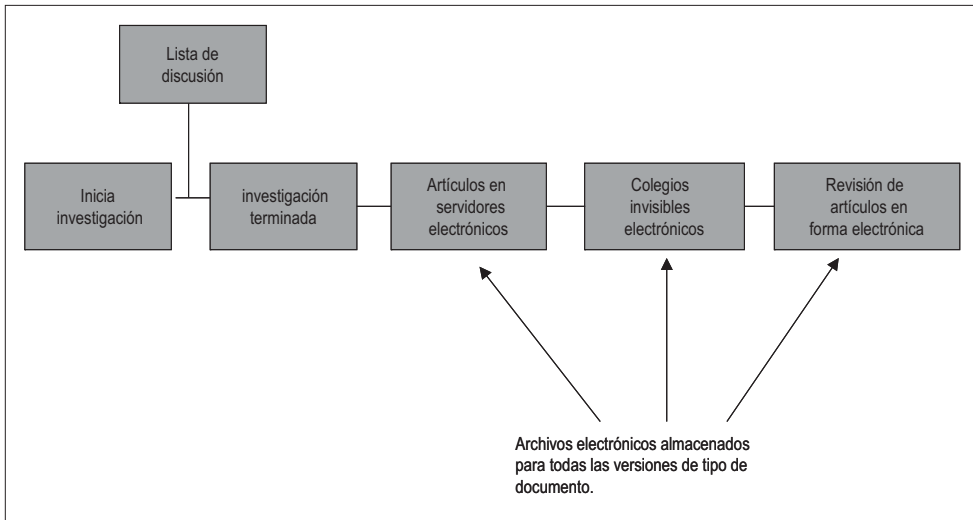


Figura 1-4.
Modelo sin-revisión (Hurd, JM, 1996).⁵²

y difusión de resultados de investigación: se apoya en los medios digitales y electrónicos como servidores de bases de datos y artículos electrónicos accesibles a través del web. Sin embargo, conserva la etapa de revisión por parte de los pares, que en este caso es un requisito para que el e-print se convierta en un artículo científico electrónico validado, y disponible a través de los sitios web, sobre todo de los editores de revistas.

El *Modelo sin-revisión*, al que hace referencia la *figura 1-4*, es otro ejemplo que muestra cómo el uso de los medios electrónicos está modificando la comunicación en la ciencia. Este modelo se caracteriza por pasar de alto la revisión por parte de los pares como proceso formal previo a la publicación del documento, y está soportado en la Red para aprovechar al máximo la publicación de trabajos producto de la participación de un número mayor de instituciones con infraestructuras y recursos de información incorporados a la propia red en

52 J. M. Hurd, *Ibid.*

formato electrónico. En este esquema la validación del conocimiento científico corre a cargo de la propia comunidad científica, convirtiéndose en jueces principales.

Rol del e-print en el área de la física

La necesidad de información en áreas de investigación como la física es primordial particularmente por la rapidez con que envejece la información generada en esta disciplina. En áreas específicas, como la física de altas energías, hay demandas y prioridades; una de ellas es el intercambio oportuno y permanente de información entre la misma comunidad. Estas necesidades convirtieron a los físicos en pioneros en el uso del preprint electrónico, mediante el cual dieron origen a la vía más temprana de informar sobre los hallazgos de la investigación.⁵³ A su vez el e-print dio origen a un sistema de comunicación científica basado en el uso de información meramente informal, tal como lo muestra el *Modelo de laboratorio (figura 1-5)*, nombre que deriva de la unión de dos términos *colaboración* y *laboratorio*, haciendo referencia a la red de intercambio que generan las disciplinas *Big Science* caracterizadas por compartir datos, resultados, computadoras, laboratorios, instrumentos e información documental en forma electrónica, esta última a través del uso de preprints electrónicos (e-print).

El preprint es un medio de comunicación que hasta el momento no tiene una definición normalizada, lo que trae como consecuencia la existencia de diferentes formas para describirlo. Youngen lo precisa como “el manuscrito que está previsto para ser publicado, pero que ha empezado a circular entre los pares”.⁵⁴ El preprint es un tipo

53 C. Brown, 2002. The Evolution of preprints in the scholarly communication of physicists and astronomers. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 52(3):187-200.

54 G.K. Youngen, 2002. Citation patterns to electronic preprints in the astronomy and astrophysics literature. Disponible en: <http://www.stsci.edu/stsci/meetings/lisa3/youngeng.html>. (August, 2002).

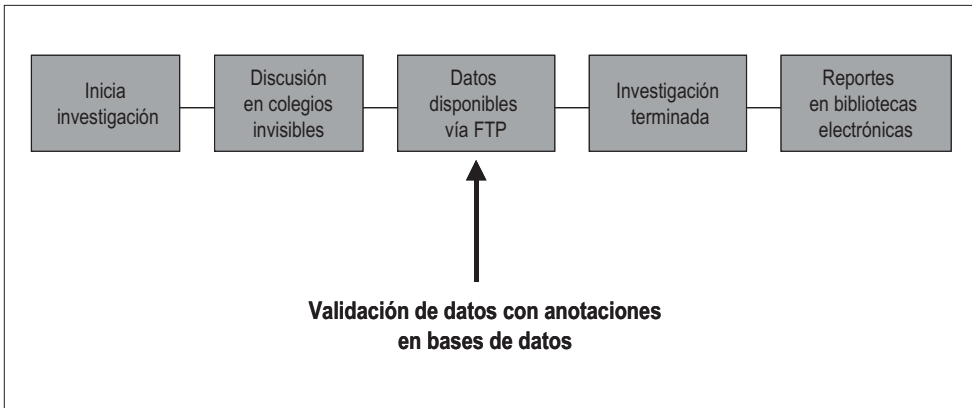


Figura 1-5.
Modelo de laboratorio (Hurd, JM, 1996).⁵⁵

de documento que ha existido desde hace muchos años, con mayor exclusividad entre disciplinas como la física, la astronomía y la química, sobre todo, porque son áreas de investigación cuya información pierde vigencia con mayor rapidez. Por este motivo, estos científicos se han visto obligados a generar formas de acceso a recientes resultados de investigación, y esa forma ha sido a través del uso del preprint. En un principio mediante el documento impreso, más reciente por medio de las tecnologías de información. Actualmente el uso del preprint es utilizado por distintas disciplinas científicas, además de las física, astronomía y química, se han incorporado las matemáticas y las ingenierías, entre otras. De manera casi inexistente también se utiliza en las ciencias sociales, con excepción del área de economía, que ha encontrado ventajas en los preprints electrónicos, y por tanto ha intentado en varias ocasiones integrar sitios para su distribución. Uno de los primeros y más importantes se dio en 1993 a través del proyecto Bob Parks, de la Washington University en San Luis, Missouri, que apoyó la creación del *Economics Working Papers Archive* (EcoWPA). A pesar de no obtener el éxito esperado, continuaron

55 J.M. Hurd, *Op.Cit*

otros intentos hasta que se arribó al desarrollo de la *Research Papers in Economics* (RePEc) cuyo propósito es facilitar al público en general la información producida en el área de la economía.⁵⁶

Con la apertura de Internet, investigadores y académicos se vieron obligados a reorganizar buena parte de sus funciones soportándolas en torno a las tecnologías de la información a fin de facilitar el intercambio de resultados de investigación a través de un tipo de documento que evita problemas legales como el derecho de autor. Lo anterior dio a la pre-publicación un papel protagónico en los nuevos modelos de comunicación científica, a la vez que es uno de los documentos que más se benefició con el advenimiento de Internet a partir de la distribución electrónica de los mismos. En este nuevo ambiente electrónico, los preprints son llamados e-prints y juegan un papel central por la rapidez con que se distribuyen, la cobertura tan amplia que manejan y los bajos costos que implica su publicación.⁵⁷

De alguna manera se puede decir que resurgió el uso de los preprints como una forma de intercambiar información entre científicos sobre todo en áreas específicas como la física, astronomía y astrofísica,⁵⁸ donde se han vuelto indispensables como herramienta primaria para la difusión de información en el área. A la fecha han crecido tanto los archivos e-prints que actualmente son considerados como el mejor vehículo para la diseminación de resultados de investigación⁵⁹ y cada vez son más utilizados por distintos grupos de científicos, particularmente los dedicados a las áreas duras, aunque también las sociales empiezan a encontrar atractiva la forma de publicar y diseminar información por esta vía.

56 J. M. Barrueco and Krichel, T, 2000. Prepublicaciones: distribución centralizada vs. Descentralizada. Disponible en:

<http://www.uv.es/~barrueco/ddt.pdf> (June, 2002).

57 K. Manuel, 2001. The place of e-prints in the publication patterns of physical scientists. *Science & Technology Libraries*. 20(1), 59-85.

58 G.K. Youngen, *Op.Cit.*

59 Ramalho-Correia, AM and Castro-Net, M, 2002. The role of eprint archive in the access to, and dissemination of, scientific grey literature: LIZA-a case study by the National Library of Portugal. *Journal of Information Science* 28(3), 231-241.

Estudios, como el de Ramalho-Correa y Castro-Net y Youngen,⁶⁰ demuestran que los preprints electrónicos se han posicionado en ciertas disciplinas científicas como una herramienta de vital importancia para la diseminación primaria de resultados de investigación. Por ejemplo, los servidores electrónicos de preprints son a menudo, para los físicos y astrónomos, los sitios donde encuentran información actualizada sobre nuevos descubrimientos científicos. El mayor beneficio que se ha logrado con el uso del preprint electrónico ha sido el libre acceso a la información, sin restricciones de ningún tipo y el libre intercambio de información en el ámbito nacional e internacional.

Origen de los servidores e-print

Generalmente los preprints han jugado un rol muy importante entre los físicos, prueba de ello son los esfuerzos que bibliotecas especializadas y comunidades científicas han hecho para desarrollar colecciones y catálogos impresos de preprints. En 1962, el SLAC se convirtió en una de las primeras bibliotecas que trabajó en la recopilación, organización y presentación de preprints en el área de altas energías. En el mismo año, el Deutsches Elektronen Synchrotron (DESY) en Hamburgo, Alemania, también empezó a crear listas sobre la literatura científica publicada y no publicada en altas energías. Para 1967, aprovechando el desarrollo tecnológico que hasta ese momento se había generado, la Universidad de Stanford inició la construcción de una base de datos bibliográfica que integraría los preprints producidos por físicos de partículas y campos. Tanto SLAC como DESY, además de otras bibliotecas especializadas en el área de la física, trabajaron juntas para dar lugar a una base de datos documental que apoyaría a la comunidad científica en el área. De esta manera, en 1968 se dio origen al sistema bibliográfico Stanford Public Information REtrieval System-High Energy Physics (SPIRES-HEP), una de las bases de datos bibliográficos

60 Youngen, GK. *Ibid.*

más grandes en el área de la física de altas energías, conformada con documentos no publicados y previos a la publicación.⁶¹

Un paso definitivo se dio en 1991 cuando Paul Ginsparg, físico del Laboratorio Nacional de los Alamos (Alamos National Laboratory) diseñó un sistema servidor de preprints⁶² conocido como *eprint-archives*, dando lugar a lo que actualmente se conoce como la base de la comunicación científica informal. Estos servidores tienen poco más de una década publicando y disseminando preprints electrónicos entre las grandes colaboraciones internacionales producto de una disciplina de tipo *Big Science*, como la física de altas energías. El objetivo inicial de este servidor de archivos e-print fue proporcionar funcionalidad en el acceso a la información, así como mantener actualizado un campo de la investigación que integra a distintos investigadores de diferentes niveles económicos y regiones geográficas, además de la reducción de costos en la disseminación de información.⁶³

Actualmente la cobertura temática de los archivos e-print de los Alamos se extiende no sólo a la física, sino también a otras disciplinas científicas como las matemáticas y la biología. Este servidor organiza los documentos en aproximadamente 38 áreas temáticas, cada una asociada a un moderador encargado de examinar los documentos remitidos por los autores para determinar si se adecuan al tema en cuestión. Estos especialistas no cuestionan el contenido, resultados y redacción del documento, únicamente atienden el tipo de trabajo que se integrará al servidor de acuerdo a un área temática. La actualización de información en los servidores se lleva a cabo de manera natural a través de la participación del grupo de científicos del área, quienes envían periódicamente nuevos resultados de investigación vía web, ftp, y e-mail. Los documentos integrados al servidor e-print son considerados trabajos en progreso, por tanto sostienen actualizaciones con el transcurso del tiempo y el autor puede solicitar la

61 H. B. O'Connell, 2002. Physicists thriving with paperless publishing. *ArXiv: physics/0007040*. 2(August), 1-17.

62 J. M. Barrueco & Krichel, T. *Ibid.*

63 P. Ginsparg, 1994. First steps toward electronic research communication. *Computation in Physics*. 8, 390-396.

baja o el reemplazo de los mismos una vez que el trabajo ha sido aceptado para la publicación en la revista científica.

La función básica del servidor e-print es mantener informados, y en tiempo real, a los distintos grupos de investigación en física, a la vez que existe el compromiso de actualizar los servidores con el envío oportuno de resultados de investigación producto de los grupos participantes. Tradicionalmente los físicos son los más activos en la producción y distribución de preprints,⁶⁴ mismos que suelen ser puestos para su consulta antes de ser enviados a publicación, cuando están en proceso de revisión y sin tener la certeza de que van a ser publicados. De cualquier manera, estos detalles no son relevantes para los físicos como tampoco lo es la revisión por parte de los pares;⁶⁵ en realidad, lo que importa es contar con un adecuado sistema de comunicación que satisfaga las necesidades del grupo y donde el trabajo es juzgado por la propia comunidad de usuarios.

Todo esto consta que Ginsparg dio origen a un sistema de comunicación científica dinámico, barato y democrático, que provocó una reevaluación completa de las publicaciones científicas. Ante este panorama propone un nuevo modelo de comunicación entre científicos representado por la *figura 1-6*, en la que muestra un sistema de comunicación estructurado en forma jerárquica, que a la vez representa una nueva arquitectura electrónica.

Este modelo presenta tres niveles de servicios electrónicos mostradas en la parte izquierda de la figura y a la derecha de la misma el globo ocular del lector quien tiene la posibilidad de elegir entre un mayor número de formas de acceso para navegar en la literatura electrónica. Cada uno de los niveles representan los datos, la información y las redes de conocimiento. Al nivel de datos la figura sugiere un número pequeño de proveedores de información, entre ellos el servidor de archivos e-print, un sistema bibliotecario universitario como California Digital Library (CDL) y el Centre National de Recherche Scientifique (CNRS), ambos proyectos de bibliotecas digitalizadas.

64 W. D. Garvey & Griffith, BC. *Op. Cit.*

65 J. Langer, 1996. Physics in the new era of electronic publishing. *Physics Today on line*. Disponible en: <http://www.aip.org/pt/vol-53/iss-8/p35.html> (May, 1996).

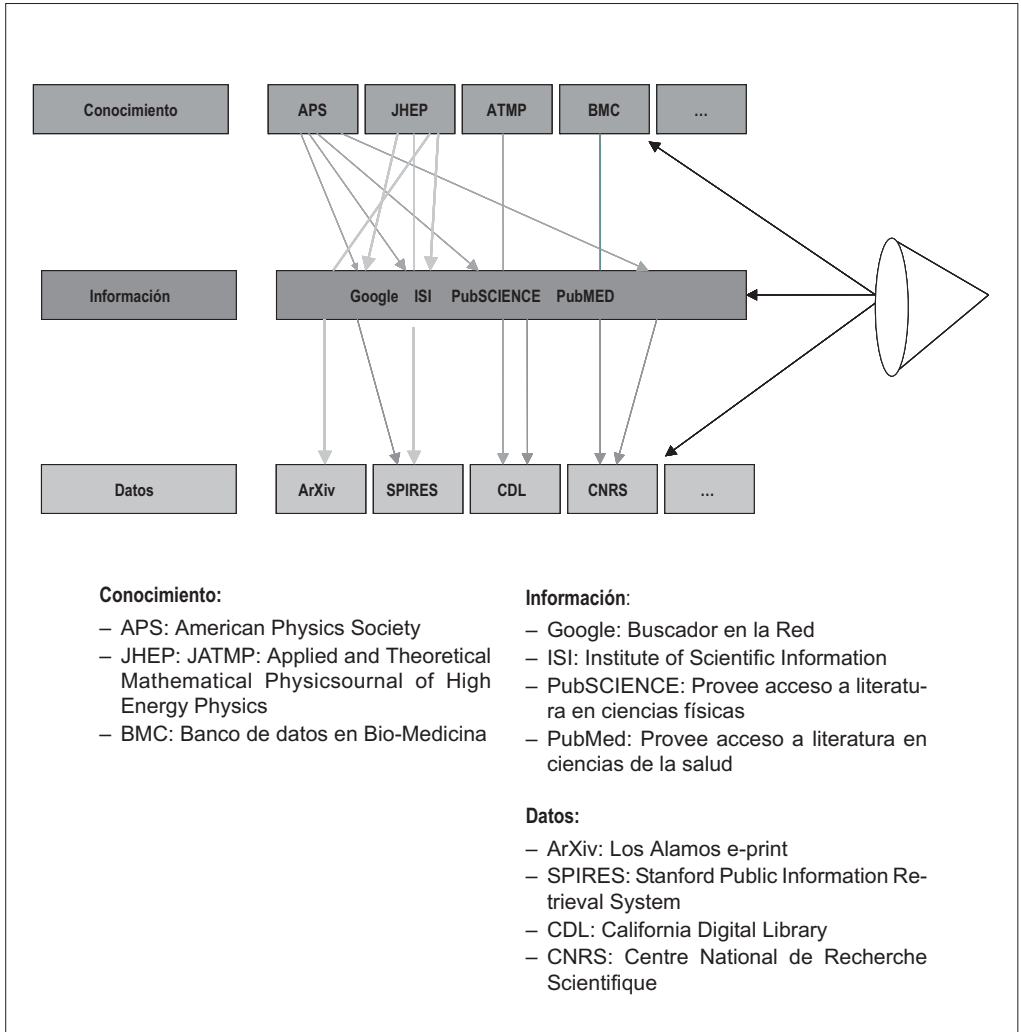


Figura 1-6.
Modelo de comunicación científica: un punto de vista a futuro (Ginsparg, P, 2000).⁶⁶

66 P. Ginsparg, *Op.Cit*

Por otro lado, el nivel de información está representado por un motor de búsqueda público como Google, un controlador genérico comercial que puede ser el *Institute of Scientific Information (ISI)*, además de recursos gubernamentales estadounidenses como *PubScience y PubMedCentral (PMC)* que reúne un conjunto de servicios públicos y comerciales; en el área de la biomedicina. Esta red incluye entre otros servicios los del *GenBank*. Finalmente, la figura muestra la capa del conocimiento que integra un pequeño grupo de editores en el área de la física, así como bancos de datos como *BioMedCentral (BMC)* dedicados a las disciplinas biomédicas y *Applied and Theoretical Mathematical Physics (ATMP)*. La relación entre capas genera un número mayor de posibles accesos a la información pues cada una de las flechas muestra las posibles combinaciones y disgregaciones que pueden ocurrir al cruzarse los distintos niveles que muestra la figura. Por último, las flechas negras indican las distintas posibilidades que tiene el lector para llegar a la información.

Como parte del intercambio de información que mantienen los físicos, se han generado otras bases de datos en texto completo. Este es el caso del sistema de información desarrollado por Stanford Linear Accelerator Centre (SLAC) con el nombre de Stanford Public Information Retrieval System (SPIRES), más conocido como SPIRES-HEP por su especialización en información relativa al área de física de altas energías, en inglés *High Energy Physics (HEP)*, manteniéndose actualizada con el ingreso de nuevos resultados de investigación, a la vez que es un medio para la recuperación de información especializada en el área.

De acuerdo con Kreitz & Barnett,⁶⁷ los estudiantes e investigadores relacionados con el estudio y experimentación en física de partículas elementales consultan las bases de datos SPIRES-HEP, particularmente por los beneficios que ofrece al convertirse en parte del sistema de colaboración internacional entre físicos de altas energías, representando el trabajo conjunto de colaboración entre el Stanford Linear Accelerator Center (SLAC), el German Deutsches Elektronen Synchrotron

67 P. Kreitz; Barnett, M, 1997. Databases and international collaboration. *Beam Line*. 27(4), 53-54.

(DESY) y el European Organization for Nuclear Research (CERN),⁶⁸ además de la asistencia significativa y la participación de distintas bibliotecas, entre otras el Japanese High Energy Accelerator Research Organization (KEK) y el Japanese Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University, quienes han desarrollado bases de datos para proveer accesos a la literatura en física de altas energías, entre ellas conferencias, artículos y experimentos en el área.

SPIRES-HEP mantiene aproximadamente 150 ligas de relación a través del WWW generadas a partir de una cooperación establecida con diferentes laboratorios, universidades, institutos privados, editores de revistas, departamentos de física, grupos de experimentación y servidores de archivos electrónicos como: Alamos Electronic Preprint (e-print) en Palo Alto, California, El CERN en Suiza, FERMILAB en Illinois y DESY en Alemania. Cabe destacar que una de las principales funciones que ofrece el sistema SPIRES-HEP es la integración de un índice de citas sobre los trabajos publicados en cualquiera de las bibliotecas que reúne. Por los indicadores científicos que presenta es considerado por los físicos como una de las principales herramientas de apoyo, particularmente por las facilidades que ofrece con respecto a la recuperación y presentación de citas durante los periodos de evaluación académica.

Los cambios en los sistemas tradicionales de la comunicación científica, originados y efectuados en gran medida por las necesidades particulares de los campos integrados al grupo de disciplinas llamado "Big Science", obligaron a las comunidades en estas áreas a entrar en una nueva dinámica de acceso y publicación de la información especializada, lo cual está teniendo eco en otras ciencias. Por lo tanto, los futuros desarrollos que definirán el rumbo que tome la comunicación científica dependerán en gran parte de la evolución de las formas de intercambio de información y datos que sostienen comunidades pioneras como es la de la física de altas energías.

68 H. B.O'Connell, 2002. Physicists thriving with paperless publishing. *ArXiv: physics/0007040*. 2(August), 1-17.

2
Disciplinas
Big Science

Introducción

Las disciplinas *Big Science*, también definidas como áreas de investigación completas, forman parte del desarrollo de la ciencia moderna; los orígenes y cambios en la naturaleza de esta investigación científica tienen mucho que ver con el rápido progreso de las tecnologías aplicadas a los aceleradores de partículas.¹ Este suceso ocurre por primera vez, y en pequeña escala, durante la década de los años 30 en el área de la física de partículas elementales, forzando el proceso de “transición de la pequeña a la gran ciencia-con-ingenierías”.² El concepto *Big Science*, acuñado por Weinberg y Price,³ hace referencia a la ciencia asociada a los laboratorios a gran escala y de fuertes gastos de inversión en recursos económicos, dando origen a una moderna infraestructura científica, que poco después integraría la participación y colaboración directa de distintos organizadores provenientes principalmente de sectores como la industria, instancias gubernamentales, privadas e instituciones educativas y académicas.⁴

Durante el siglo XX y con mayor precisión el periodo que corresponde a la Segunda Guerra Mundial son elementos clave para el desarrollo de la ciencia, al definir en muchos aspectos los rumbos que tomaría la investigación para distintas disciplinas científicas, sobre todo las ciencias físicas, en particular la orientada al campo de altas energías que hizo relevantes y directas contribuciones en el auge armamentista de los países líderes. Después de la Primera Guerra Mundial políticos y gobiernos se dieron cuenta de lo importante que era

1 M. J. Moravcsik, MJ. *Op.Cit.*

2 J. L. Heilbron and Kevles, DJ, 1986. Finding a policy for mapping and sequencing the Human Genome: *Lesson from the history of Particle Physics*. 299-314.

3 A.M. Weinberg, 1961. Impact of large-scale science on the United States. *Science*, 134(July) 164-168. Price, D. *Op.Cit.*

4 S.Y. Crawford, 1996. Scientific communication and the growth of big science. In: S.Y. Crawford, J.M. Hurd, and C. Weller, editors. *From print to electronic: the transformation of scientific communication*. Medford, N.J.: American Society for Information Science: Information Today. 1-8.

cubrir los gastos de investigación que tenían que ver con el avance tecnológico militar, y lo importante que resultaba la construcción de grandes centros experimentales de partículas atómicas, como el Laboratorio Nacional de los Álamos, en California. Estos tenían como principal objetivo desarrollar el proyecto *Manhattan* cuya misión consistía en la fabricación de la bomba atómica, y el desarrollo armamentista nuclear; este proceso culmina parcialmente con la puesta a prueba de la bomba atómica en 1945.⁵ Estas acciones dieron muestra de que la física nuclear había alcanzado logros impresionantes, al igual que la ciencia de los materiales, las ingenierías y la química, que a su vez dieron lugar a nuevas subdisciplinas científicas en virtud de que se requerían análisis más específicos. Los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, conocido como posguerra, representaron momentos muy importantes para el desarrollo científico, no sólo por el progreso que ésta tuvo a causa de la lucha por el poder económico, político y militar entre Rusia y Estados Unidos quienes no se limitaron en su afán por generar mayor poder. Esto los condujo a crear verdaderos complejos militares industriales, y enormes y muy caros centros de experimentación. Por otro lado, este periodo es muy importante en especial por el reforzamiento que adquiere la profesionalización de la ciencia, que se aceleró a finales del siglo XX en un escenario internacional y provocó el surgimiento de nuevas instituciones, especialidades y especialistas: las “sub-disciplinas científicas generaron verdaderas redes institucionales, produciendo nuevas revistas”,⁶ grupos de investigación y grandes colaboraciones; el número de investigadores creció enormemente y propició la competencia por los recursos económicos, el reconocimiento y la supervivencia en el medio. El solo hecho de que miles de científicos lograran la trans-fronterización entre países, sobre todo de Alemania y Estados

5 P. Lewis, 2003. Big Science. Disponible en: <http://www.horuspublications>. (January, 2003).

6 J. J. Salomon, 2001. Modern science and technology. Disponible en: <http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/uu09ue/uu09ue07.html> p. 1-8 (June, 2002).

Unidos, ilustra la forma en que se globalizó la ciencia, aun antes de que el concepto de globalización se pusiera de moda.

Por otro lado, las experiencias y consecuencias que dejan la Segunda Guerra Mundial para algunos países generan un esfuerzo de grandes magnitudes que consiste, básicamente, en levantar y estabilizar las condiciones económicas, sobre todo de los más afectados. De esta manera, mientras la mayoría de los países está en proceso de reconstrucción por los daños que ocasionó la guerra, otros se dedicaron a fortalecerse, en particular en aspectos donde pudieron mantener el poder y el dominio sobre los demás, respaldados en el desarrollo militar, económico y político, lo que trae como consecuencia el surgimiento de un nuevo fenómeno conocido como “Guerra fría” o posguerra.⁷ Este suceso se identifica en los años inmediatos a la Segunda Guerra Mundial y está definido como la lucha por el poder entre Estados Unidos y la Unión Soviética, a través del desarrollo y crecimiento de la industria militar (especialmente las de tipo biológico, de sustancias radiactivas y de reacciones nucleares), la seguridad nacional y sobre todo la conquista del espacio. Este tipo de investigación se volvió fundamental para los países involucrados, que rápidamente vieron el poder político, militar, económico e industrial ligado al desarrollo de la investigación científica y el avance tecnológico. Esto explica la participación directa de los gobiernos, de la industria privada y de las universidades, en la organización, en el soporte de los proyectos y en la construcción de los primeros laboratorios nacionales de investigación,⁸ destinando grandes cantidades de recursos económicos para su desarrollo, en particular los dedicados a las áreas de la física.

El lanzamiento y puesta en órbita en 1958 del primer satélite en el espacio por parte de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) causó una verdadera sorpresa para el gobierno de los Estados Unidos, que rápidamente contestó a la competencia con el desarrollo

7 A.M. Weinberg, *Op.Cit.*

8 W.K.H. Panofsky, 1999. Physics and government: physicists advice to the US government, and the government's support of physics research, have seen many changes in this century most dramatically after World War II. *Physics Today*, (March): 35-40.

e implementación de políticas públicas y científicas, en favor de agresivos programas de exploración del espacio. Como parte de la política de la administración de los Estados Unidos, fue la creación de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), que tuvo como “primera tarea el desarrollo de un programa de exploración espacial humano. Desde entonces, la NASA ha continuado dirigiendo las iniciativas de exploraciones espaciales de los Estados Unidos.”⁹ Por lo anterior, se deduce que la década de los años 50 representa para las ciencias uno de los periodos más importantes, por el apoyo económico que recibe del gobierno y grupos interesados en el desarrollo científico y tecnológico. Esta época también marca los orígenes del florecimiento de algunas áreas de la investigación, entre otras la física de partículas elementales, la astronomía y la biología molecular, sobre todo, porque son las que mayores aportaciones ofrecían en función de la importancia que merecen para el desarrollo armamentista y la exploración del espacio.

El panorama anterior trajo entre otras consecuencias un extraordinario crecimiento de las ciencias y el incremento en el tamaño de la producción científica que se reflejó en el número cada vez mayor de documentos científicos y en el surgimiento de nuevos títulos de revistas especializadas. Este efecto –que es explicado por Price¹⁰ como el crecimiento exponencial de la literatura científica– y las transformaciones en la estructura de la ciencia produjeron cambios en la forma de llevar a cabo la actividad científica, rebasando la forma tradicional de investigación conocida como *Little Science*, modalidad ésta con la que muchos científicos disfrutaron sus primeros pasos en la investigación a partir del acondicionamiento de laboratorios científicos según las inquietudes de los mismos, en donde predominó el estilo casero, de sótano o del ático, y en donde la investigación académica dio sus primeros y grandes pasos. A partir de la década de los años 30 arriban las disciplinas *Big Science*, como producto de distintos intereses, fenó-

9 R.D. Launius, 2002. Sputnik and the origins of the space age. Available from: <http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/sputnik/sputorig.html> (May, 2002). 1-6.

10 D. Price, *Op. Cit.*

meno que es explicado como un cambio transitorio en la naturaleza de la ciencia.¹¹

Características de las *Big Science*

El surgimiento de las grandes ciencias generó nuevos mecanismos y modalidades de colaboración entre grupos de investigación, y de cómo compartir los laboratorios, los instrumentos, los resultados de investigación, así como tecnologías y el acceso a la información a través de archivos abiertos,¹² que dan prioridad a los recursos y herramientas de resultados libres, para eliminar las barreras geográficas y acortar las distancias entre científicos. Estas son particularidades que definen a las disciplinas *Big Science*. Sin embargo, las principales características radican en aspectos como los siguientes:

- ❖ Es investigación muy costosa (inversiones cuantificadas en cientos y miles de millones de dólares).
- ❖ Usualmente requiere de grandes y bien equipadas instalaciones de experimentación (industrialización tecnológica).
- ❖ La investigación toma largos periodos en completarse (no se lleva menos de 10 años en obtener los primeros resultados).
- ❖ Integra grandes grupos en colaboración.
- ❖ Comparte los datos y resultados de la investigación.¹³

La constitución de estos elementos son los que realmente identifican a las grandes ciencias, reconocidas por que exteriorizan los desarrollos más espectaculares, a partir de grandes inversiones económicas requeridas para el desarrollo tecnológico de aceleradores, detectores, telescopios y herramientas de laboratorio; y por la integración de un número cada vez mayor de científicos que se asocian

11 D. Price, *Ibid.*

12 P. Glasner, 1996. From community to collaboratory? The Human Genome Mapping project and the changing culture of science. *Science and Public Policy*. 23(2) 109-116.

13 – M.J. Moravcsik, *Op.Cit.*
– J.M.Hurd, *Op.Cit.*

en grupos del orden de 50 a 1500 científicos, especialmente los incorporados al desarrollo y preparación de experimentos globales de investigación llevados a cabo en colisionadores como el Large Electron-Positron Collider (LEP) que opera dentro del CERN.¹⁴ Esto último es lo que caracteriza a las *Bigger Science*, un nuevo concepto que hace referencia a las investigaciones científicas más grandes en la historia de ciencia.

El crecimiento en el número de participantes que colabora en una investigación tiene que ver con el tamaño y tiempo estimado para el desarrollo y culminación del proyecto, incluyendo la publicación de resultados. De acuerdo con Pickering & Trower,¹⁵ en los años 60 un experimento podía ser montado y analizados sus resultados en un periodo de meses. En la actualidad, para desarrollar un proyecto *Big Science* o *Bigger Science*, que implica la construcción de un acelerador típico, generalmente requiere de las siguientes etapas: se toma de tres a cinco años diseñar el acelerador y su respectivo detector, de cinco a diez años para construirse y ponerse en operación, finalmente la toma de datos y el análisis de resultados está calculado entre dos y cuatro años. Hay proyectos de colaboración que se programan para tener una duración de hasta veinte años. En cualquier caso, se requieren expertos en computadoras, ingenieros, técnicos y físicos de diferentes países e instituciones.

En el caso particular de la física, la colaboración internacional es un tema que ha estado presente en los debates públicos sobre grandes ciencias, mismos que concluyen que este tipo de colaboración es parte esencial del área de la física de partículas elementales, fundamentando y valorando la colaboración internacional de la siguiente manera:

- ❖ En el área de la física de altas energías, los resultados son universales y no son propiedad de ningún país e institución en particular.

¹⁴ J.M. Hurd, *Op.Cit.*

¹⁵ A. R.Pickering, and Trower, EP, 1985. Sociological problems of high-energy physics. *Nature*, 318(21): 243-245.

- ❖ Entre físicos de altas energías, la colaboración internacional es una responsabilidad compartida.
- ❖ La colaboración internacional entre físicos del área mejora el entendimiento entre las naciones y los grupos étnicos del mundo a partir de la creación de foros internacionales que permiten dar a conocer problemáticas en el área.¹⁶
- ❖ La colaboración internacional entre físicos del área debe dar lugar a la generación de tesis de grado (maestría y doctorado).
- ❖ Es fundamental para las colaboraciones internacionales la participación en congresos y conferencias, para dar a conocer los adelantos de la investigación, así como publicar a través de artículos científicos y memorias de congresos los resultados y avances en la investigación.

Las disciplinas *Big Science*, como se ha mencionando, representan novedosas formas de hacer ciencia, involucrando a cientos de científicos a fin de poner en marcha y alcanzar resultados en un proyecto de investigación. Quienes no están familiarizados con los aspectos que deben atender las grandes ciencias, desconocen que el planteamiento de un proyecto a gran escala lleva consigo la integración y convivencia de distintos procesos, entre otros el científico-tecnológico, el sociológico, el administrativo y el político, aspectos que exigen verdadera constitución y compenetración de los participantes. Entre físicos estos procesos se distribuyen equitativamente, y las actividades se atienden en grupo con el apoyo de los distintos colaboradores. Esto quiere decir que los científicos no sólo deben preocuparse por el experimento a desarrollar, sino que primero deben asegurar los recursos económicos que apoyen la investigación, el diseño, el desarrollo y la actualización tecnológica de los materiales y herramientas a utilizar. Estas funciones involucran al científico en un proceso sociológico de organización, integración y administración que tiene que ver tanto con el personal integrado al proyecto de investigación, como también, con las actividades que a cada grupo o persona le corresponde desarrollar, con la solicitud de recursos económicos, con la administración del proyecto en sí, y de los distin-

16 W.K.H. Panofsky, *Op.Cit.*

tos recursos disponibles en las instalaciones como es el caso de las herramientas y maquinaria.¹⁷

En términos generales, una gran colaboración de este tipo se organiza seccionando a los participantes en varios grupos, y cada uno asume una responsabilidad particular asociada con el proyecto: diseño y construcción de la maquinaria, desarrollo de hardware y software, equipo de laboratorio, y toma y análisis de datos; algunas de estas funciones son desarrolladas por los investigadores jóvenes, en tanto que los experimentados se dedican a la coordinación del proyecto y del grupo de trabajo, entre las que están incluidas las responsabilidades administrativas, así como asegurar los recursos necesarios para el éxito de la investigación. De acuerdo con Pickering & Trower,¹⁸ estos aspectos son parte importante del ambiente que generan las *Big Science*. Sin embargo, si el propio grupo no las entiende puede llegar a producir frustración con respecto a la creatividad e iniciativa de los participantes y generar entre las mismas situaciones de inconformidad, conduciendo al grupo a situaciones sociales desagradables. Esta situación por lo general se produce entre físicos jóvenes, estudiantes e investigadores posdoctorales, a quienes se les asigna al principio el control del desarrollo de hardware y software como una forma de integrarlos de manera más amplia a los procesos que implica el proyecto de investigación, y poco a poco conducirlos a tareas de mayor especialización requeridas por el proyecto.

Aceleradores y detectores de partículas

Las disciplinas *Big Science* hacen sus primeras contribuciones a la ciencia contemporánea a partir de los años 30 y corresponde a los físicos dicho mérito, particularmente porque es el periodo en que hay un esfuerzo por construir la maquinaria con la que lograrían llevar a

17 H. Rechenberg, 1989. The early S-matrix theory and its propagation (1942-1952). In: L.M. Brown, M. Dresden and L. Hoddeson, editors. *Pions to quarks: particle physics in the 1950s*: Bades a Fermilab Symposium. New York: Cambridge University Press. 551-599.

18 A. R. Pickering & Trower, EP. *Op.Cit.*

cabo la aceleración de las partículas atómicas. Esta nueva actividad en la investigación marca el momento en que los aceleradores entran en un proceso de construcción, evolución y actualización que a la fecha sigue activo, aun cuando sus diseños son prácticamente los mismos en las distintas épocas, cambiando únicamente en la forma (circular o lineal), tamaño, uso, funcionamiento y el incremento de energía para dar mayor movimiento a la partícula. El estudio y comportamiento de las partículas elementales ha sido posible a través del uso de los aceleradores de alta energía, definiendo el *Electro-voltio* (eV), *Mega-electro-voltio* (MeV), *Giga-electro-voltio* (GeV) y *Tera-electro-voltio* (TeV) como unidades básicas para medir la energía de las partículas.¹⁹

Durante la década de los años 30, Ernest Lawrence en la Universidad de Berkeley, California, desarrolló el primer ciclotrón, construido con vidrio y con únicamente 11 centímetros de diámetro. Esta revolucionaria herramienta se convirtió en poco tiempo en la preferida porque aceleraba la partícula a 80 mil electronvolts. El mismo Lawrence mejoró su innovación en 1939, a través de la cual alcanzó los 19 megaelectronvolts, con un ciclotrón que tenía 1.5 metros de diámetro. Sin embargo, se fijaron nuevas metas e iniciaron la construcción de un ciclotrón de 100 millones de *electro-voltios*. Lo anterior, acercó por primera vez, a cientos de físicos e ingenieros para trabajar en la construcción del acelerador más potente de la época, a la vez que se vieron obligados a reunir más de un millón de dólares, costo que ameritaba el desarrollo de dicho acelerador; por primera ocasión también reunió los fondos económicos de distintas universidades, principalmente de Estados Unidos, dedicadas a la investigación incluyendo la National Academy of Sciences y la Rockefeller Foundation.²⁰

Con el transcurso de los años se fueron generando nuevos laboratorios, sobre todo en Estados Unidos, algunos como parte de los proyectos que se tenían orientados al desarrollo armamentista y de

19 G. Herrera-Corral, 1993. Física experimental de altas energías. *Avance y Perspectiva*. 12(marzo-abril) 81-86.

20 J.L.Heilbron & Kevles, DJ. *Op.Cit.*

seguridad nacional, que de alguna manera formaban parte de la lucha por el poder en el ámbito mundial. Otros, en cambio, son producto de la competencia que se generó entre grupos de investigación que pretenden estudiar la naturaleza, composición y estructura del átomo. De esta manera, en 1946 nacen nuevos centros de experimentación como el *Brookhaven National Laboratory* (BNL) muy cerca de Nueva York, y los laboratorios de radiación de Berkeley establecidos por la Atomic Energy Commission. El progreso y evolución de los aceleradores no se detuvo, y a mediados del siglo XX, como ejemplo de colaboración internacional, las ciudades europeas se integraron a la investigación en partículas y campos, firmando un convenio de cooperación para construir uno de los centros de experimentación más grandes e importantes a nivel mundial, el *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire* (CERN), y que actualmente lleva el nombre de *Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire*, o *European Organisation for Nuclear Research*, establecido en la frontera entre Francia y Suiza al norte de Ginebra.²¹ Actualmente el CERN es de los centros de experimentación más dinámicos y reconocidos, particularmente a partir del desarrollo del *Large Hadron Collider* (LHC) que alcanzará colisiones de 30 GeV usando técnicas convencionales de almacenaje en el anillo, y su colisionador de positrones y electrones (LEP) es de aproximadamente 17 millas en circunferencia. Este centro mantiene vivos distintos proyectos de investigación relacionados con el descubrimiento del *top quark* y el descubrimiento del *bosón de Higgs*, e integra las colaboraciones más grandes no sólo a nivel internacional, sino también en el ámbito regional, supranacional e interregional.

Entre las décadas de los años 40 y 60 se intensificó la actividad por el desarrollo e integración de centros de experimentación en partículas y campos. En 1964 Alemania también se incorpora a través del *Deutsches Elektronen Synchrotron* (DESY) que empieza operando a

21 G. Herrera-Corral, 1994. Física experimental de altas energías: presentación. Un nuevo campo de investigación se abre a los físicos mexicanos –la física experimental de altas energías– a través de colaboraciones internacionales en los grandes laboratorios de partículas como Fermilab, el CERN y el SSC. *Avance y perspectiva*. 12(marzo-abril):81-85.

6 GeV.²² De igual manera, Estados Unidos reafirma su interés en la investigación atómica con la construcción entre los años 50 y 60 del *Fermi National Accelerator Laboratory* (FERMILAB), que cuenta con un potente acelerador de partículas llamado Tevatron; está situado en las cercanías de Chicago, EUA, y es capaz de acelerar protones y anti-protones a energías de un millón de millones de electro-voltios (1 TeV). Se complementa con la instalación de dos enormes detectores CDF y D0 que tienen como principal proyecto de investigación el estudio de la partícula top quark en su segunda fase; por otra parte, el *Stanford Linear Accelerator Centre* (SLAC), así como el *Stanford Linear Collider* (SLC), considerado como uno de los más poderosos por las ventajas y mejoras que ofrece, inició su construcción en 1983 y se terminó en 1987, es de forma lineal y puede producir 50 GeV de electrones y positrones. Estos avances son muy importantes en el avance de la investigación de la partícula Z0.²³

Como parte de la familia SLAC se está gestando un nuevo proyecto que pretende diseñar y construir el colisionador que llevará por nombre *Internacional Linear Collider* (ILC), en el que se concentra el esfuerzo de físicos de distintos países que ya colaboran para producir un colisionador lineal, que logre colisionar electrones y positrones a una velocidad de 0.5 TeV, es decir 0.5 millones de eV, aunque en realidad incrementará la velocidad de colisión a 1.5 TeV. Este proyecto dará a los físicos la oportunidad de explorar regímenes de la energía más allá del alcance de los aceleradores actuales. El proyecto aún está en proceso pero se tiene planeado darlo a conocer en el 2012, aunque podría ser en el 2010. Es por ello que todavía no se sabe dónde quedará ubicada la máquina, pero es un hecho que este proyecto saldrá adelante como una colaboración internacional, donde participarán aproximadamente 2000 personas de más de 300 universidades y laboratorios de diferentes países, con el fin de desarrollar el primer acelerador de partículas de segunda-generación.

22 95 S.P. Rosen, 1997. International cooperation: the sine Qua non for the future of high energy physics. *Beam Line*, (winter): 4-11.

23 L.M. Brown; Dresden, M and Hoddeson, L, 1989. *Pions to quarks: particle physics in the 1950s*. New York: Cambridge University Press. 3-39.

La aportación de las disciplinas *Big Science* a la ciencia contemporánea es particularmente sobresaliente sobre todo por la contribución que logra a través de la inserción de nuevos roles en el quehacer científico y que tienen que ver directamente con factores como colaboración entre grupos, a fin de compartir no sólo laboratorios sino también gastos de inversión relacionados con la actualización de la tecnología requerida, los instrumentos de trabajo, los recursos documentales y los resultados de la investigación.

En resumen, las grandes ciencias produjeron y están produciendo cambios considerados de gran escala o de grandes magnitudes, con la contribución directa de distintos colaboradores a nivel gubernamental, académico e industrial. En el presente, la participación e integración de países, instituciones e investigadores en proyectos de investigación tipo *Big Science* es cada vez más amplia y repercute directamente en el desarrollo y puesta en marcha de programas de formación e investigación en el área de partículas elementales, incluyendo a los países en vías de desarrollo que también están interesados en contribuir al descubrimiento de las partículas elementales. Lo anterior explica el crecimiento en el tamaño de las colaboraciones internacionales.

Colaboratorios y redes de colaboración científica

La colaboración científica es un elemento inherente a la ciencia; generalmente se cree que el trabajo en colaboración depende de la proximidad física de los grupos de investigación; es decir, que la ubicación geográfica determina la integración de los grupos intelectuales.²⁴ De acuerdo con distintos autores, el concepto *colaboración* es un término que no implica mayor problema para definirlo; Katz y Martin²⁵ lo describen como el trabajo común entre individuos para llevar a cabo objetivos comunes, y la *colaboración científica* como el trabajo conjunto realizado entre investigadores para desarrollar al-

24 – T.A. Finholt, 2002. Collaboratories. *Annual Review of Information Science and Technology* / Blaise Cronin editor. 36:73-107.

– Kreitz, P & Barnett, M. *Op.Cit.*

25 J.S.Katz and Martin, BR, 1997. What is research collaboration? *Research Policy*, 26: 1-18.

cances que den lugar a nuevos conocimientos científicos. Sin embargo, actualmente la colaboración científica va más allá de las fronteras geográficas y de la proximidad entre investigadores; hoy se toman en cuenta otros aspectos tales como los instrumentos para la investigación, laboratorios, recursos económicos y documentales.

Hace cuatro décadas, Price²⁶ determinó el número de autores que participaban en las publicaciones científicas y observó una tendencia en el crecimiento de la colaboración científica. Estudios más recientes demuestran que a partir de 1997 la colaboración en la ciencia, particularmente la conocida como *Big Science* y más recientemente *Bigger-Science*, se ha convertido para algunas disciplinas en parte importante del progreso futuro de la investigación al resolver problemas globales. El ejemplo más claro está representado por el área de la física de altas energías donde la investigación depende básicamente de los laboratorios mundiales, de la integración de fuertes sumas de recursos económicos, de grandes grupos de científicos y recursos de información en formato electrónico.

Los sociólogos han dado a conocer este suceso bajo el nombre de “redes de colaboración científica”. Sin embargo, en el área de la física dicho fenómeno es más identificado como *clustering* porque representa la composición de grandes agrupaciones de científicos compartiendo diferentes recursos, eliminando fronteras geográficas y reduciendo las distancias. En el esquema social de colaboración que siguen los físicos, la red de colaboración provee una fuente de datos real y mundial que motiva los intereses de la investigación.²⁷

Autores como Glasner, King, Mckim, Fortuna y King, Finholt²⁸ entre otros, acuñaron el concepto colaboratorio al definirlo como un

26 D. Price, *Op.Cit.*

27 M. E. J. Newman, 2001a. Clustering and preferential attachment in growing networks. *ArXiv:cond-matter/0104209*. v1. pp. 1-13.

28 – P. Glasner, *Op.Cit.*

– R. King; Mckim, G; Fortuna, J and King, A, 2000. Scientific laboratories as socio-technical interaction networks: a theoretical approach.

Computer Supported Cooperative. (December) 1-10.

– T.A. Finholt, *Op.Cit.*

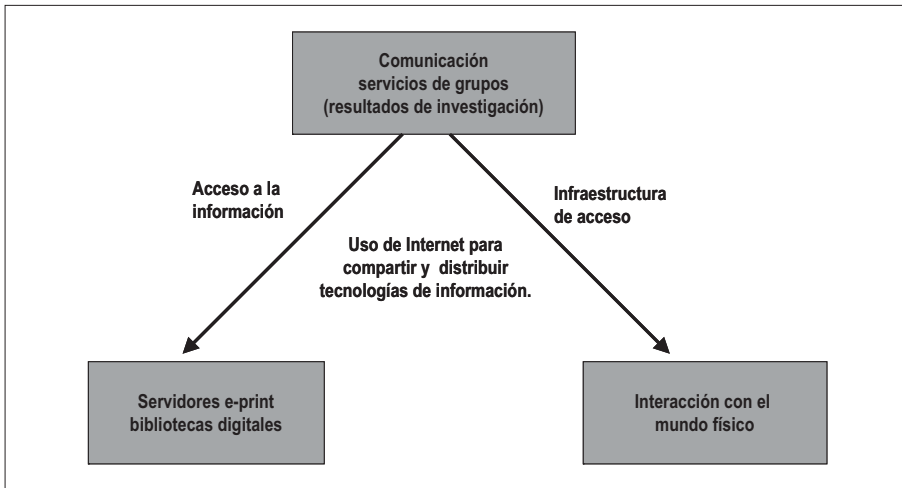


Figura 2-1.

Proceso de compartición de información a través de laboratorios (Finhold, TA, 2002)²⁹

término híbrido donde se ejerce la fusión de colaboración y laboratorio, es decir representa la combinación y operación de tecnologías computacionales, industriales y documentales a través de las redes de comunicación como Internet. Esta modalidad permite que los científicos puedan trabajar en forma conjunta aun estando en los lugares distantes uno del otro y del equipo dominante.³⁰

De acuerdo con las descripciones anteriores, es fácil determinar que entre los términos del inglés *clustering* y *collaboratory* no existe ninguna diferencia, ambos mantienen como filosofía común compartir entre grupos de investigación resultados científicos a partir de la integración de servidores de archivos *e-print*, y mantener la interacción entre los grupos de usuarios mediante el uso de la red para garantizar el acceso a las tecnologías e información tal como lo muestra la *figura 2-1*.³¹

29 T. A. Finhold, *Op. Cit.*

30 R. King; Mckim, G; Fortuna, J & King, A. *Op. Cit.*

31 M.E.J. Newman, 2001b. Scientific collaboration networks. I. Network construction and fundamental results. *Physical Review E*, 64:016131-1-016131-8.

En términos históricos, el análisis de redes sociales de colaboración científica tiene sus orígenes a mediados del siglo XX y es resultado de los estudios sobre grupos y desigualdades sociales, propagación de enfermedades y comunicación de información. Partiendo de estos aspectos en el seno de las comunidades científicas, especialmente es en la física donde se origina el nacimiento de las primeras redes sociales de colaboración científica. En tanto que Beaver señala a Derek de Solla Price, Eugene Garfield, Henry Small y Belver Griffith³², entre otros, como pioneros de los estudios relacionados con la colaboración en la investigación científica, a la vez son los primeros y principales contribuyentes de la constitución y aplicación de los primeros estudios *bibliométricos y cuantitativos*, herramientas que permiten determinar y monitorear la forma en que se extiende o amplía la estructura y dinámica de la colaboración científica.

Estudios recientes, orientados al estudio de la colaboración científica mediante el empleo de indicadores *bibliométricos*, demuestran que las redes de colaboración científica son verdaderos sistemas sociales a través de las cuales es posible medir el grado y la proximidad de coautoría que existe entre grupos de investigación, áreas y disciplinas científicas, la internacionalización y el aislamiento que existe en la investigación, o bien para determinar el intercambio de información que se produce entre científicos, comunidades, localidades, ciudades y países.³³ Ante este panorama, no se debe perder de vista que existen distintos estilos de colaboración científica, donde no hay una limitación en cuanto al tamaño que éstas pueden presentar ya que pueden estar presentes desde las más sencillas hasta las más grandes. Es decir, aquellas donde únicamente se integran dos o tres científicos, más conocida como co-autorías; en algunos casos dichas relaciones pueden crecer en el número de participantes sin rebasar los 10 colaboradores. Por otro lado, tenemos el caso extremo, las lla-

32 D. Beaver, 2001. Feature report: reflections on scientific collaboration (and its study): past, present and future. *Scientometrics*. 52(3)365-377.

33 M. T. Fernández, Gómez, I y Sebastián, J, 1998. La cooperación científica de los países de América Latina a través de indicadores bibliométricos. *Interciencia*. 23(6):328-337.

madras de laboratorio o grandes colaboraciones, donde el número de participantes puede ser variado y llegan a integrar como mínimo 50 investigadores, en tanto que el máximo ha llegado a rebasar los 1000 participantes.

El *cuadro 2-1* muestra 18 distintas razones que pueden conducir a los científicos a colaborar, y cada una de ellas se aplica de acuerdo con los intereses que cada científico, institución, dependencia y país tenga al momento de incorporarse en una colaboración científica. En algunas ocasiones se colabora para adquirir experiencia al lado de científicos titulares, aunque también puede establecerse porque se busca tener acceso a equipo y recursos de laboratorio, para atacar y resolver problemas de envergadura internacional, porque se quiere aprender nuevos métodos de investigación, o simplemente para compartir la investigación entre colegas y los gastos de financiamiento que ésta requiere para su desarrollo, sobre todo las *Big Science*, que es de las que mayor gastos aplica por la tecnología que debe producir y que es necesaria para lograr los resultados. A pesar del impacto e importancia que tienen las ciencias *Big Science*, con respecto a los proyectos de investigación y colaboración que mantienen, no se debe permitir el menosprecio del trabajo científico aislado, y menos el desarrollado por pequeños grupos, ya que las necesidades entre disciplinas científicas son distintas, y en función de esto se sigue un tipo de colaboración.³⁴

Esto quiere decir que, no todas las ciencias requieren de los estados de complejidad que merecen las grandes ciencias, y aunque la forma de abordar y arribar a resultados son diferentes, lo importante es que, en cada caso hay investigación de excelente nivel, es decir lo mismo se han otorgado premios Nóbel a científicos que trabajan en forma independiente, así como a los que trabajan en colaboraciones pequeñas y a los que participan en las superestructuras científicas y tecnológicas, que son capaces de abordar mega-proyectos como los aplicados a la exploración del espacio, la partícula atómica y el genoma humano.

³⁴ P. Gómez-Romero, 2000. ¿Se acabó la ciencia en el garaje? *El País*. 2000, Sep. 6.

Cuadro 2-1
Razones que conducen a la
colaboración científica³⁵

Razones para colaborar
Tener acceso a equipo y recursos.
Lograr el acceso a fondos económicos.
Obtener prestigio o visibilidad y mejoras profesionales.
Multiplicar el conocimiento y las técnicas de aplicación.
Lograr el progreso de manera más rápida.
Atacar problemas mayores (de importancia global).
Reforzar la productividad.
Conocer a más gente, crear redes de colaboración y colegios invisibles.
Aprender nuevas habilidades o técnicas y para incorporarse a nuevos campos de investigación.
Satisfacer curiosidad, interés intelectual.
Compartir el entusiasmo por la investigación en un área de investigación.
Encontrar fallas y reducir errores.
Mantener el enfoque de la investigación.
Reducir el aislamiento, y recargar el entusiasmo
Apoyar la educación de los estudiantes de distintos grados y campos.
Avanzar en conocimiento y aprendizajes.
Por diversión y el placer.

Lo que es un hecho innegable es que el desarrollo de la física de altas energías va de la mano con la evolución del fenómeno *Big Science*, y la aparición de las colaboraciones científicas a gran escala que rebasan fronteras geográficas, políticas y sociales, facilitando así la entrada a las comunidades globales de los científicos de todo el mundo.

35 D. Beaver, D. *Op. Cit.*

3
Física de Partículas
Elementales

Introducción

De acuerdo con Herrera-Corral,¹ el desarrollo de la física puede resumirse en tres periodos de poco más de 30 años cada uno. El primero, de 1895 a 1930, considerado el más importante en la historia de la física moderna, sobre todo por los descubrimientos que durante este tiempo se producen; el segundo abarca de 1930 a 1965 y corresponde al nacimiento de los primeros aceleradores de partículas en el mundo; el tercero se refiere a los años posteriores a 1965, lapso al que corresponde el hallazgo y confirmación de nuevas partículas en el átomo. Estos periodos de crecimiento aparentemente ocurren sin mayores alteraciones a la vista de cualquier persona, no así para los físicos que a mediados de los años 60 comprendieron que sus ideas y planteamientos en torno a que toda la materia estaba compuesta de protones, neutrones y electrones como partículas fundamentales, eran insuficientes para explicar la presencia de las nuevas partículas que se estaban descubriendo: por ejemplo, los muones y los mesones, descubiertos entre 1938 y 1950, así como el neutrino electrónico y el neutrino muónico experimentalmente identificados durante el periodo de 1949 a 1964. A partir de la aplicación de rayos cósmicos y aceleradores de partículas se reconocieron los piones, kaones, rhos y quarks. En respuesta a lo anterior, se formularon algunas presunciones que establecían que las partículas recién descubiertas estaban constituidas por estructuras internas simétricas. Tratando de explicar esta problemática, en 1964 los físicos Murray Gell-Mann y George Zweig explicaron dichas simetrías, dando lugar a una de las teorías más modernas en la historia de la física de partículas y campos; ellos propusieron que en la naturaleza existen seis tipos de quarks, a pesar de que, en el momento de formular la teoría sólo existía evidencia sobre tres de ellos: up (u),

1 G. Herrera-Corral, 1996. Cien años de descubrimientos en física de partículas elementales. *Avance y Perspectiva*. 158 (julio-agosto): 191-197.

down (d) y strange (s); que los bariones se componen de tres quarks y los mesones por un quark, y un anti-quark. Actualmente esta teoría es base fundamental en el área de la física de partículas y campos, conocida como el Modelo Estándar, del inglés *Standard Model*, que explica los fenómenos asociados al mundo de las partículas fundamentales y sus interacciones, las cuatro fuerzas que describen las interacciones observadas: la fuerza de gravedad y electromagnética, y las fuerzas débil y fuerte; las dos últimas sólo es posible experimentarlas a distancias muy pequeñas o muy altas energías.

El modelo describe con detalle que la materia está constituida por tres grandes generaciones: leptones, quarks y bosones intermedarios, así como las interacciones que se producen entre dichas familias.² Esta teoría ha crecido y ganado aceptación a partir de nuevas evidencias proporcionadas por los resultados que generan los experimentos llevados a cabo en los aceleradores y detectores de partículas. Por ejemplo, durante la década de los años 70, el proyecto en colaboración dirigido por el físico norteamericano León Lederman descubrió el quinto quark, el quark botton (b). En forma similar, el proyecto de Burt Richter, que utilizó un nuevo colisionador llamado Stanford Positron-Electron Asymmetric Rings (SPEAR), identificó la existencia de una nueva partícula a la que dio el nombre de *psi*. En forma simultánea Sam Ting que estudiaba electrones y positrones en los aceleradores de Brookhaven, descubrió una partícula que tenía características similares a la descubierta por Richter, la que recibió el nombre de *J*, finalmente la combinación de ambos descubrimientos dio lugar a una partícula que se conoce como *psi/J*; después de varios estudios, se llegó a la conclusión de que en realidad estaba formada por el cuarto quark, charm (c). Por último, en febrero de 1995 las colaboraciones *Central Detector of Fermions* (CDF) y D0 ambas desarrolladas en el Fermilab, anunciaron el hallazgo del sexto quark (t), la última y más pesada partícula elemental descubierta, hasta ahora más conocido como quark top. Con este descubrimiento finalmente se completó la tabla de partículas elementales que terminó integrada

2 M. A. Pérez-Angón, 2005. ¿Cuál es el origen de la masa? *Ciencia*, 56(1): 13-19.

por seis quarks, seis leptones y seis bosones intermedarios. Posiblemente más adelante, con las mejoras que se están realizando a los diferentes aceleradores y detectores de partículas que hay en el mundo, muchos proyectos de investigación llegarán por primera o por segunda vez a su fin, y se producirán nuevas sorpresas en el campo de la física. Lo cierto es que la investigación experimental que se lleva a cabo con estas partículas tiende generalmente a producir nuevos patrones de comportamiento de los constituyentes de la materia que sirven de base para la formulación de nuevas teorías o simplemente para confirmar las actualmente existentes. En este sentido, el trabajo de los físicos experimentales y teóricos ha embonado de manera espectacular, unos formulando teorías cada vez más complejas, y los otros experimentado a través del uso de las tecnologías más modernas que jamás se pudieran haber imaginado, e imprescindibles para su trabajo de investigación.³

Los avances y logros alcanzados por la física de partículas y elementales no son producto de la casualidad, tienen mucho que ver los fines que la propia disciplina busca para explicar la constitución de la naturaleza y del universo; es un hecho que en las últimas décadas se han aportado fundamentos teóricos cada vez más espectaculares en el campo de la física. La naturaleza y constitución del átomo generaron remotas experiencias que condujeron al desconocido mundo de los aceleradores y detectores de partículas elementales con los que se creó una débil imitación del *Big Bang* que dio origen al universo pero en pequeñas dimensiones.⁴ La exploración del núcleo atómico y el desarrollo nuclear producen cambios trascendentales durante el siglo XX, fijando con mayor fuerza el interés de los físicos por querer saber de qué está hecho el hombre y el universo que lo rodea.⁵ En este sentido, y como consecuencia de una serie de descubrimientos que se generaron en torno al descubrimiento de nuevas partículas atómicas, de la física nuclear se desprendió una nueva área de inves-

3 J. Konigsberg-Levy, 2005. Cacería de quarks. *Ciencia*, 56 (1): 20-35.

4 F. Close; M. Marter & Sutton, Ch., 1987. The particle explosion. New York: Oxford University Press, 239 p.

5 G. Herrera-Corral, *Op. Cit.*

tigación dirigida especialmente al estudio de las partículas elementales;⁶ surge la ciencia responsable de poner las bases que permitan entender las propiedades de la materia y la energía, conocida como física de partículas elementales o de partículas y campos.⁷ En la física moderna se usa el término *partícula elemental* con mucho cuidado, ya que, lo que hoy puede parecer ser lo más fundamental no lo será forzosamente mañana.

El proceso de evolución seguido por la física deja mucho que decir pero, sobre todo deja grandes beneficios a la humanidad, principalmente a partir de la generación y subdivisión de nuevas subdisciplinas científicas en el campo de la física, enfocadas a cubrir aspectos específicos de la investigación en el área. Actualmente, los más importantes sistemas internacionales de clasificación como *Journal Citation Reports (JCR)*⁸ y *Physics and Astronomy Classification Scheme (PACS)*⁹ dan muestra de la forma en que la física se ha dividido a través de diferentes áreas de investigación. De esta manera, JCR la divide en ocho categorías, mientras que PACS la esquematiza en diez (*cuadro 3-1*); además, se puede apreciar que PACS, en comparación con JCR, especifica de manera más completa las áreas de investigación de la disciplina e integra por separado categorías como *electromagnetismo, óptica y acústica; geofísica, astronomía y astrofísica*, y trata por separado *la interdisciplinariedad de la física*. En ambos esquemas se abrió por separado la categoría en Física de partículas y campos, lo que indica que es una de las áreas fuertes y con gran aportación al campo de las ciencias físicas.

6 C. Chimal, 1993. Los nuevos cazadores de partículas: entrevista con tres de los cazadores de partículas en el Fermilab: Leon Lederman, John Peoples y Roy Rubinstein. *Avance y Perspectiva*. 12 (marzo-abril):87-94.

7 F. Close; M. Marter & Sutton, Ch. *Op. Cit.*

8 Institute for Scientific Information. 2002. *Journal Citation Reports 2002: a bibliometric análisis of science journals in the ISI Database*. Philadelphia, EUA: ISI, 116 p.

9 American Physical Society. *Physical Review and Physical Review Letters Index: including reviews of modern physics and physical review special topics-accelerators and beams*. USA: The American Physical Society, iii-lxviii.

Cuadro 3-1 Ramificación de la física de acuerdo con JCR y PACS		
No.	(JCR)	(PACS)
1	Física General	Física General
2	Física Aplicada	Física de Campos y Partículas
3	Física Atómica, Molecular & Química	Física Nuclear
4	Materia Condensada	Física Atómica y Molecular
5	Física de Fluidos y Plasmas	Física de Gases y Plasmas
6	Física Matemática	Electromagnetismo, Óptica, Acústica
7	Física Nuclear	Materia Condensada, Estructura
8	Física de Partículas y Campos	Materia Condensada, Electrónica
9		Física Interdisciplinaria
10		Geofísica, Astronomía y Astrofísica

JCR - Journal Citation Reports
PACS - Physics and Astronomy Classification Scheme

Física mexicana de partículas elementales (FMPE)

El origen de la física mexicana, al igual que el de otras disciplinas científicas, aparece ligado al progreso institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por dos razones principales: 1) es de las primeras y más grandes universidades que se fundaron en el país y en América Latina; 2) desde su fundación en 1910, como Escuela Nacional de Altos Estudios, la Universidad ya tenía planes de incorporar la investigación científica a través de disciplinas como la física y las matemáticas. En este sentido, inmersos y siguiendo estos esquemas de evolución, propios del ambiente de incertidumbre y poca claridad que existía en nuestro país sobre la institucionalización de la educación y de la investigación científica, fue como se fueron generando las condiciones que dieron vida al desarrollo de la física mexicana. Sin embargo, fue hasta los años de 1930 y 1940 cuando las autoridades universitarias lograron organizar aspectos como educación e investigación científica. De esta manera, a principios de la década de 1930 ya se habían instalado en la UNAM los primeros científicos en física y matemáticas. En particular sobresale la incorporación de Manuel Sandoval Vallarta, físico mexicano que sorprendió

por sus contribuciones sobre el desarrollo de la teoría de la relatividad de Einstein, la física atómica y los fundamentos de la mecánica cuántica. Sus ideas y propuestas sentaron las bases para la formalización de la profesionalización de la disciplina científica, al crear los primeros programas de estudio. Por otro lado, sus experiencias adquiridas y el trabajo que venía desarrollando fueron determinantes para convencer a las autoridades universitarias de que se requería de un espacio físico propio para el desarrollo de la investigación científica. Como consecuencia, en 1935 se creó el Departamento de Ciencias Físico-Matemáticas; en 1938 cambió su nombre a Escuela Nacional de Ciencias Físico-Matemáticas, después se transformó en la actual Facultad de Ciencias; posteriormente surgieron los Institutos de Física y de Matemáticas.¹⁰

En 1952 se introdujo en México, específicamente en la UNAM, el primer acelerador de partículas Van de Graaff. Fue el resultado del esfuerzo y participación de un grupo de científicos e ingenieros mexicanos interesados en el estudio de la física nuclear. Su instalación requirió de un edificio propio, que tuvo prioridad dentro de las construcciones que en ese tiempo se estaban realizando en Ciudad Universitaria. De esta manera, en 1953 se dio origen al Instituto de Física de la UNAM.

La FMPE presenta un esquema de evolución muy parecido al de la física en general, ya que sus raíces también se desprenden de la UNAM. Este suceso ocurrió en la década de los años 40. Sin embargo, es a partir de 1946 cuando realmente se logró constituir la investigación en física de partículas elementales o partículas y campos. Los científicos integrados al Instituto de Física de la UNAM empezaron a manifestar interés por la investigación en esta área, sobre todo, a partir de la incorporación a la UNAM de Alfonso Mondragón (1961) y de Germinal Cocho (1963), ambos con una especialidad en física nuclear. A principios de la década de 1970 con la incorporación del CINVESTAV en este campo de la investigación científica, se integró a este primer grupo de científicos, Augusto García, Héctor Moreno y

10 A. Mondragón, 2003. Los inicios de la física de partículas y campos en el IFUNAM. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*. 17(3):147-155.

Arnulfo Zepeda. Algunos de ellos regresaban de hacer estudios en el extranjero, mientras que otros, iniciaron su entrenamiento posdoctoral fuera del país. En esa misma época se incorporó el equipo formado por iniciativa de Oñofre Rojo en el Instituto Politécnico Nacional, a través de la Escuela Superior de Físico Matemáticas (ESFM-IPN), que ya habían hecho investigación probando métodos conocidos como la aceleración de partículas cargadas a través del generador electrostático de Van de Graaf y el acelerador lineal.

En 1968, dirigidos por iniciativa de Mumtaz Zaidi proveniente de la Universidad de Cornell, Nueva York, se reactivó el Departamento de Física del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV-DF),¹¹ donde se habilitaron dos nuevas líneas de investigación: 1) física del estado sólido y 2) física de altas energías.¹² Esta última línea recibió un fuerte impulso a partir de la llamada *Escuela Avanzada de Verano*. Con el fin de impartir cursos de la especialidad se contó con la visita de investigadores de alto prestigio como Guido Altarelli, de la Universidad de Roma III, Italia, y Mirza Abdul Baqi Beg de la Universidad Rockefeller, EUA; además, Jean Pestieau, de la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica, fue invitado especialmente para formar parte del profesorado de este Departamento por un periodo de dos años. Para dar mayor formalidad a la investigación en el área, se invitó como profesores visitantes a físicos del nivel de Cesáreo Domínguez de la Universidad de Buenos Aires y Tetz Yoshimura de la Universidad de Tokio.¹³ Desafortunadamente, distintas circunstancias en particular la crisis económica generada en 1976, producen la dispersión de los primeros grupos de investigación en el país, algunos de los especialistas emigraron al extranjero y otros cambiaron o reorientaron sus líneas de investigación. Lo anterior, no frenó la formación de nuevos investigadores en el área, ya que los científicos

11 A. García-González, 1996. Aprendizaje sobre la marcha: desarrollo del Departamento de Física (1963-1996). *Avance y Perspectiva*, 15(marzo-junio): 97-104.

12 M. A. Perez-Angón, 1986. 25 años de Física en el CINVESTAV. *Avance y Perspectiva*. 15(25):13-24.

13 Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, 1971. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional: 1971-1972. México: CINVESTAV, 48-57.

que recién habían terminado su formación permanecieron asociados a los grupos de investigación de la UNAM, IPN o CINVESTAV, y de inmediato se integraron a las labores de institucionalización y profesionalización de la disciplina, dando lugar a nuevos institutos y centros de investigación, así como a nuevas generaciones de investigadores formados en instituciones mexicanas. Por su parte, algunas universidades extranjeras también contribuyeron a incrementar el número de científicos mexicanos en el área, sobre todo Oxford y Durham (Inglaterra), Princeton, Chicago, Michigan, California, Texas, Carolina del Sur, Minnesota, Rockefeller y Florida (EUA), Varsovia (Polonia), Católica de Lovaina (Bélgica), Trieste (Italia), Dortmund y Heidelberg (Alemania), Nacional de la Plata (Argentina) y Utkal de la India. De esta manera muy pronto se pudo contar con un grupo más sólido de físicos en el área de partículas elementales, no sólo a nivel institucional sino también regional y nacional.

Como grupo, los físicos de esta área han procurado promover la expansión y descentralización de la disciplina a nivel nacional, integrando nuevos grupos de investigación. De tal manera que en 1984 se amplió la especialidad hacia otras dependencias como el Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM (ICN-UNAM) y en 1986 en la Universidad de Guanajuato, a través del Instituto de Física (IF-UGto). En 1988 se fundó el grupo de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Tres años después se incorporó el Instituto de Física de la Universidad Autónoma de Puebla (IF-UAP).¹⁴ Años después se unen los científicos del Instituto Física de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Actualmente, como lo muestra el *cuadro 3-2*, se ha logrado institucionalizar la disciplina en siete estados del país a través de 12 instituciones y centros de investigación quienes mantienen activos programas de estudio de Maestría y Doctorado en física de partículas y campos, excepción de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y Zacatecas que sólo imparten el Doctorado.

14 A. Zepeda-Domínguez, 1998. La Física de partículas elementales en México. *Foros: diagnóstico de la física en México. México; Academia Mexicana de Ciencias*: Presidencia de la República; CONACYT, 118-124.

Cuadro 3-2 Instituciones mexicanas con programas de formación en física de Partículas Elementales			
No	Universidades, Institutos y Centros de Investigación	Grado que ofrecen	
		Maestría (M)	Doctorado (D)
1	Universidad de Guanajuato. Instituto de Física (UGto-IF)	M	D
2	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. Departamento de Física (CINVESTAV-DF)	M	D
3	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. Unidad Mérida (CINVESTAV-UM)	M	D
4	Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Física y Matemáticas (IPN-ESFM)	M	D
5	Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Física (UNAM-IF)	M	D
6	Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias Nucleares (UNAM-ICN)	M	D
7	Universidad Autónoma de Puebla. Instituto de Física (UAP-IF)	M	D
8	Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (UAP-FCFM)	M	D
9	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Física Matemáticas (UMSNH-IFM)	M	D
10	Universidad Autónoma San Luis Potosí. Instituto de Física (UASL-IN)	M	D
11	Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEMo)	-	D
12	Universidad Autónoma de Zacatecas	-	D

Pérez-Angón, MA y Torres-Vega, G, 1993.¹⁵

A partir de la incorporación de científicos mexicanos en proyectos de investigación de tipo experimental desarrollada directamente en aceleradores de partículas, como FERMILAB, DESY, CERN y BNL, se abrieron las posibilidades para otras entidades del país de incorporarse a la investigación y formación de nuevos perfiles en el área como es el caso de los grupos de los Estados de Morelos, San Luis Potosí, Puebla, Zacatecas, Sinaloa, Nuevo León y Yucatán.¹⁶

15 M. A. Perez-Angón & Torres-Vega, G, 1993. Situación de la física mexicana: 1988-1992. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*. (7/3): 107-117.

Incorporación de la FMPE al área experimental (Big Science)

El proyecto de incorporación de la FMPE al área experimental en altas energías se generó en el Instituto de Física de la UNAM a mediados de la década de los años 70, etapa en la que se empezó a dirigir parte de la investigación que el Instituto mencionado desarrollaba, en particular la orientada al estudio de iones pesados, hacia los grandes aceleradores, donde existían las condiciones que este tipo de investigación requería, sobre todo en centros experimentales ubicados en Estados Unidos como Oak Ridge y Berkeley. De esta manera, el IF-UNAM se fue integrando al desarrollo de nuevos procesos de investigación relacionados con el estudio de la física experimental. Se concretó aun más esta idea de integrarse a las áreas experimentales cuando a principios de los años 80 Leon Lederman, entonces director del Fermi National Laboratory (FERMILAB), visitó México y otros países latinoamericanos con la idea de promover entre las comunidades locales la investigación en física de altas energías.¹⁷ Lederman, aprovechando su estancia en nuestro país, visitó el IF-UNAM donde había un grupo de físicos integrados al área de partículas y campos, entre ellos Clicerio Avilez, Germinal Cocho, Matías Moreno, Alfonso Mondragón y Lawrence Jacobs. Clicerio Avilez, alentado por el entusiasmo que a nivel institucional existía por convertirse en físico experimental, y animado por el propio Lederman logró una estancia de investigación en la Universidad de Columbia (New York), para iniciarse en la investigación en física experimental de altas energías. De esta manera se integró al experimento EO766, mismo que compar-

16 A. Zepeda-Domínguez, 2000. The Pierre Auger Observatory. In Ayala, A.; Contreras, G. And Herrera, G. *Mexican Workshop: Particles and Fields* (7a., Mérida, Yucatán, México, 10-17 Nov. 1999), 280-283.

17 G. Herrera-Corral, 2000. Leon M. Lederman and the High Energy Physics in Mexico. In Ayala, A.; Contreras, G. And Herrera, G. *Mexican Workshop: Particles and Fields* (7a. Mérida, Yucatán, México, 10-17 Nov. 1999), 250-251.

tían en colaboración Brookhaven y FERMILAB;¹⁸ el proyecto fue liderado por el propio Clicerio Avilez y tenía como objetivo, estudiar la física de hadrones.¹⁹ Después de algunos años, con más experiencia en el área experimental, fundó el Instituto de Física en León, Guanajuato,²⁰ como dependencia de la Universidad del estado, dedicado exclusivamente al desarrollo de la física experimental en altas energías.

En forma casi paralela, el Departamento de Física del CINVESTAV, a través de los doctores Augusto García González, Miguel Angel Pérez Angón y Arnulfo Zepeda Domínguez, plantearon a Leon Lederman una propuesta en la que solicitaban apoyo económico para estudiantes de doctorado del CINVESTAV, y la formación de nuevos investigadores en física experimental en altas energías directamente en FERMILAB. Esta iniciativa fue aceptada y ha generado hasta la fecha excelentes resultados a nivel nacional, ya que actualmente se incorporan a FERMILAB estudiantes de distintas universidades y centros de investigación del país, como es el caso de las Universidades de San Luis Potosí, Puebla, Guanajuato, Michoacán, Yucatán y Distrito Federal. Debido al éxito logrado, el CINVESTAV, a través del Departamento de Física y en colaboración con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), inició un programa de formación de físicos en el área, a partir del establecimiento de convenios con los principales centros experimentales del mundo para el traslado de estudiantes a

-
- 18 J. Flores, 2000. Origin of experimental high-energy physics at UNAM. in Mexico. In Ayala, A.; Contreras, G. and Herrera, G. *Mexican Workshop: Particles and Fields* (7a., Mérida, Yucatán, México, 10-17 Nov. 1999), 252-254.
- 19 G. Herrera-Corral, G, 1993. Física experimental de altas energías: presentación. Un nuevo campo de investigación se abre a los físicos mexicanos-la física experimental de altas energías-a través de colaboraciones internacionales en los grandes laboratorios de partículas como Fermilab, el CERN y el SSC. *Avance y perspectiva*. 12(marzo-abril): 81-85.
- 20 J. Félix-Valdéz y Moreno-López, G, 2000. The University of Guanajuato Institute of Physics (IFUG). Leon Lederman, the Big Boss. In Ayala, A.; Contreras, G. and Herrera, G. *Mexican Workshop: Particles And Fields* (7a. Mérida, Yucatán, México, 10-17 Nov. 1999), 259-262.

Europa y Estados Unidos,²¹ para la formación y el desarrollo de tesis de grado de Maestría y Doctorado en centros experimentales como el CERN, DESY y FERMILAB. Actualmente la Universidad de Guanajuato, CINVESTAV, la UMSNH, la BUAP, la UASLP y la UNAM ofrecen especialización en el área experimental de partículas y campos.

Tanto el IF-UNAM como el CINVESTAV-DE, dos instituciones de tradición científica en el país, y a través de la aplicación de diferentes iniciativas, lograron llegar a fines específicos: integrar físicos mexicanos en la investigación en física experimental en altas energías. En particular el CINVESTAV ha logrado titular bajo este esquema a más de una docena de científicos jóvenes, los que actualmente están integrados en los diferentes grupos de investigación del país, y se mantienen colaborando en alguno de los proyectos *Big Science* que se están desarrollando en los grandes aceleradores y detectores de partículas.

Lo anterior demuestra el interés que la comunidad científica mexicana del área de partículas y campos ha puesto para continuar institucionalizando y profesionalizando la disciplina en distintos ámbitos: nacional, institucional y departamental.

De esta manera, desde 1992, con el ingreso de físicos mexicanos al área experimental, México está presente en distintos proyectos de colaboración institucional, asociados a distintos centros experimentales con colisionadores como: el Tevatrón en Fermilab, HERA en DESY y el Large Hadron Collider (LHC) en el CERN. Entre las colaboraciones experimentales en las que están participando: D0, ALICE, E715, E791, FOCUS, en la planeación del detector GEM dentro del proyecto de Superconducting Super Collider (SSC) que fue una de las investigaciones científicas más grandes en la historia de la humanidad donde México estuvo presente a través de CINVESTAV, la Universidad de Guanajuato y la UNAM,²² pero que a final de cuentas fue cancelada por el gobierno de los EUA. Además, debe incluirse el observatorio

21 G. Herrera-Corral, *Op. Cit.*

22 J. G. Contreras-Nuño y Magaña, L, 2000. Mexican participation in the H1 experiment, A bit of history, a bit of physics. In Ayala, A.; Contreras, G. and Herrera, G. *Mexican Workshop: Particles and Fields* (7a., Mérida, Yucatán, México, 10-17 Nov. 1999), 276-279.

Pierre-Auger que aún se encuentra en proceso de construcción y está dividido en dos regiones: la región sur ubicada en la provincia de Mendoza, Argentina, y la región norte en Colorado, EUA con un área total de 6000 Km². Este proyecto es una las colaboraciones más grandes y ambiciosos que a nivel internacional se realizan orientadas al estudio de rayos cósmicos y ultraenergéticos, participan 18 países, entre ellos México, que tiene integrados a 31 profesores y nueve estudiantes de siete diferentes instituciones del país.²³

Para reforzar el desarrollo de la investigación en el área, y para acercar a posibles candidatos a la ciencia de partículas y campos, por iniciativa de los doctores Arnulfo Zepeda Domínguez, José Luis Lucio Martínez y Matías Moreno Yntriagro se fundó la Escuela Mexicana de Partículas y Campos (EMPC) en 1984. A partir de 1988 ha sido dirigida y apoyada por la División de Partículas y Campos de la Sociedad Mexicana de Física, y ha logrado organizar e institucionalizar sus programas académicos, así como la obtención de financiamiento propio.²⁴ Cada año, a través de distintas reuniones académicas organizadas y patrocinadas principalmente por instancias como el CONACYT, el Centro Latinoamericano de Física, la UNAM, CINVESTAV, UAP y UASLP, se abre un espacio para atender el programa académico, previamente preparado por un comité organizador interno a cargo de la División de Partículas y Campos de la Sociedad Mexicana de Física (DPC-SMF). De esta manera se imparten cursos enfocados a diferentes aspectos como fenomenología, teoría de campos, entre otros. Estas reuniones son también punto de reunión de los especialistas del área, donde pueden participar y permanecer actualizados con respecto a cambios, logros y fines inmediatos por parte del grupo. Por otro lado, los físicos en partículas y campos también participan

23 U. Cotti-Gollini y Zepeda-Domínguez, A, 1998. EL proyecto Pierre Auger: astro-partículas y rayos cósmicos ultraenergéticos. *Avance y Perspectiva*. 17(mayo-junio): 131-139.

24 Sociedad Mexicana de Física. *Op. Cit.*

en los eventos que, a nivel latinoamericano, organizan las sociedades de física con la idea de compartir experiencias entre grupos especializados en las distintas áreas de la propia disciplina. Las reuniones académicas que ha generado el grupo mexicano de FPE, a través de la DPC-SMF, son: Taller Mexicano de Partículas y Campos realizado en forma bi-anual desde 1987; Reunión Anual de la DPC a partir de 1987; Simposio Latinoamericano de Física de Altas Energías evento bi-anual, celebrado a partir de 1994.

Entre otras actividades que el grupo mexicano desarrolla activamente, son los Programas de Verano de la Ciencia en Laboratorios del Extranjero. Lo anterior es parte de una iniciativa promovida por el CINVESTAV respaldada por la Sociedad Mexicana de Física (SMF), para que estudiantes mexicanos se incorporen a los programas de verano de FERMILAB, CERN y DESY. Generalmente se hace una selección entre estudiantes que cursan el último año de licenciatura, o están por iniciar la maestría. Los estudiantes seleccionados se integran en alguno de los grupos de colaboración, con la idea de que empiecen a relacionarse e involucrarse con los diferentes aspectos que tienen que ver con el trabajo de investigación que se desarrolla en estos grandes laboratorios. De esta manera se podrían interesar en seguir la investigación en física experimental en altas energías. A la fecha, los científicos mexicanos que cuentan con esta especialidad provienen de una formación directa llevada a cabo en alguno de los laboratorios, incorporándose a través de los Programas de Verano de la Ciencia en Laboratorios Extranjeros.

La División de Partículas Elementales de la SMF ha trabajado para formalizar los Programas de Verano de la Ciencia en Laboratorios Extranjeros, respaldados principalmente por el CONACYT y la Academia Mexicana de Ciencias (AMC), e instituciones mexicanas de educación superior como CINVESTAV, UNAM, UASLP, UAM-I. Que junto con estos laboratorios, encargados generalmente de cubrir los gastos de estancia de los estudiantes que participan en dichos programas, ha permitido ampliar los campos de investigación de la FMPE. Aspecto que logró concretarse gracias a la coyuntura de políticas y estrategias acertadas vinculadas con la institucionalización de la física mexicana, que ha retribuido en la consolidación de una comunidad mexicana

especialista con una importante trayectoria nacional e internacional, a pesar de estar inserta en un país con un aparato científico relativamente pequeño. Cabe mencionar en particular, acciones tomadas con respecto a la adquisición de equipo, el establecimiento de programas para la formación de recursos humanos a nivel de posgrado, la creación de agrupaciones profesionales y la organización de eventos académicos de alcance internacional, la descentralización de la investigación, entre otras, las cuales han dado entrada a la comunidad mexicana de esta especialidad a los grandes laboratorios propios de disciplinas Big Science.

4

**Patrones de uso de la información y
comunicación científica de los
físicos mexicanos del
área de partículas
elementales**

La comunidad FMPE

La comunidad científica mexicana del área de partículas elementales está constituida por un total de 84 científicos. De los cuales 20 orientan sus esfuerzos a la investigación de tipo experimental, ligados directamente a proyectos de investigación *Big Science*; los demás (64) están dedicados a cubrir investigación teórica o fenomenológica.

La FMPE es una disciplina de poco interés para el género femenino, pues únicamente seis (7%) del total de los investigadores son mujeres, el resto, 78 (93%), representa al género masculino. Todo el grupo está involucrado en el estudio de líneas de investigación como: astropartículas, rayos cósmicos y cosmología, supersimetrías y cuantificación de teorías, fenómenos de polarización, interacciones electrodébiles, física de hadrones, física médica, física computacional, física de neutrinos, física nuclear, iones pesados, teoría de campos, teoría cuántica, teoría de cuerdas y propiedades de hadrones; todas ellas bajo la representación de tres diferentes tipos de investigación: teórica, fenomenológica y experimental.

El grupo está distribuido en 15 entidades federativas del país, dispersos a través de 20 institutos y departamentos generalmente incorporados a las escuelas de educación superior que hay en el país, así como los ubicados en centros CONACYT y otras instituciones que existen en el ámbito nacional tal como lo muestra el cuadro 4-1. Por lo anterior, podemos inferir que esta comunidad ha hecho considerables esfuerzos por institucionalizar y profesionalizar la investigación en el en área, y llevar la ciencia hacia los distintos estados de la

república. Prueba de ello es el hecho de que sólo el 34% de los investigadores están integrados a instituciones y centros de investigación ubicados en el Distrito Federal (UNAM, CINVESTAV-DF, IPN y la UIA), el resto de la comunidad (66%) está distribuida en el interior del país. La física mexicana de partículas elementales es una disciplina que ha logrado escalamientos muy importantes, los que se reflejan a través del incremento en el número de recursos humanos, producción, impacto científico y descentralización de la actividad científica.¹ Esto como consecuencia, en parte, del surgimiento de un grupo emergente de instituciones incorporadas a la FMPE a finales de la década de los años 80, y principios de los 90, entre las que figuran: UGTO, UIA, UMSNH, UAP, UAZ, UAS, UASLP, UAEMo; debe mencionarse, además, la consolidación que la disciplina ha logrado al complementar entre sí los diferentes tipos de investigación que realizan: teórica, fenomenológica y experimental. Sobre todo ésta última, que a partir de 1985 está formando científicos directamente en los principales centros internacionales con aceleradores y detectores de partículas: FERMILAB, CERN y DESY, colaborando en proyectos de investigación como: E-687, E-761, E781, E715, E791, AU1, H1, D0, SELEX, FOCUS, ALICE y LHC. Estos experimentos a la fecha se ubican en distintas etapas de desarrollo: algunos ya concluyeron la primera parte e inician la segunda como el D0, o bien, están en proceso de diseño y construcción como es el caso del Pierre-Auger, que tiene planeado concluir su primera etapa en el año 2007.² Otros experimentos, donde también hay científicos mexicanos colaborando en proyectos de este tipo, están en la fase de simulación de eventos, recopilación de datos y análisis de resultados y empiezan a publicar los primeros resultados de la investigación.

-
- 1 F. Collazo-Reyes y Luna-Morales, ME, 2002. Física mexicana de partículas elementales: organización, producción científica y crecimiento. *Interciencia*, 27(7): 347-353
 - 2 F. Collazo-Reyes; M.E. Luna-Morales and Russell, J.M., 2004. Publication and citation patterns of the Mexican contribution to a Big Science discipline: Elementary Particle Physics. *Scientometrics*. 60(2):131-143.

Patrones de uso de la información y comunicación científica de los ...

Cuadro 4-1
Ubicación de los físicos mexicanos del área de Partículas Elementales por entidades federativas, instituciones y centros de investigación.

Núm.	País / Estado	Institución	Departamento, Escuela e Instituto	Tipo de investigación		
				T/F	E	Total
1	EUA	Brookhaven National Laboratory (BNL)	Physics Department		1	1
2	Colima	Universidad de Colima	Departamento de Física	1		1
3	Guanajuato	Universidad de Guanajuato	Instituto de Física	3	3	6
4	Hidalgo	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	Instituto de Ciencias Básicas e Ingenierías	2		2
5	Jalisco	Universidad de Guadalajara	Instituto de Ciencias Básicas e Ingenierías	1		1
6	México D.F.	CINVESTAV-DF	Departamento de Física	6	5	11
7	México D.F.	ICN-UNAM	Departamento de Altas Energías	9	2	11
8	México D.F.	IF-UNAM	Física de Altas Energías	8		8
9	México D.F.	Instituto Politécnico Nacional	Escuela Superior de Física y Matemáticas. Depto. de Física	4	1	5
10	México, D.F.	Universidad Ibero Americana	Física y Matemáticas		1	1
11	Michoacán	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	Instituto de Física	10	1	11
12	Monterrey, N.L.	Universidad Autónoma de Nuevo León	Facultad de Ciencias Físico Matemáticas	1		1
13	Morelos	Universidad Autónoma del Estado de Morelos	Facultad de Ciencias	1		1
14	Puebla	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	Facultad de Ciencias Físico Matemáticas	5	1	6
15	San Luis Potosí	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	Instituto de Física	3	2	5
16	Sinaloa	Universidad Autónoma de Sinaloa	Escuela de Ciencias Físico Matemáticas	1		1
17	Puerto Rico	Universidad de Puerto Rico	Departamento de Física		1	1
18	Sonora	Universidad de Sonora	Departamento de Física	1		1
19	Veracruz	Universidad Veracruzana	Departamento de Cibernética		1	1
20	Yucatán	CINVESTAV-Unidad Mérida	Departamento de Física	5	1	6
21	Yucatán	Universidad Autónoma de Yucatán	Facultad de Ingeniería	1		1
22	Zacatecas	Universidad Autónoma de Zacatecas	Facultad de Física	2		2
Totales				64	20	84

T/F = Teórica Fenomenológica
E = Experimental

– Base de datos de la Sociedad Mexicana de Física (SMF)
– Catálogo Iberoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física
– Anuarios de Instituciones con programas de formación de recursos en física.

De acuerdo con los datos que muestra el *cuadro 4-2*, son 21 los físicos mexicanos que han adquirido la especialización en física experimental de altas energías. De los cuales 20 cursaron y acreditaron grados académicos directamente en Centros Internacionales de Experimentación, y sólo uno de ellos acudió para hacer un posdoctorado. Como sucede en todas las disciplinas científicas, existe el riesgo de que los recursos humanos que salen al extranjero en busca de una formación no regresen, ya que encuentran oportunidades de trabajo que generalmente aprovechan, sobre todo, si saben que a su regreso no tienen garantizada la contratación. En este caso, la FMPE no ha sido excepción, dos de los físicos que salieron a formarse no regresaron, uno se quedó en el Brookhaven National Laboratory y otro se fue a la Universidad de Puerto Rico. Finalmente, los científicos que en el *cuadro 4-2* aparecen señalados con asterisco ya no forman parte del área de investigación, pues decidieron reorientar su línea de investigación abandonando la adquirida originalmente; los 16 científicos restantes están actualmente integrados a la plantilla académica del área de física de partículas elementales con especialidad en altas energías, en alguna de las instituciones o centros de investigación del país.

Por último, las diferencias en la categoría laboral del grupo están determinadas por la institución a la que están adscritos los científicos, de esta manera identificamos categorías como: investigador-1A hasta investigador-3F, investigador titular, o investigador asociado; profesor titular, profesor asociado, profesor investigador asociado, o profesor investigador titular, con niveles (A, B y C) dentro de cada categoría. Lo anterior dio elementos para determinar que no están muy dispersas las formas de contratación que hay en grupo, sobre todo porque parece existir cierta influencia de las instituciones líderes y de mayor tradición como la UNAM, CINVESTAV o IPN, que son las que mayor influencia ejercen en el proceso de descentralización de la disciplina.

Patrones de uso de la información y comunicación científica de los ...

Cuadro 4-2 Físicos mexicanos doctorados directamente en centros con aceleradores y detectores de partículas (2003)					
Periodos de Formación		Doctorados	Laboratorio	Experimento	Otorgó el grado
Año-inicio	Año-fin				
1985	1988	Villaseñor, L. M.	CERN	UA1	CINVESTAV
	1989	Moreno, G.	FERMILAB	E-605	CINVESTAV
	1990	Méndez, H.	FERMILAB	E-687	CINVESTAV
	1992	Morelos, A.	FERMILAB	E-761	CINVESTAV
1987	1992	Herrera, G.	CERN	ARGUS	Univ. Dortmund
	1992	Engelfried, J.	FERMILAB		Univ. Heidelberg
1989	1991	Castilla, H	FERMILAB	UA1	CINVESTAV
	1991	Vargas, M. *	CERN	UA1	CINVESTAV
1991	1992	Fernández, A (Posdoctorado)	FERMILAB	E-791	CINVESTAV
1992	1998	Esparza, E. *	FERMILAB	E-781	CINVESTAV
1993	1994	Félix, J.	CERN	E-871	UGUANAJUATO
	1996	Reyes, M. A.	FERMILAB	E-791	CINVESTAV
	1997	Contreras, J.G.	DESY	H1	Univ. Dortmund
	1997	Magaña, L. *	FERMILAB	D0	CINVESTAV
1994	1998	Hernández, R.	FERMILAB	D0	CINVESTAV
	1998	González, J. L.	FERMILAB	D0	CINVESTAV
1995	1997	Sánchez, A.	FERMILAB	D0	CINVESTAV
1994	2000	Montaño, L.	FERMILAB	E-791	CINVESTAV
1994	2000	Cuautle, E.	FERMILAB	E-791	CINVESTAV
1996	2001	Calderón, M.	BROOKHAVEN	STAR	Univ. Yale
19		21	3	11	4

(*) Investigadores que cambiaron o, reorientaron línea de investigación.
 – Catálogo Iberoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física, 1997-2000
 – Base de datos local sobre física de partículas elementales.
 – Base de datos sobre respuestas de cuestionarios.

Edad de la comunidad FMPE

La comunidad FMPE está conformada principalmente por investigadores jóvenes, donde el 72% de su población está concentrada entre los 26 y 45 años de edad, y sólo el 28% está por arriba de los 46 y menos de 65 años. Con los datos que muestra la *figura 4-1*, determinamos la presencia de tres generaciones de físicos que agrupan en únicamente tres intervalos de edad (31-35, 36-40 y 41-45) al grueso de los investigadores, (48) de los 70 que respondieron a la encuesta, y que representan en términos porcentuales el 68% del total de la comunidad.

Complementa lo anterior el histograma de la *figura 4-2*, que combina las variables *edad y antigüedad en la investigación*. El gráfico muestra la concentración, dispersión y correlación que hay entre las variables analizadas; de esta manera, se puede determinar a través del recuadro en la figura, que existe una fuerte concentración de la edad con la antigüedad en la investigación, particularmente de los físicos que tienen entre 35 y 45 años de edad, y que se mantienen en promedios de 5 y 15 años en la actividad científica. Esta figura también permite identificar la dispersión que producen los científicos cuyas edades se ubican entre 46 y 65 años, y que presentan de 20 a 40 años en la investigación. Un esquema similar es mostrado por los investigadores con menos de 35 años, que apenas se inician en la actividad científica. Estos datos corroboran nuestra observación anterior: la comunidad científica mexicana del área de partículas elementales está integrada principalmente por investigadores jóvenes. Sin embargo, no hay que perder de vista que es necesaria la renovación continua de la plantilla académica, de tal manera que traten de mantener el crecimiento en el número de investigadores jóvenes que hasta ahora son mayoría en el grupo.

De esta manera se podría sostener y mejorar esquemas como el que refleja la *figura 4-3*, en la que a través de diagramas de cajas se analizaron las edades de los investigadores, agrupados en intervalos de cinco años cada uno. Este ejercicio, nos permitió determinar varias características interesantes, por ejemplo: el universo estudiado, conformado por los 70 científicos que respondieron a la encuesta, registra para la variable edad un total de 27 frecuencias, comprendidas entre los 30 y

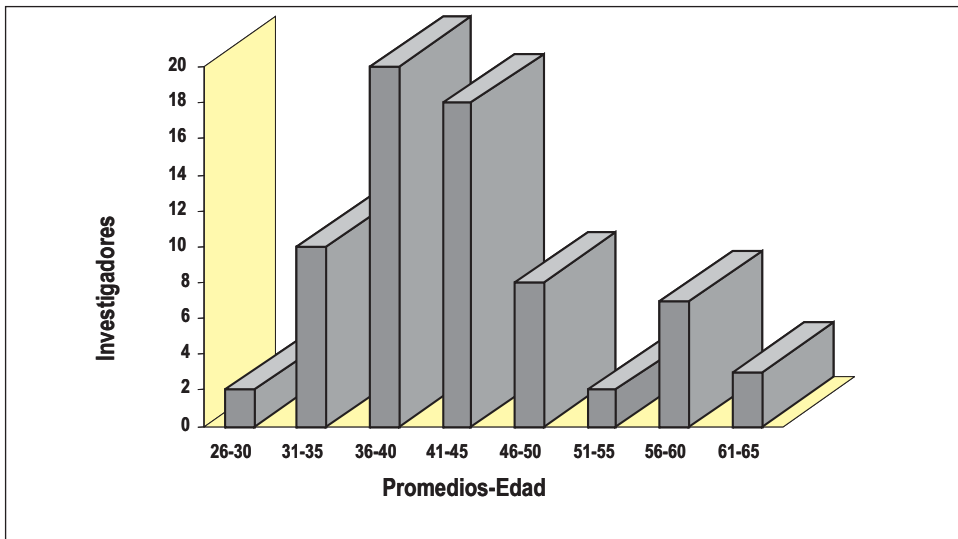


Figura 4-1
Edad de la comunidad FMPE

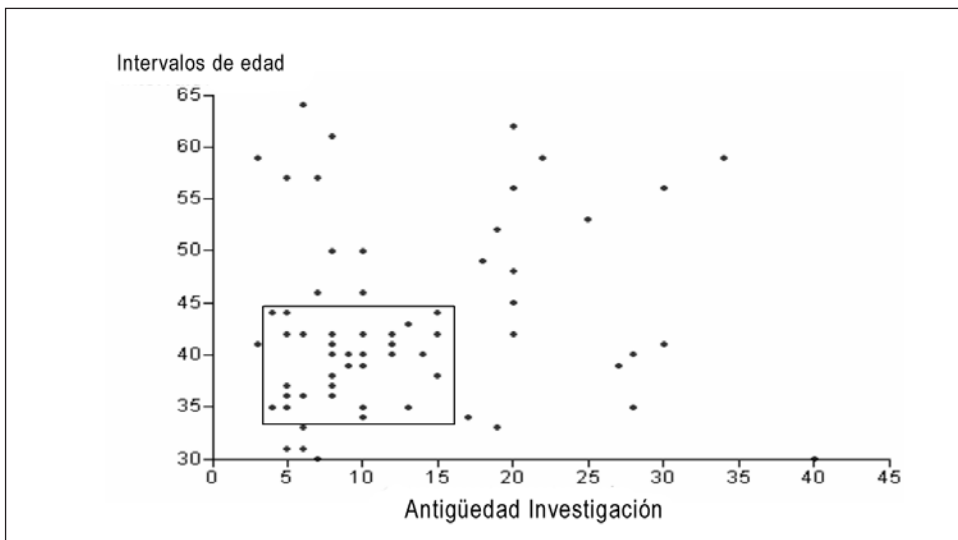


Figura 4-2
FMPE: edad y antigüedad en la investigación

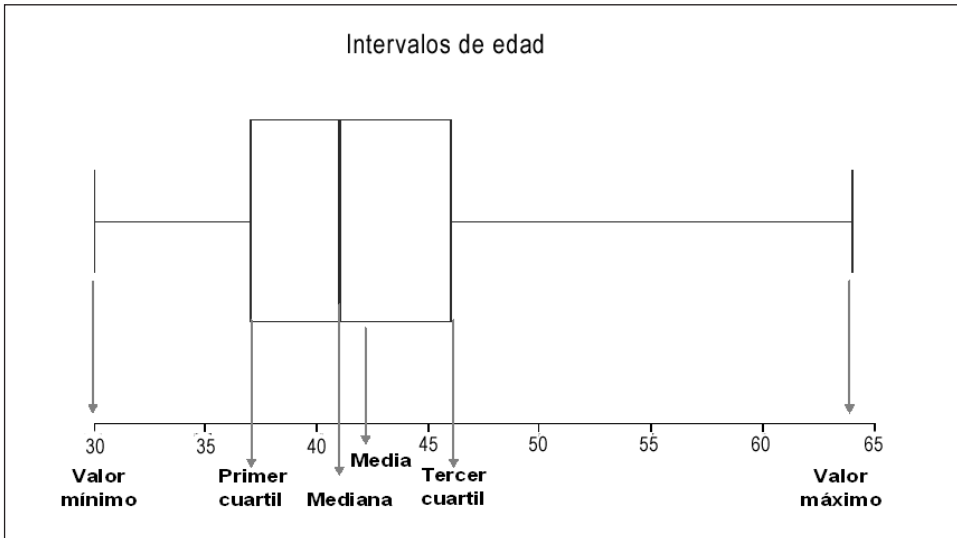


Figura 4-3
Edad de los FMPE a través de histogramas

64 años. La media quedó identificada en la edad de 42 años, la mediana en 41, la moda está reflejada entre 40 y 41. El primer cuartil está representado por la edad de 37 años y el tercero es de 46. La varianza es de 71, la desviación estándar de los datos ocurrió con un promedio de 8, y se generó un posible sesgo de 0.09 en los datos. Tal como lo muestra la *figura 4-2*, el recuadro central indica el intervalo en el que se concentra el 50% central de los datos. Esto es, las edades de los FMPE están concentradas principalmente entre 37 y 46 años. El resto de los científicos, sobre todo los que están por arriba de los 47 años, y que representan el 24% del total del grupo, se ubican en el extremo más largo del histograma, muy apartados del núcleo central de investigadores. En este caso la variable edad no es asimétrica, puesto que la línea central no se ubica en el centro de la caja, lo que quiere decir, que hay cierta desviación en los datos analizados.

Proyección en el crecimiento de la comunidad FMPE

En la *figura 4-4* se presenta el crecimiento en el número de doctorados en la FMPE, que se ha venido dando de manera constante, acompañado generalmente por periodos de decrecimiento, y etapas de estabilización que se mantiene por dos, tres y hasta cuatro años. Este fenómeno se percibe con más claridad en la década de los años 70; por ejemplo, en 1971 se produce el número más alto de doctorados (dos científicos), desafortunadamente al siguiente año baja a uno, y a continuación se produce una estabilización que se mantiene durante toda la década.

La época de los años 80 presenta una mayor dinámica de crecimiento que la de los 70, ya que se incrementó el número de doctorados a tres en 1980 y 1988, y a cinco en 1989; pero, al igual que en las otras décadas analizadas, también existen lapsos con decrementos y estabilización como los ocurridos de 1982 a 1987. El periodo de los años 90 trajo para la comunidad científica del área, los mayores incrementos en la planta académica: en 1991 subió a seis el número de doctorados, a cinco en 1995 y 1996, ocho en 1998 y seis en 1999. Sin duda alguna, es el mejor periodo de crecimiento en recursos humanos en la FMPE; lamentablemente, también es el periodo donde se producen las caídas más drásticas, de ocho científicos graduados en 1997 bajó hasta tres en 2000, uno en 2001, y aunque trata de recuperarse en 2002, nuevamente cae en 2003.

Con la idea de proyectar el crecimiento de doctores en el área de partículas elementales, se aplicó a los datos una línea de tendencia de tipo polinómica de cuarto orden, se extrapolaron los datos a una proyección de cuatro años posteriores a 2003 y obtuvimos los siguientes resultados (*figura 4-4*). El crecimiento de doctorados en el área continuará desarrollándose como hasta ahora ha ocurrido, habrá años en los que crezca el número de graduados, pero inmediatamente después vendrá un descenso, tal como ha ocurrido en las tres décadas analizadas. Sin embargo, de acuerdo con la línea polinómica aplicada a los datos, se registra una tendencia de crecimiento en los próximos años (2004 a 2007). El valor de regresión de $R^2 = 0.5603$ muestra que no existe un ajuste de correlación entre las variables de estudio; es de-

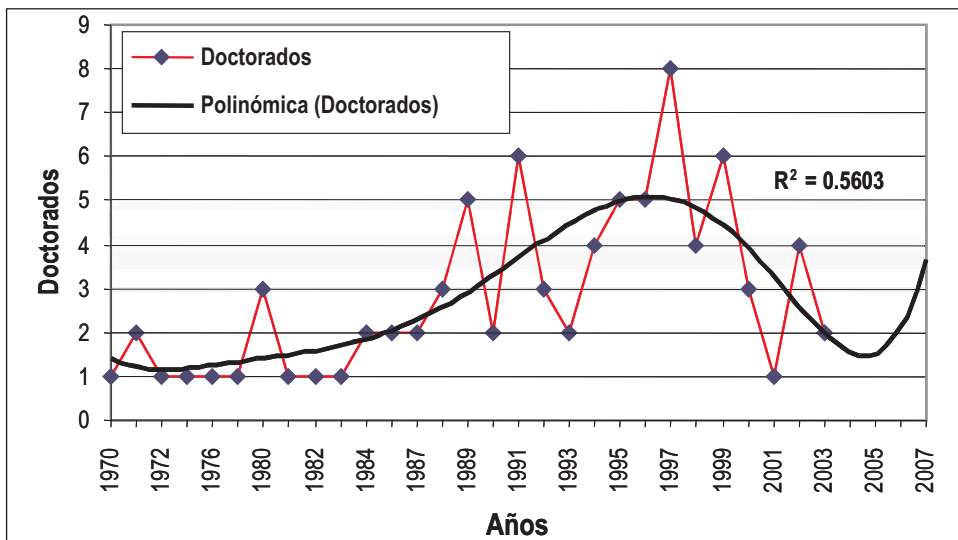


Figura 4-4
Dinámica del crecimiento de doctorados en la FMPE

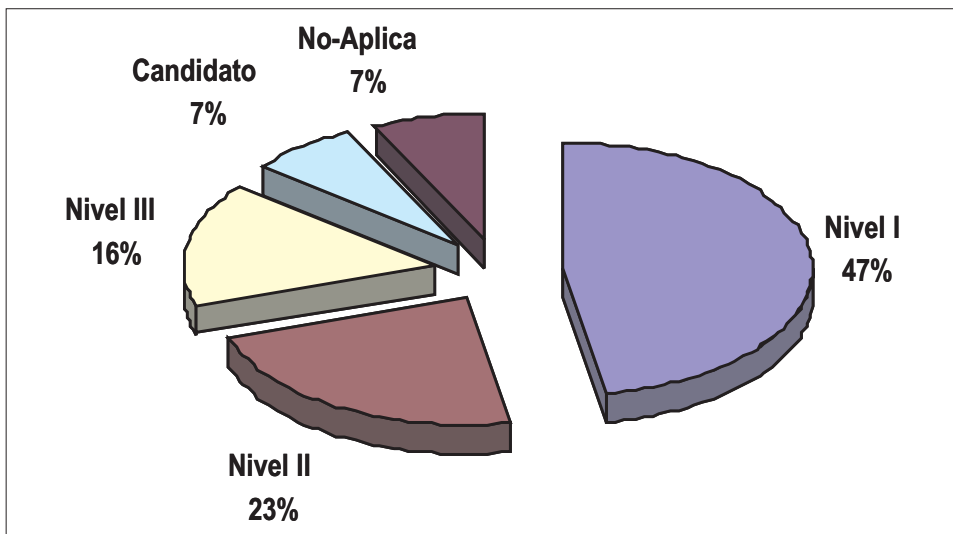


Figura 4-5
Investigadores del área de Partículas Elementales en el SNI

cir, el tiempo no determina el incremento en el número de doctorados. Esto quiere decir que son otros los factores que intervienen para que este grupo desarrolle la plantilla académica del área. Posiblemente uno de los agentes que mayor peso tiene es el apoyo a través de becas para estudiantes interesados en cubrir estudios en física de partículas y campos, así como las ventajas que dejan los convenios establecidos con centros internacionales de investigación especializada para apoyar la estancia y formación de estudiantes mexicanos. A todo ello se debe agregar el esfuerzo que este grupo ha puesto para profesionalizar e institucionalizar la disciplina en nuestro país.

La FMPE en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI)

La FMPE es posiblemente de las disciplinas científicas mejor representadas en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Los datos de la *figura 4-5* muestran (hasta el año 2003), la forma en que estos científicos están distribuidos a través de los niveles establecidos por el SNI, con el fin de estimular a los investigadores mexicanos a proseguir con la actividad científica. De acuerdo con estos resultados, la mayor parte de los físicos del área, el 47%, está posicionado en el nivel I; un 23% en el nivel II; otro 16% se ubicó en el nivel III; cinco de los científicos (7%) están pendientes de obtener alguna de las categorías, lo que quiere decir que permanecen como posibles candidatos; finalmente, cinco investigadores (7%) señalaron que no tienen reconocimiento en el SNI, dos de ellos porque trabajan en el extranjero, y tres no explicaron el motivo por el cual no están integrados al SNI.

Es importante recordar que estamos haciendo referencia a una comunidad de científicos principalmente jóvenes, lo que quiere decir que los investigadores a muy corta edad y con pocos años en la actividad científica ya forman parte del SNI. La *figura 4-6*, corrobora lo anterior donde se señala, a través de la línea punteada larga, a los científicos ubicados en el nivel I del SNI, los cuales se ubican en edades que están entre 30-34, 40-44 y 45-49 años. La línea punteada corta hace referencia a los físicos que tienen la categoría II; es precisamente en este grupo donde mayor dispersión de edades existe, pues hay in-

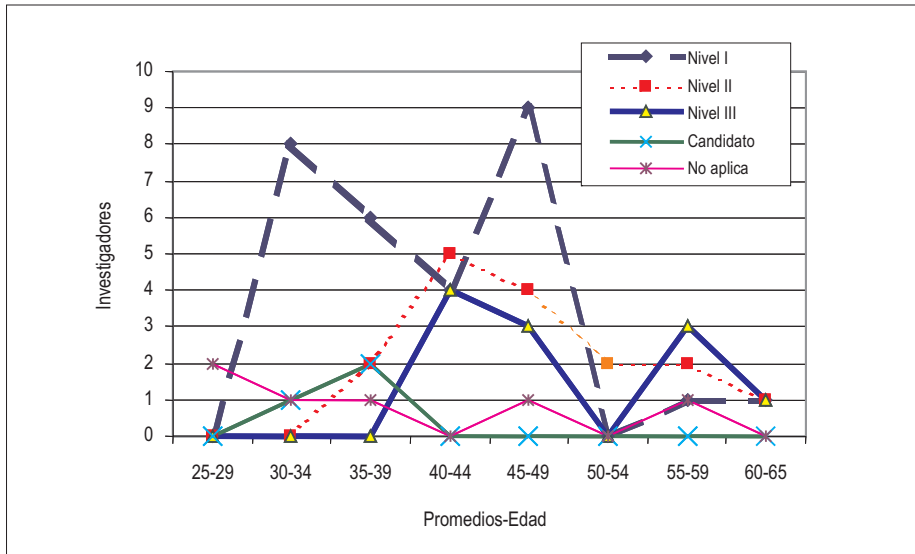


Figura 4-6
Edades de los FMPE y su reconocimiento en el SNI

vestigadores con esta categoría en prácticamente todos los intervalos de edad, excepción del que cubre los años de 30-34. Con la línea continua gruesa, identificamos a los investigadores que permanecen en la categoría III dentro del SNI, con edades que van de 40 a 44, 45 a 49 y de 55 a 59 años, entre los que sobresalen los más jóvenes.

A través de la línea continua gruesa, se muestra a los físicos que permanecen como candidatos a obtener alguna de las categorías, los cuales no tienen menos de 30 años ni más de 39, ya que son científicos que apenas se están iniciando en la investigación. No obstante, hay siete casos, que indicaron no pertenecer al SNI, éstos se pueden identificar mediante la línea continua delgada, que permite observar que sus edades van desde 29 hasta 59 años. No se dan razones por las que no están adscritos al SNI, pero consideramos importante determinar las causas por las cuales se produce este fenómeno, quizá, mediante la realización de un estudio orientado a cubrir aspectos que tengan que ver con la evaluación académica en México.

Acceso a la información especializada en el área

De acuerdo con los resultados de la encuesta que aplicamos, el 82% de los científicos del área otorgaron un valor alto de 9 o 10 al e-print como uno de los medios usados para apoyar su trabajo de investigación, y el acceso a estos documentos es mediante diferentes sistemas de archivos electrónicos (e-print). Las principales fuentes de acceso a la información se muestran en la *figura 4-7*, la que presenta el número de veces por día, semana, mes y año que los investigadores acceden a servidores e-print, revistas electrónicas y bibliotecas especializadas para consultar y extraer información requerida en la investigación. El estudio demuestra que en los accesos por día, el registro más alto es a servidores de archivos e-prints y a revistas con acceso a texto completo. Los accesos por periodos semanales, aunque muy parecidos entre revistas electrónicas y fondos documentales de bibliotecas, se otorgó el porcentaje más alto a las revistas electrónicas. Mientras que los accesos a la información por periodos mensuales la biblioteca es líder al obtener el ingreso más alto, y sus fondos documentales, de acuerdo con la comunidad entrevistada, son útiles principalmente para apoyar cursos y seminarios de investigación. A nivel internacional, los físicos del área de partículas elementales son el ejemplo más claro de cómo se han venido aprovechando las nuevas tecnologías de información, y la manera en que los cambios en el esquema tradicional han repercutido en las formas de acceder a la información. De acuerdo con los datos analizados, nuestra comunidad de físicos en el área no ha pasado por alto el uso e integración hacia estas modernas modalidades de acceso a la información, que sin duda alguna son de gran ayuda para los países con economías en progreso. Sobre todo, porque tienen la oportunidad de acceder en forma gratuita a la información que se está produciendo en el área de investigación; desventaja que generalmente tienen los países en vías de desarrollo, que casi no destinan recursos económicos suficientes para invertir en la adquisición de información que apoye las tareas de la investigación.

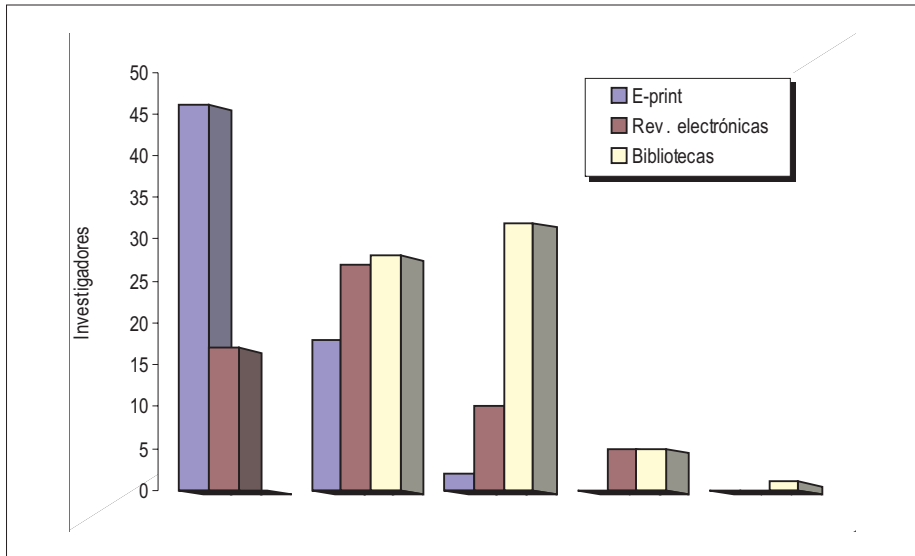


Figura 4-7

Acceso a la información a través de tres fuentes distintas: e-print revistas electrónicas y bibliotecas especializadas.

La *figura 4-8* muestra, en porcentajes, la preferencia que tienen los físicos del área por la información proveniente de servidores e-print, revistas electrónicas y fondos documentales de la biblioteca. De acuerdo con la figura, los físicos cubren sus requerimientos de información directamente de sitios e-print, de donde obtienen los porcentajes más altos (80 y 90%) de información. En cambio, la biblioteca presenta una situación contraria porque de ésta se recuperan porcentajes menores que varían de 10 a 30% de la información. Las revistas electrónicas muestran las preferencias más dispersas, ya que se utilizan desde el 0% hasta el 100%; entre los porcentajes más bajos de acceso están 10, 20 y 50%, mientras que en los más altos se ubican 80 y 90%.

Los datos de la *figura 4-9* confirman los resultados anteriores: existe una correlación entre los intervalos de edad de los investigadores del área y la preferencia que tienen por el uso de servidores e-print. El ajuste a los datos, de una línea de tendencia de tipo polinómica de quinto orden, cuyo valor regresivo es de $R^2 = 0.9271$, indi-

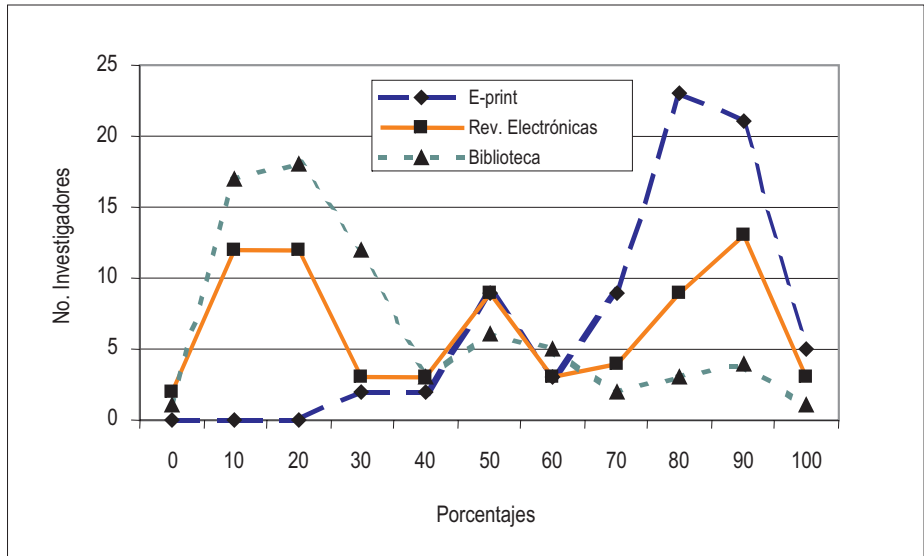


Figura 4-8
Preferencias de información proveniente de tres diferentes fuentes:
e-print, revistas electrónicas y bibliotecas.

ca una perfecta concordancia entre las variables analizadas. Esto quiere decir que la correlación está concentrada en los intervalos de edades intermedias, preferentemente en el segundo y tercer intervalo (34-38 y 39-43 años). Aquí es donde están ubicados los investigadores que tienen mayor preferencia en el uso de los servidores e-print, como es el caso de los físicos del área experimental, que por el tipo de investigación que realizan tienen costumbres más definidas hacia el uso de los recursos en formato electrónico. Sin embargo, según la *figura 4-9*, son los investigadores jóvenes los que tienen mayor inclinación hacia los servidores e-print, en tanto que los científicos mayores no las rechazan pero sus accesos son menos frecuentes.

La *figura 4-10* es un ejemplo de la preferencia y consistencia que presentan los físicos del área por acceder a servidores e-print. En este caso los científicos jerarquizaron de uno a cinco en orden de importancia los sistemas de archivos que hay en el área de altas energías. La figura muestra que los servidores arXiv y SPIRES-HEP son fundamen-

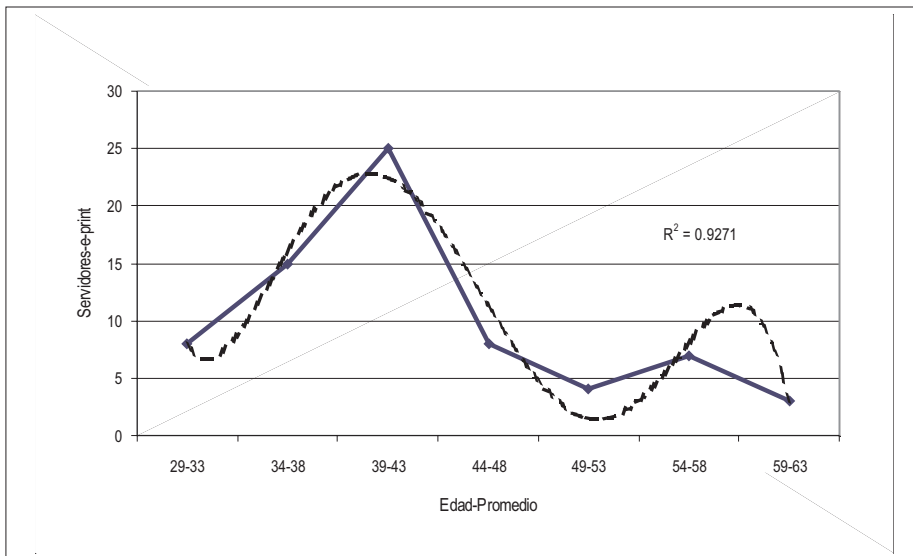


Figura 4-9
Correlación entre uso de servidores e-print e intervalos de edad de la comunidad científica

tales para la comunidad científica. El primero fue seleccionado en la posición uno con 33 preferencias (50%) de las mismas. Al segundo, con 31 veces (46%), también lo eligieron en primer lugar. En la posición dos, nuevamente aparecen SPIRES-HEP con 24 preferencias y arXiv con 22. Para definir la posición tres y cuatro, el grupo se inclinó por servidores como CERN y Fermilab. Finalmente la posición cinco es compartida entre DESY, arXiv y Fermilab. Existen servidores e-print como Pierre_Auger y Kiss-Kek que prácticamente no se utilizan, en parte porque están apoyando proyectos de investigación en astropartículas cuyos experimentos todavía no arriban a resultados.

De lo anterior, se puede concluir que los FMPE utilizan sistemas electrónicos en porcentajes muy altos. Sin embargo, ante el cuestionamiento sobre el futuro de la biblioteca tradicional especializada, el 56% de los científicos se declararon a favor de la preservación de la misma, y auguran para ésta su permanencia porque integra y conserva material que difícilmente va a digitalizarse, por ejemplo: libros,

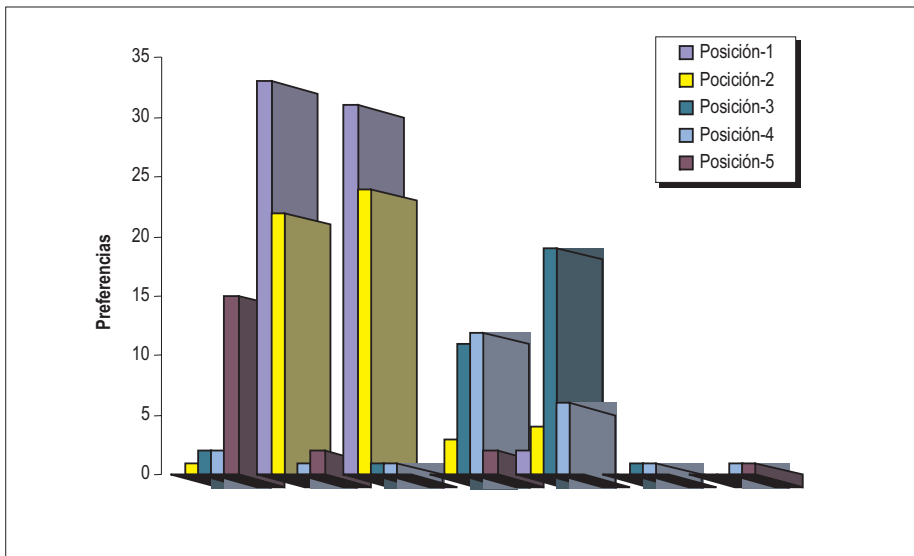


Figura 4-10
Clasificación de servidores e-print según como resuelven los requerimientos de información de los investigadores

memorias, congresos y conferencias. No obstante, reconocen que su sobrevivencia estará en función de que adquiera y se base en una nueva estructura funcional, apoyada principalmente en las tecnologías de la información, con tendencias a integrar nuevos servicios, sobre todo electrónicos que agilicen la investigación, cursos y seminarios que imparte la comunidad científica, evitando, en lo posible, la dependencia de horarios y desplazamientos innecesarios.

Publicación de resultados de investigación

Para los físicos del área de partículas elementales, la publicación en forma simultánea, tanto en servidores e-print como en forma impresa, es un proceso con el que están muy familiarizados. Sin embargo, a juzgar por los datos que muestra la *figura 4-11*, estos científicos prefieren primero enviar sus trabajos de investigación a servidores

e-print y colocan por este medio entre 90 y 100% de los mismos. El tipo de material que con mayor frecuencia dan a conocer a través de estos servidores son los preprints, con un promedio del 30%, los reportes técnicos en un 27%, y los artículos ya aceptados o publicados en revistas con 26%. Aunque también hacen contribuciones a través de congresos, memorias y tesis, que juntos acumulan el 17% de la información enviada a servidores e-print (*figura 4-12*). Esta figura confirma lo anteriormente dicho: los FMPE están integrados a los nuevos modos de acceso y publicación de información.

La *figura 4-13* muestra los sistemas electrónicos que los físicos del área de partículas elementales prefieren para dar a conocer sus resultados de investigación. De un listado de sistemas e-print incluidos en la encuesta: arXiv, FERMILAB, CERN, DESY y Pierre_Auger, los investigadores los jerarquizaron de uno a cinco, según la utilidad, beneficios y servicios que ofrecen para la diseminación de nuevos resultados de investigación.

El grupo seleccionó en primer lugar al servidor arXiv, prefiriéndolo en 61 ocasiones; con preferencia mínima también ubicaron en la primera posición a FERMILAB, CERN y DESY. La posición dos la otorgaron a FERMILAB, 15 veces seleccionado, aunque también a CERN, DESY y Pierre_Auger; los dos últimos fueron elegidos únicamente en tres ocasiones. Por otro lado, al CERN, FERMILAB y DESY también los colocaron como servidores de utilidad en la posición tres, CERN con 11 preferencias, seguido de FERMILAB con cinco; por último está DESY, que sólo consiguió tres. En la posición cuatro quedaron ubicados: DESY, Fermilab y CERN elegidos con diez, tres y dos veces. Por último el servidor Pierre_Auger, sólo tuvo preferencia en las posiciones tres y cuatro.

Revistas preferidas para publicar

Dividido en seis columnas, en el *cuadro 4-3* se presenta la lista de títulos de revistas preferidas por los físicos del área para publicar resultados de investigación. Como se puede observar, la primera columna sólo hace referencia a un número consecutivo de títulos de

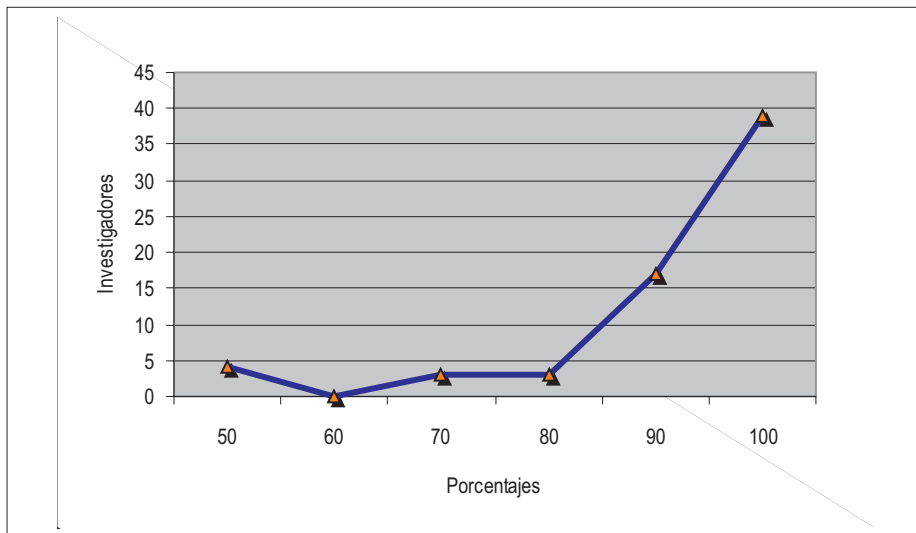


Figura 4-11

Publicación de resultados de investigación vía servidores e-print

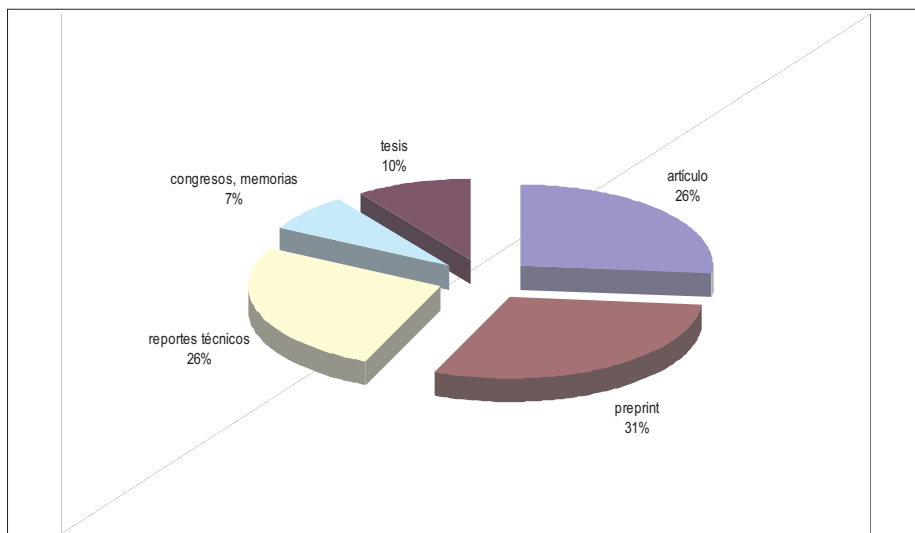


Figura 4-12

Preferencias en el tipo de material a publicar vía formato electrónico

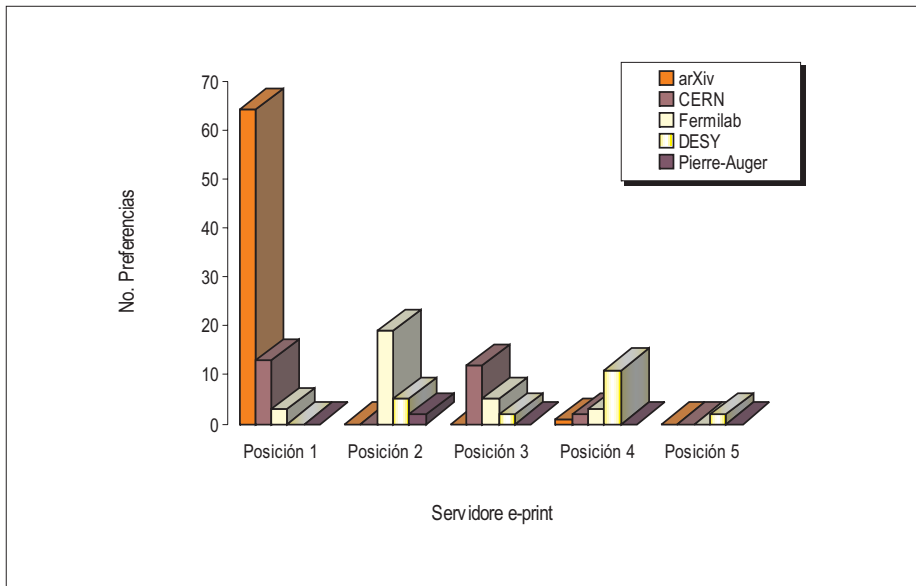


Figura 4-13
Servidores e-print preferidos para publicar

revistas, los que aparecen en forma abreviada en la segunda columna. La tercera muestra la frecuencia con que fueron seleccionadas por los científicos durante la encuesta aplicada. La columna cuatro hace referencia al factor de impacto 2004 de cada título de revista, de acuerdo con el *Journal Citation Reports* (JCR). Por último, las columnas cinco y seis complementan los datos de la columna cuatro al mostrar, por un lado, la categoría en la cual están ubicadas las revistas, de acuerdo con los criterios de clasificación aplicados por el JCR, así como la ubicación de las mismas con respecto al factor de impacto que cada una logra dentro de la propia categoría.

Como se puede observar, las principales revistas preferidas para publicar son las primeras nueve de las 31 listadas en el *cuadro 4-3*, encabezadas básicamente por el *Physical Review D*, *Physics Letters B*, *Nuclear Physics B*, *Physical Review Letters*, *International Journal of Modern Physics A*, *Revista Mexicana de Física*, *Modern Physics*

Letters A, Physics Letters A y Physical Review C. De este grupo, cuatro de ellas están ubicadas en la categoría de Física Multidisciplinaria, y por el factor de impacto que logran, ocupan posiciones muy variadas dentro de las 60 que integran la categoría. Tres corresponden a la categoría de Física de Partículas Elementales, con posiciones cuatro, cinco y once dentro de las 20 que registra la categoría. Las últimas dos de las revistas también favorecidas con diez o más preferencias por parte los FMPE, se localizan en la categoría de Física Nuclear, y ocupan las posiciones tres y seis de las 22 que componen el grupo.

El resto de las revistas solamente fueron seleccionadas entre una y siete veces por la comunidad científica, y presentan un factor de impacto en ocasiones por arriba de las nueve primeras que muestra la lista. Estas revistas se clasificaron de acuerdo con las categorías que propone el JCR, y todas caen dentro de las áreas de la física, excepción de *Astrophysical Journal, Astronomy and Astrophysics, y Journal of Astrophysics and Astronomy* que se ubicaron en la categoría de Astronomía. Las posiciones de cada una de estas revistas en su propia categoría son muy variadas, algunas como *Journal of High Energy Physics* (JHEP) y *Reviews of Modern Physics* ocupan la posición número uno dentro de su categoría; la primera corresponde al área de Física de Partículas Elementales, y la segunda a Física Multidisciplinaria. Esta última tiene el factor de impacto más alto dentro de las revistas que el grupo prefiere para publicar (32.771); sin embargo, fueron señaladas por la comunidad entre las menos preferidas y ocupan el lugar 16 y 31 de la lista de revistas (*cuadro 4-3*). Un caso contrario lo presenta la *Revista Mexicana de Física*, que aparece en la posición seis de la tabla de revistas y apenas cuenta con el 0.229 de factor de impacto, promedio que la mantuvo en 2003 en la antepenúltima posición en la categoría de Física Multidisciplinaria. Por último, estas revistas aceptan la integración de referencias bibliográficas hechas a trabajos e-print, y para ello no existen instrucciones ni políticas que indiquen la manera en que las mismas deben presentarse.

El uso de nuevas tecnologías de información y comunicación científica ...

Cuadro 4-3
Revistas preferidas por la comunidad científica para publicar resultados de investigación en forma impresa

No.	Revistas Preferidas	Número de Veces Preferidas	Factor de Impacto 2001	Categoría JCR	Ubicación dentro de la Categoría JCR (*)
1	Phys Rev D	65	5.156	Partículas Elementales	5/20
2	Phys Lett B	52	4.619	Multidisciplinaria	7/66
3	Nucl Phys B	25	5.819	Nuclear	3/22
5	Phys Rev Lett	25	7.218	Multidisciplinaria	4/66
4	Int J Mod Phys A	21	1.054	Partículas Elementales	4/20
6	Rev Mex Fis	16	0.229	Multidisciplinaria	65/66
7	Mod Phys Lett A	12	1.119	Partículas Elementales	11/20
8	Phys Lett A	10	1.454	Multidisciplinaria	22/66
9	Phys Rev C	10	3.125	Nuclear	6/22
10	Eur Phys J C	7	3.486	Partículas Elementales	4/20
11	J Phys G. Natl Partic	7	1.533	Nuclear	12/22
12	Phys Rev B	7	3.075	Multidisciplinaria	4/26
13	Nucl Instrum Methd A	6	1.349	Partículas Elementales	13/20
14	Phys Rev A	5	2.902	Atómica y Molecular	7/30
15	Class Quantum Gravity	4	2.941	Materia Condensada	10/26
16	JHEP	4	6.503	Partículas Elementales	1/20
17	Nucl Phys A	8	2.108	Nuclear	8/22
18	Eur Phys J A	4	1.614	Aplicada	48/71
19	Astrophys J	3	6.237	Astronomía y Astrofísica	2/38
20	Astropart Phys	2	3.610	Partículas Elementales	6/20
21	J Phys A	3	1.504	Multidisciplinaria	17/66
22	J Math Phys	2	1.430	Matemática	11/29
23	Nuovo Cimento B	2	0.019	Partículas Elementales	17/20
24	Astron Astrophys	1	4.019	Astronomía y Astrofísica	15/38
25	Europhys Lett	1	2.120	Multidisciplinaria	8/66
26	Gen Relativ Grav	1	1.178	Multidisciplinaria	31/66
27	J Astrophys Astron	1	0.415	Astronomía y Astrofísica	36/38
28	J Phys Soc Jpn	1	1.577	Multidisciplinaria	13/66
29	Physica A	1	1.369	Multidisciplinaria	21/66
30	Physica Status Solid A	1	0.890	Materia Condensada	24/55
31	Rev Mod Phys	1	32.771	Multidisciplinaria	1/66

* Journal Citation Reports, 2004.

Publicación científica de los FMPE a través de SPIRES-HEP

A partir de los registros que contiene la base de datos local extraída del sistema SPIRES-HEP, fue posible identificar 2301 trabajos científicos correspondientes a la FMPE, ingresados durante el periodo de 1970-2000. El *cuadro 4-4* muestra 1006 documentos registrados por el sistema como trabajos e-prints, y 788 como artículos en revista. De acuerdo con F. Collazo, M.E. Luna y J.M. Russell “517 documentos ingresaron al sistema como congresos, conferencias, reportes técnicos y tesis. De los 1006 e-print´s ingresados, 645 terminaron publicados como artículos en revista, mismos que sumados a los 788 originalmente publicados dan un total de 1433 artículos publicados en revistas científicas”.³ Es decir, el 43% de lo que publican los FMPE se da a conocer como previa a la publicación, logrando salir en forma impresa, el 64% de los documentos originalmente ingresados a SPIRES-HEP como preprints. En total el 62% de la producción científica registrada en SPIRES-HEP es publicada en alguna revista científica, y el 48% restante queda disponible como trabajos de tesis, congresos, reportes, libros, capítulos de libro, entre otros.

Años	Total trabajos registrados en SPIRES-HEP	Trabajos publicados como artículos revista	Trabajos publicados como e-print	Trabajos publicados como congresos, tesis, reportes, otros
1970	0	0	0	0
1971	2	2	0	0
1972	1	1	0	0
1973	3	3	0	0
1974	10	5	0	5
1975	27	20	0	7
1976	25	15	0	10
1977	48	38	0	10
1978	34	20	0	14

3 F. Collazo-Reyes; M.E. Luna-Morales y Russell, J.M., 2004. *Op. Cit.*

Cuadro 4-4 Participación científica de la FMPE a través del SPIRES-HEP: 1971-2000 (Cont.)				
Años	Total trabajos registrados en SPIRES-HEP	Trabajos publicados como artículos revista	Trabajos publicados como e-print	Trabajos publicados como congresos, tesis, reportes, otros
1979	30	17	0	13
1980	31	16	0	15
1981	42	32	0	10
1982	38	29	0	9
1983	31	27	0	4
1984	31	24	0	7
1985	28	20	0	8
1986	33	22	0	11
1987	26	19	0	7
1988	36	22	0	14
1989	39	28	0	11
1990	52	22	0	30
1991	83	32	0	51
1992	75	49	0	26
1993	108	27	26	55
1994	125	42	62	21
1995	162	50	88	24
1996	199	45	101	53
1997	215	36	113	66
1998	227	37	165	25
1999	267	47	220	0
2000	273	31	231	11
31	2,301	788	1006	517
Base de datos local sobre FMPE				

Validación del conocimiento científico

Son diferentes los puntos de vistas de los investigadores del área, con respecto a la importancia que merece el documento impreso y electrónico como elementos de evaluación científica. Tal como lo muestra la *figura 4-14*, en una escala de uno a diez, estos científicos otorgaron al documento impreso valores máximos de ocho, nueve y

diez. Mientras que al documento electrónico lo valoraron desde uno hasta diez, predominaron como valores más altos ocho y nueve. Un fenómeno similar ocurrió con las citas tradicionales y electrónicas, donde las primeras tuvieron mayor preferencia entre la comunidad estudiada. Es decir, la cita tradicional recibió como valor más alto el diez, y en menor medida nueve, ocho, siete y seis. Por su parte, la cita hecha en forma electrónica fue defendida principalmente con ocho y nueve. Lo anterior prueba que hay una contradicción en los intereses que el grupo persigue; por un lado, manifiesta su preferencia por los esquemas de acceso a la información y publicación en forma electrónica, y se inclina en favor de los nuevos procesos de comunicación científica, propios de un esquema informal basado en el uso del e-print; pero por otra parte, prefiere apoyar los esquemas tradicionales de evaluación de la actividad científica, que pondera al documento y cita en forma impresa como principales y válidos elementos de evaluación. Esto último quizá se debe a que es el único modelo reconocido no sólo a nivel nacional, sino también en el medio internacional, para evaluar la actividad académica; sin embargo, este sistema empieza a sufrir las consecuencias de los cambios en el formato de la información, propiciado, en parte, por los ajustes que los editores de revistas científicas empiezan a hacer para mantener la competencia contra los grandes sistemas de archivos e-print, y no perder el mercado científico. En este sentido, están aceptando las referencias bibliográficas hechas a documentos e-print en formato electrónico; prueba de ello lo constituyen los porcentajes de referencias e-print que los FMPE integran en sus trabajos de investigación. Por ejemplo, los físicos dedicados a la investigación de tipo teórica y fenomenológica utilizan porcentajes que van desde 10, 20, 30 hasta 70, 80, 90 y 100%. Por su parte los físicos experimentales están más definidos hacia el uso de las citas e-print, ya que generalmente incorporan entre 80, 90 y 100% de citas electrónicas en sus trabajos de investigación.

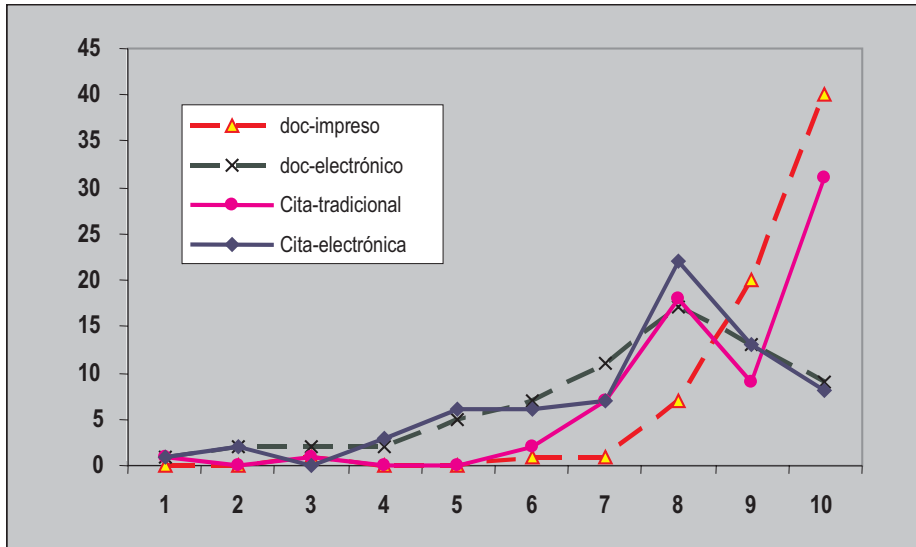


Figura 4-14
El documento y la cita impresa y electrónica como elementos de evaluación científica

Sistemas de evaluación científica

De acuerdo con los resultados de la encuesta aplicada, los científicos mexicanos del área de partículas elementales no comparten la idea de que sólo las citas que aparecen en trabajos arbitrados deben tener validez científica. Lo anterior se desprende del hecho de que hay trabajos de investigación de excelente calidad que no pasan por un sistema de arbitraje, pero llegan a ser trabajos altamente citados por la comunidad científica. Este tipo de casos únicamente pueden ser visibles a través de sistemas e-print como SPIRES-HEP, uno de los pocos sistemas bibliográficos y bibliométricos especializados en el área de la física. Por lo anterior, SPIRES-HEP fue catalogado por la comunidad científica del área como una base de datos muy bondadosa, que garantiza la actualización permanente de la información, de acceso rápido y de uso gratuito. La principal utilidad que los físicos hacen de

SPIRES-HEP es para buscar y recuperar nuevos resultados de investigación y, sobre todo, para apoyar su propia evaluación científica. Estos investigadores normalmente recurren a esta base de datos para obtener indicadores de producción e impacto científico de sus trabajos de investigación registrados en el sistema para propósitos de evaluación científica en porcentajes de 70% a 100%. Por lo anterior, los científicos del área consideran necesaria la integración de SPIRES-HEP como herramienta de evaluación, y sugieren el reconocimiento definitivo por parte de los organismos responsables de evaluar y promover la actividad científica en nuestro país. Este proceso se justifica plenamente, ya que SPIRES-HEP, además de que es una base de datos estándar para el área, es gratuito, fácil de utilizar, rápido en la presentación y recuperación de resultados, completo y actualizado. Es el único sistema especializado en partículas y campos que ofrece indicadores de productividad e impacto científico, convirtiéndose en una herramienta indispensable para el grupo por disponer de toda la información publicada por los colegas del área, y por estar ligado con otras bases de datos también desarrolladas en áreas afines y con sitios web de interés. Este sistema está catalogado como el más fiel representante de los nuevos modelos de comunicación científica, caracterizado por integrar literatura científica publicada, no publicada o previa a su publicación. Generalmente incluye documentos como: artículos científicos, preprints, reportes, memorias, congresos, pláticas, tesis y capítulos de libros. Además, es de los pocos medios de los que disponen algunos científicos mexicanos para cumplir con las evaluaciones científicas requeridas, es rápido, sencillo y fácil de usar y a diferencia del *Science Citation Index* (SCI), SPIRES-HEP es de acceso gratuito. El SCI, única herramienta aceptada y estandarizada en el ámbito nacional e internacional por entidades dedicadas a evaluar la actividad científica, no está accesible en gran parte de los sitios donde se hace ciencia en nuestro país. Por tal motivo, los investigadores, sobre todo de provincia, lo desconocen; otros, por su difícil funcionamiento en la búsqueda y recuperación de información, prefieren no utilizarla, y en el caso de quienes la utilizan lo hacen principalmente para complementar sus currículos en los procesos de evaluaciones académicas.

5
Análisis de
resultados

Institucionalización y profesionalización de la disciplina

La FMPE presenta un proceso de institucionalización y profesionalización muy dinámico: actualmente sus programas de maestría y doctorado se imparten en 12 universidades de educación superior y centros de investigación del país y se realiza investigación en el área en 22 entidades federativas de la República Mexicana. Lo anterior se puede interpretar como parte del proceso de maduración de la disciplina científica señalado por D. Crane,¹ como periodos de crecimiento exponencial, visibles a través de la literatura, e impacto científico y de la expansión de los grupos de investigación. Este proceso generalmente da lugar a distintos patrones de crecimiento que reflejan, entre otros aspectos, la acumulación de esfuerzos en el desarrollo de la disciplina científica, que a su vez es resultado de distintos escalamientos también de orden exponencial que tiene que ver con la asignación de recursos materiales, económicos y formación de recursos humanos.

Un ejemplo más claro sobre el desarrollo profesional e institucional, logrado por la comunidad científica mexicana del área, lo presentan Pérez-Angón y Torres-Vega,² quienes confirman que durante el periodo de 1986-1996 se consolidaron e incrementaron los programas de estudio en la física mexicana. En particular, identifican un crecimiento en los programas de licenciatura de 17 a 25; de 17 a 26 en maestría y de 12 a 25 en doctorado. Entre los nuevos programas

1 D. Crane, *Op.Cit.*

2 M.A. Pérez-Angón & Torres-Vega, G, 1998. La Física mexicana en perspectiva: 1986-1996. *Interciencia*, 23(3): 163-175.

de estudio, que surgieron durante el periodo señalado, 11 de ellos se originaron en instituciones del interior del país, provocando cambios en la planta académica de los distintos grupos de investigación, sobre todo en los del interior de la República, quienes crecieron del 25% que había en 1986 a 46% en 1996. Para el 2002, el número de científicos en provincia se incrementó de manera continua hasta acumular el 55% del total. Los mismos autores registran, hasta 1996, a 11 instituciones mexicanas de educación superior dedicadas a la investigación en el área de física de partículas elementales; a la fecha este número se incrementó a 20 en todo el país. Collazo-Reyes y Luna-Morales³ identificaron en el periodo 1970-2000 importantes cambios en las estructuras organizacionales de la FMPE, entre otros, un continuo crecimiento de los grupos de investigación y de significativas aportaciones en producción e impacto científico. Además de una muy clara descentralización de la investigación en el área, y la identificación de un nuevo tejido organizacional que involucra a los distintos grupos de investigación, incluyendo a los de provincia.

Es preciso resaltar la importancia que este grupo de investigadores le ha dado al quehacer educativo y a la descentralización de los recursos humanos hacia las entidades federativas de la República Mexicana. Gracias a ello, hoy se hace ciencia y se preparan nuevos investigadores en diferentes instituciones del país, donde quizá nunca se pensó podrían fructificar como es el caso de San Luis Potosí, Michoacán, Guanajuato, Zacatecas, Puebla, Yucatán, Veracruz, Colima, Hidalgo, entre otras. Estas instituciones registran importantes aportaciones al crecimiento de la producción e impacto científico de la disciplina,⁴ aun cuando las necesidades de información especializada para las instituciones del interior del país están prácticamente limitadas, son los servidores de archivos e-print las principales herramientas de apoyo que garantizan a la comunidad científica en general la solución a sus problemas de información. Entre el 80% y el

3 F. Collazo-Reyes & Luna-Morales, ME, 2002. El síndrome Big Science y su influencia en el proceso de maduración de la física mexicana de partículas elementales, *Revista Española de Documentación Científica*, 24 (2002), No.4, 186-197.

4 F. Collazo-Reyes & Luna-Morales, ME, 2002. *Op. Cit.*

90% de la información requerida para el desarrollo de investigación se obtiene a través de accesos directos a esta clase de sitios.

Equilibrio de la plantilla académica

La concentración del 72% de investigadores con edades entre 26 y 45 años, y el hecho de que el 80% de los científicos presentan una antigüedad en la investigación de 10-15 años, es muestra de un posible desequilibrio en la planta académica de los FMPE. A través de las edades del grupo analizado, identificamos dos grandes generaciones de investigadores: la primera conformada por investigadores teóricos y fenomenológicos con edades de 46 a 65 años; la segunda integra a los experimentales con edades promedio de 40 y 41 años insertados en los intervalos de 36-40 y 41-45 años (*figura 4-1*). Esto permite advertir un desequilibrio en la planta académica del grupo, debido al distanciamiento de las edades entre ambas generaciones. Esto quiere decir que es necesario poner atención en cómo se va a renovar la plantilla académica, posiblemente a través de una nueva generación, que en principio debe igualar o superar el promedio de investigadores que actualmente integra la segunda; además, debe jugar un rol en la promoción de la disciplina que contemple, por ejemplo: el equilibrio entre tipos de investigación teórica, fenomenológica, experimental e instrumentación, así como la apertura de nuevas líneas de investigación; o bien, orientar esfuerzos hacia la solución de problemas locales relacionados con la industria. En este esquema será posible sostener o incrementar el crecimiento que hasta el momento ha logrado la comunidad científica del área. La FMPE, como cualquier otra disciplina científica, debe pasar por el proceso natural de envejecimiento en la planta académica y de investigación. Esto quiere decir que en unos años la primera generación va a dejar de ser activa, y habrá que buscar una estrategia de movilidad de los recursos a fin de cubrir el hueco de la generación previa, cuya misión es garantizar la continuidad en la investigación y el crecimiento de la disciplina. A la fecha, esta tercera generación todavía no tiene un rostro definido; lo que sí es posible determinar, a través de la *figura 4-4*, es que se man-

tendrá el crecimiento del número de investigadores con doctorado en el área en los años posteriores al 2003. Este proceso generalmente se ve afectado por la deserción de estudiantes en los diferentes posgrados de estudio;⁵ por tanto, si las instituciones mexicanas con programas de estudio en FPE logran sostener la eficiencia terminal del mayor número posible de estudiantes de nuevo ingreso, no sólo mantendrían el equilibrio de edades entre la comunidad científica, sino que también podría crecer la planta académica de los distintos grupos de investigación, conducidos por un proceso natural de renovación de la plantilla de investigadores, integrando a jóvenes científicos que garanticen la continuidad de la investigación en el área.

Acceso a las tecnologías de información

Las diferentes preferencias en el acceso a la información electrónica es un suceso que de alguna manera se esperaba. Nuestros resultados que hacen referencia a estos aspectos, confirman la importancia que los servidores e-print tienen para el grupo analizado, sobre todo los sistemas arXiv y SPIRES-HEP, a los que diariamente acuden para cubrir porcentajes de 80% y 90% de la información requerida en la investigación. Esta situación se da en una dirección completamente opuesta a la que presenta la biblioteca especializada, a la que generalmente acuden dos o tres veces al mes y sus fondos documentales son utilizados en porcentajes máximos del 30%, útiles principalmente para apoyar cursos y seminarios de investigación. Sin embargo, a pesar de las cualidades que presenta el grupo con respecto al aprovechamiento de las nuevas tecnologías de información, se percibe una contradicción entre el acceso a los recursos electrónicos y los fondos documentales impresos. Es decir, el hecho de que hoy las principales actividades de la investigación se realicen vía la red, hace pensar que a las bibliotecas tradicionales les espera un futuro muy incierto. A este cuestionamiento los físicos respondieron con dos puntos de vista distintos: algunos augu-

5 M.A.Pérez-Angón & Torres-Vega, G., 1994. Retos y perspectivas de la física mexicana de 1989-1993. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*. (8/3): 119-130.

ran la disminución de la utilidad de la biblioteca, a menos que integre más servicios en medios electrónicos; otros, por el contrario, afirman que la funcionalidad de la biblioteca sobrevivirá, porque el material monográfico difícilmente se integrará como medio de consulta en forma electrónica. Los investigadores mexicanos del área de PE en general, están a favor de la preservación de los servicios que ofrece el modelo tradicional de la biblioteca, no son de la idea de derribar uno de los soportes que durante años ha beneficiado el desarrollo científico y, aunque poco puede apoyar la actividad científica de un grupo tan dinámico como la física de partículas y campos, hay otras áreas de investigación en la física que sí utilizan los fondos documentales de la biblioteca. Por tanto, el fin de la comunidad no es cuestionar la utilidad de las bibliotecas tradicionales, que de por sí son afectadas por los recientes ajustes presupuestales. También es importante el efecto que produce en el estancamiento de los acervos documentales el incremento cada vez más alto en los costos de las revistas científicas.

Contar con la literatura científica que requieren los diferentes grupos de investigación es un proceso que difícilmente ha podido asegurar la biblioteca especializada en países como el nuestro. Por ello conviene impulsar el desarrollo de los sistemas de archivos abiertos, que garantizan el acceso permanente a la literatura científica producida en el área, de manera rápida y gratuita, colocando al tradicional sistema de comunicación científica como deficiente e inoperante⁶ para resolver las necesidades de información de áreas dinámicas de investigación como la FMPE.

El e-print en la política científica

A partir de resultados presentados en nuestro estudio, resulta evidente la dinámica con que los físicos mexicanos en partículas elementales se mueven a través de los medios electrónicos, ya sea buscando y recuperando información de interés para sus proyectos de investigación, o bien publicando los resultados de sus investiga-

6 L. Kanellopoulos and Steele, C. *Op.Cit.*

ciones. La mayoría de los físicos mexicanos en el área tienen acceso o depositan en servidores e-print distintos tipos de documentos, principalmente preprints y artículos en revistas (*figura 3-10; figura 3-11 y cuadro 3-9*). Esto explica porqué los físicos del área otorgaron al e-print los valores más altos en la escala propuesta (0-10), y porqué el 70% de los investigadores respaldaron al e-print, negándose a compartir la idea de que sólo el artículo arbitrado tiene validez científica. Sin embargo, son aspectos que entran en contradicción con respecto al poco apoyo que la propia comunidad científica manifestó por los e-prints como herramienta de evaluación académica. Nuestros resultados indican que para este propósito el documento impreso y la cita tradicional se consideran más importantes que el preprint electrónico. Una situación que seguramente tiene que ver con la política científica aplicada en nuestro país, basada principalmente en la aplicación de indicadores provenientes de documentos impresos, publicados en revistas con alcance internacional y reconocidas en los índices de revistas del Institute of Scientific Information (ISI). Por ende, aunque los físicos mexicanos del área de partículas elementales, están totalmente integrados a las nuevas formas de socializar el conocimiento científico, no tienen más alternativa que seguir respondiendo a los métodos tradicionales de evaluación, que otorgan al documento impreso y a la cita tradicional el mayor peso en cuestiones de evaluación académica. Sin embargo, la aceptación cada vez más amplia de los sistemas e-print en otras áreas de investigación como las ciencias biológicas, la química, la astronomía y la economía,⁷ está abriendo camino a los documentos electrónicos, los que seguramente terminarán posicionándose como elementos de primer orden en las evaluaciones y promociones académicas. Este proceso obligará a las instancias responsables de promover la actividad científica, a cambiar o adecuar la actual política de evaluación académica del país, en particular, reconociendo los nuevos esquemas de comunicación científica, que se centran en el uso de los e-prints, a través del desarrollo de enormes servidores de archivos abiertos. El si-

7 A.M. Ramalho-Correia and Castro-Net, M. *Op.Cit.*

guiente paso, entonces, es avalar los sistemas como SPIRES-HEP como herramienta de evaluación académica, por ser una fuente de información que garantiza, para los físicos en altas energías, la recuperación de citas de los trabajos de investigación registrados en el propio sistema. Además es la única fuente de acceso a la información bibliográfica y bibliométrica para los físicos en general, y sobre todo los de provincia imposibilitados para acceder al Science Citation Index, Web of Science y otras herramientas de ISI, en virtud de que son bases de datos muy caras fuera del alcance de la mayoría de las instituciones donde se hace ciencia en este país.

Revistas preferidas para publicar

Las revistas que la comunidad científica del área prefiere para publicar son 32, entre las que destacan nueve, las cuales acumularon el mayor número de preferencias por parte del grupo estudiado. Estas nueve revistas son de alcance internacional, reconocidas por ISI, con un alto factor de impacto y con títulos que están integrados a las diferentes categorías de la física. Sin embargo, se destaca un aspecto novedoso en las nueve revistas preferidas para publicar, una de ellas es la *Revista Mexicana de Física*, posicionada en el JCR en el antepenúltimo lugar de los 46 títulos de las revistas integradas en la categoría de Física Multidisciplinaria, con 0.229 de factor de impacto. Esto quiere decir que la comunidad física mexicana de partículas elementales utiliza la revista del gremio, posiblemente con el fin de promover localmente 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. Sin embargo, es importante atender la situación que actualmente presenta con respecto a su bajo factor de impacto, pues corre el riesgo de ser expulsada de la lista del JCR, y de seguir la misma suerte de otros títulos de revistas mexicanas que han sido dadas de baja del SCI.

Conclusiones

A pesar de que la FMPE es una disciplina muy joven en nuestro país, los estudios que se han hecho sobre la misma indican que se trata de un área de investigación que atraviesa por sus mejores momentos en su proceso de consolidación. Esto ha sido posible gracias a la institucionalización y profesionalización en ascenso de la disciplina, a la producción, al impacto científico, y a la formación de recursos humanos en el uso de las nuevas tecnologías de información.¹ De alguna manera, también es consecuencia natural de los esfuerzos que la propia comunidad ha hecho por integrarse a la cultura *Big Science*, a través de su incorporación en proyectos de colaboración internacional a la participación directa en los nuevos modelos de comunicación científica originados por las grandes ciencias: prefiriendo el e-print y los servidores electrónicos de preprints como principales medios de divulgación y publicación de resultados de investigación.

Con el desarrollo de sistemas abiertos basados en el uso del e-print, los físicos en altas energías encontraron la forma más práctica de resolver sus necesidades de información y de mantenerse actualizados. De esta manera disminuyen en parte la frustración que genera la falta de recursos documentales, producto principalmente del incremento en los costos de la información, y los escasos recursos económicos que los países en vías de desarrollo asignan para dichos fines.² Pero sobre todo, para no depender de los tiempos que

1 F. Collazo-Reyes y Luna-Morales, M.E. *Op.Cit.*

2 R.R. Powell, 1991. *Basic Research Methods for librarians*. 2da. ed. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporations. 204 p.

ocupan la revisión y la publicación de los trabajos científicos en la forma tradicional. Para los FMPE, los sistemas e-print son básicos, sobre todo para los físicos experimentales, por el intercambio de datos y resultados que mantienen con el grupo o grupos en colaboración. Sin embargo son igualmente importantes para los físicos en general, principalmente para los que están ubicados fuera de la ciudad de México, ya que en la mayoría de los casos son las únicas fuentes de información bibliográfica y bibliométrica que disponen para el desarrollo de la actividad científica. Por este motivo, la comunidad científica mexicana considera que es necesario el reconocimiento de SPIRES-HEP como herramienta de evaluación académica, y su reconocimiento oficial por parte de los organismos responsables de apoyar y promover la actividad académica del país.

Ante este panorama, a los bibliotecarios y profesionales de la información les corresponde jugar roles más dinámicos, distintos a los que generalmente vienen desarrollando. En principio, es importante no perder de vista el progreso de las tecnologías, principalmente aquellas que se relacionan con el almacenamiento, organización, acceso, distribución y publicación de información. Por lo anterior, proponemos algunas ideas que podrían cubrir los bibliotecario y los profesionales de la información, a fin de no quedarse como simples espectadores ante las transformaciones que están produciendo las tecnologías de la información, y con ello apoyar a las comunidades científicas del país: (1) difundir y promover la existencia de nuevos medios electrónicos documentales basados en el e-print, y la forma de acceder a ellos; (2) participar en el desarrollo de archivos electrónicos que incluyan la producción científica local, regional y nacional de las disciplinas científicas que se desarrollan en el país. Sin embargo, el rol ideal para el bibliotecario sería (3) integrarse a las grandes colaboraciones científicas donde se generan las necesidades de información, y por tanto se producen los progresos más espectaculares. Posiblemente el colaborador más cercano a Ginsparg no fue un bibliotecario, esto explica porque estas bases de datos no reúnen los estándares internacionales de normatividad. Pero son punta de lanza en el desarrollo de sistemas abiertos y están guiando a otras disciplinas científicas a integrarse al desarrollo y operación de sistemas elec-

trónicos de e-prints. Un ejemplo es la integración de las ciencias sociales, en particular la economía y agricultura, que ya encontraron el atractivo y las ventajas en estos servidores.

El sistema de comunicación científica formal, que hasta hoy se complementa con el informal, seguramente terminará perdiendo mayor terreno ante el informal, más aún cuando la referencia electrónica y sobre todo la que proviene del e-print ya es aceptada por las revistas científicas, y por los sistemas internacionalmente reconocidos para evaluar la actividad científica, como el Science Citation Index (SCI). La propia comunidad científica en colaboración con profesionales de la información a través de diversos foros internacionales, empiezan a proponer ciertas normas que el investigador debe seguir en el uso y difusión del documento electrónico. Sin embargo, nada de esto tiene sentido, si los organismos responsables de evaluar la actividad académica continúan aplicando los viejos y tradicionales esquemas de evaluación de la ciencia, los que generalmente producen un proceso regresivo, al considerar a la publicación y citas impresas como principales elementos de evaluación académica.

Bibliografía

- Academia Mexicana de Ciencias, 1999. *México frente a la era de la información*. Salvador Malo Álvarez y Mauricio Fortes Besprovani. – México: Academia Mexicana de Ciencias. 54 p.
- American Physical Society 2003. *Physcial Review and Physical Review Letters Index: including reviews of modern physics and physical re-view special topics-accelerators and beams*. USA.: The American Physical Society, iii-lxviii.
- Barrueco, J.M., y Krichel, T., 2000. Prepublicaciones: distribución centralizada vs. Descentralizada. Disponible en: <http://www.uv.es/~barrueco/ddt.pdf> . (June, 2002).
- Beaver, D., 2001. Feature report: reflections on scientific collaboration (and its study): past, present and future. *Scientometrics*. 52(3)365-377.
- Berners-Lee, T., 1990. World-Wide Web: Proposal for a HyperText project. Disponible en: <http://www.w3.org>. (September, 2002).
- Brown, C., 2002. The Evolution of preprints in the scholarly communication of physicists and astronomers. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 52(3):187-200.
- Brown, L.M.; Dresden, M. y Hoddeson, L., 1989. *Pions to quarks: particle physics in the 1950s*. New York: Cambridge University Press. 3-39.
- Caridad, M. y Méndez, E., 1999. Políticas de información existentes en la sociedad informal. En Caridad Sebastián, M. coordinador. *La sociedad de la información: política, tecnología e industria de los contenidos*. Madrid: Ramón Areces: Universidad Carlos III, 3-35.
- Cebrián, J., 2000. *La red*. 3ª ed. Barcelona, España: Cayfosa-Quebecor. Punto de lectura. 282 p.
- Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. Anuarios 1975-2001. México: CINVESTAV, 1975-2001. Varios volúmenes, varias paginaciones.

- Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, 1971. *Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional: 1971-1972*. México: CINVESTAV, 48-57.
- Close, F.; Marter, M. & Sutton, Ch., 1987. The particle explosion. New York: Oxford University Press, 239 p.
- Collazo-Reyes, F. & Luna-Morales, M.E., 2002. El síndrome Big Science y su influencia en el proceso de maduración de la física mexicana de partículas elementales, *Revista Española de Documentación Científica*, 24 (2002), No.4, 186-197.
- Collazo-Reyes, F. & Luna-Morales, M.E., 2002. Física mexicana de campos y partículas: organización, producción y crecimiento. *Interciencia*, 27 (2002) 347-353.
- Collazo-Reyes, F.; Luna-Morales, M.E. & Russell, J.M., 2004. Publication and citation patterns of the Mexican contribution to a Big Science discipline: Elementary Particle Physics. *Scientometrics*. 60(2) : 131-143.
- Contreras-Nuño, J.G. y Magaña, L., 2000. Mexican participation in the H1 experiment, A bit of history, a bit of physics. In Ayala, A.; Contreras, G. y Herrera, G. *Mexican Workshop: Particles and Fields (7a., Mérida, Yucatán, México, 10-17 Nov. 1999)*, 276-279.
- Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet, 2002. Internet2 en México: una infraestructura de banda ancha al servicio de la investigación y la educación superior. México: CUDI. Disponible en: <http://www.cudi.edu.mx> (October, 2002).
- Cotti-Gollini, U. y Zepeda-Domínguez, A., 1998. EL proyecto Pierre Auger: astropartículas y rayos cósmicos ultraenergéticos. *Avance y Perspectiva*. 17(mayo-junio): 131-139.
- Crane, D., 1972. *Invisible college: diffusion of knowledge in scientific communities*. Chicago: University Press, 22-40.
- Crawford, S.Y., 1996. Scientific communication and the growth of big science. In: S.Y. Crawford, J.M. Hurd, y C. Weller, editors. *From print to electronic: the transformation of scientific communication*. Medford, N.J.: American Society for Information Science: Information Today. 1-8.

- Chimal, C., 1993. Los nuevos cazadores de partículas: entrevista con tres de los cazadores de partículas en el Fermilab: Leon Lederman, John Peoples y Roy Rubinstein. *Avance y Perspectiva*. 12(marzo-abril).
- Chimal, C., 2001. New Scientist cumple 45 años. *Avance y Perspectiva*. 20(Mayo-Junio).
- Félix-Valdez, J. y Moreno-López, G., 2000. The University of Guanajuato Institute of Physics (IFUG). Leon Lederman, The Big Boss. In Ayala, A.; Contreras, G. y Herrera, G. *Mexican Workshop: Particles and Fields* (7a., Mérida, Yucatán, México, 10-17 Nov. 1999).
- Fernández, M.T.; Gómez, I. y Sebastián, J., 1998. La cooperación científica de los países de América Latina a través de indicadores bibliométricos. *Interciencia*. 23(6).
- Ferriols-Lisart, R.; Montañés-Pauls, B.; Moreno-Millares, A. y Ventura-Cerda, J.M., 2001. Artículos originales aplicados en farmacia hospitalaria: 1994-1999. Análisis del consumo de información. *Farmacia Hospitalaria*. 25(1).
- Finholt, T.A., 2002. Collaboratories. *Annual Review of Information Science and Technology* / Blaise Cronin editor.
- Flores, J., 2000. Origin of experimental high-energy physics at UNAM. in Mexico. In Ayala, A.; Contreras, G. y Herrera, G. *Mexican Workshop: Particles and Fields* (7a., Mérida, Yucatán, México, 10-17 Nov. 1999).
- García-González, A., 1996. Aprendizaje sobre la marcha: desarrollo del Departamento de Física (1963-1996). *Avance y Perspectiva*, 15(marzo-junio).
- Garvey, W.D. y Griffith, B.C., 1972. Communication and information processing with in scientific disciplines: Empirical findings for psychology. *Information Storage and Retrieval*. 8.
- Gessesse, K., 1994. Scientific communication, electronic access and document delivery: the new challenge to the science/engineering reference librarian. *International Information and Library Review*. 26.
- Gilmour, R. W., 2001. XML applications in the science. *Science and Technology Libraries*. 19(2).

- Ginsparg, P., 1994. First steps toward electronic research communication. *Computation in Physics*. 8.
- Ginsparg, P., 2000. Creating a global knowledge network. In *Freedom of Information Conference*. The impact of open access on biomedical research. (6-7 July: New York of Academy Medicine). Disponible en: <http://arxiv.org/blurb/pgolunesco.html>. (May, 2002).
- Glasner, P., 1996. From community to collaboratory? The Human Genome Mapping project and the changing culture of science. *Science and Public Policy*. 23(2).
- Gómez-Romero, P., 2000. ¿Se acabó la ciencia en el garaje? *El País*. 2000, Sep. 6.
- Heilbron, J.L. y Kevles, D.J., 1986. Finding a policy for mapping and sequencing the Human Genome: *Lesson from the history of Particle Physics*.
- Herrera-Corral, G. y Montaña-Zetina, L.M., 1998. Colaboración mexicana con el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares. *Avance y Perspectiva*. 178(noviembre-diciembre).
- , (1996). Cien años de descubrimientos en física de partículas elementales. *Avance y Perspectiva*. 158(julio-agosto).
- , 1993. Física experimental de altas energías. *Avance y Perspectiva*. 12(marzo-abril). Herrera-Corral, G., 1993. Física experimental de altas energías: presentación. Un nuevo campo de investigación se abre a los físicos mexicanos-la física experimental de altas energías-a través de colaboraciones internacionales en los grandes laboratorios de partículas como Fermilab, el CERN y el SSC. *Avance y perspectiva*. 12(marzo-abril):.
- , 1994. Física experimental de altas energías: presentación. Un nuevo campo de investigación se abre a los físicos mexicanos-la física experimental de altas energías-a través de colaboraciones internacionales en los grandes laboratorios de partículas como Fermilab, el CERN y el SSC. *Avance y perspectiva*. 12(marzo-abril).
- , 2000. Leon M. Lederman y the High Energy Physics in Mexico. In Ayala, A.; Contreras, G. y Herrera, G. *Mexican Workshop: Particles and Fields* (7a., Mérida, Yucatán, México, 10-17 Nov. 1999).

- Hurd, J.M., 1996. Models of science communications systems. In: S.Y. Crawford, J. M. Hurd, y C.Weller, editors. From print to electronic: the transformation of scientific communication. New Jersey: American Society for Information Science: *Information today*.
- Hurd, J.M., 2000. The Transformation of scientific communication: A model for 2020. *Journal of the American Society for Information Science*. 51(14).
- Institute for Scientific Information. 2002. Journal Citation Reports 2002: a bibliometric análisis of science journals in the ISI Database. Philadelphia, EUA: ISI, 116 p.
- Instituto Politécnico Nacional. *Anuario 1999 de Investigación y Posgrado*. México: IPN. Coordinación General de Posgrado e Investigación., 1999. 361 p.
- Kanellopoulos, L. y Steele, C., 2001. Eprint repositories: the future of scholarly communication. Disponible en: <http://www.vala.org.au/vala2002/2002pdf/14KanSte.pdf>. (May, 2001).
- Katz, J.S. y Martin, B.R., 1997. What is research collaboration? *Research Policy*, 26.
- King, R.; Mckim, G.; Fortuna, J. y King, A., 2000. Scientific laboratories as socio-technical interaction networks: a theoretical approach. *Computer Supported Cooperative*. (December)1-10.
- Konigsberg-Levy, J., 2005. Cacería de quarks. *Ciencia*, 56 (1).
- Kreitz, P.; Barnett, M., 1997. Databases and international collaboration. *Beam Line*. 27(4).
- Lafuente-López, R., 1999. Biblioteca digital y orden documental. México: UNAM. CUIB, 100 p. Serie Monografías; 27.
- Lancaster, F.W., 1978. *Toward Paperless Information Systems*. New York: Academic Press, 179.
- Langer, J., 1996. Physics in the new era of electronic publishing. Disponible en: *Physics Today on line*. <http://www.aip.org/pt/vol-53/iss-8/p35.html> (May, 1996).
- Launius, R.D., 2002. Sputnik and the origins of the space age. Disponible en: <http://history.nasa.gov/sputnik/sputorig.html>

- Levy, P., 2000. Cyberculture.
<http://www.mcxapc.org/lectures/18-11.htm>. (June, 2000).
- Lewis, P., 2003. Big Science. Disponible en:
<http://www.horuspublications.com/guides/S1106.html>. (January, 2003).
- Licea de Arenas, J., 1985. Las publicaciones en la ciencia. *Ciencia Bibliotecaria*. (1).
- Licklider, J.C.R., 1965. Libraries of the Future. Cambridge, Mass.: MIT Press, 219 p.
- Lynch, C., 1993. The transformation of scholarly communication and the role of the library in the age of networked communication. *Serials Librarian*, 23 (3).
- Manuel, K., 2001. The place of e-prints in the publication patterns of physical scientists. *Science & Technology Libraries*. 20(1).
- Martinson, A., 1983. *Guía para la redacción de artículos científicos destinados a la publicación*. – 2ª ed. – París: UNESCO, 13 p.
- McKinley, T., 1997. *Traslade sus documentos del papel a Web: cómo acceder instantáneamente a la información*. México: Prentice Hispanoamericana, 308 p.
- Meadows, A.J., 1974. *Communication in science*. London: Butterworths, 248 p.
- –, 1998. *Communicating research*. San Diego, Cal.: Academic Press, 264 p.
- Menchaca-Rocha, A., 2001. El discreto encanto de las partículas elementales. 2ª ed. México: SEP: FCE: CONACYT. La ciencia para todos; 68. 127 p.
- Méndez-Rodríguez, E.M., 1999. Globalización de la información. En Caridad Sebastián, M. coordinador. *La sociedad de la información: política, tecnología e industria de los contenidos*. Madrid: Ramón Areces: Universidad Carlos III.
- Merton, R.K., 1957. Social theory and social structure. New York: The Free Press, 645 p.
- Mondragón, A., 2003. Los inicios de la física de partículas y campos en el IFUNAM. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*. 17(3).

- Moravcsik, M.J., 1989. The contemporaneous assessment of a big science discipline. In *The Evaluation of scientific research*. Chichester, London: Wiley; Ciba Foundation Conference, 1989.
- National Academy Press, 1997. Trends and issues in information technology. In *Bits of Power: issues in global access to scientific data*, 30 p.
- Nelson, T.H., 1988. Managing immense storage. *Bite* (January).
- Newman, M.E.J., 2001a. Clustering and preferential attachment in growing networks. *ArXiv:cond-matter/0104209*. v1.
- , 2001b. Scientific collaboration networks. I. Network construction and fundamental results. *Physical Review E*.
- Newman, M.E.J., 2001c. Scientific collaboration networks. II. Shortest paths, weighed networks, and centrality. *Physical Review E*.
- , 1999a. La revolución de la World Wide Web. En Caridad Sebastián, M. coordinador. *La sociedad de la información: política, tecnología e industria de los contenidos*. Madrid: Ramón Areces: Universidad Carlos III.
- , J.T., 1999b. Los usos básicos de Internet. Servicios y aplicaciones. En Caridad Sebastián, M. coordinador. *La sociedad de la información: política, tecnología e industria de los contenidos*. Madrid: Ramón Areces: Universidad Carlos III.
- O'Connell, H.B., 2002. Physicists thriving with paperless publishing. *ArXiv:physics/0007040*. 2(August).
- Panofsky, W.K.H., 1999. Physics and government: physicists advice to the US government, and the government's support of physics research, have seen many changes in this century most dramatically after World War II. *Physics Today*, (March).
- Pérez-Angón, M.A. & Torres-Vega, G., 1993. Situación de la física mexicana: 1988-1992. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*. (7/3).
- , 1994. Retos y perspectivas de la física mexicana de 1989-1993. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*. (8/3).
- , 1998. La Física mexicana en perspectiva: 1986-1996. *Interciencia*, 23(3).
- , 1986. 25 años de Física en el CINVESTAV. *Avance y Perspectiva*. 15(25).

- Pérez-Angón, M.A. & Torres-Vega, G., 2005. ¿Cuál es el origen de la masa? *Ciencia*, 56(1).
- Pessanha, Ch., 1998. Criterios editoriales para la evaluación científica: notas para la discusión. En *Seminario Sobre la Evaluación de la Producción Científica* (San Paulo, Brasil, 4-6 Marzo), 4 p.
- Pickering, A.R. y Trower, E.P., 1985. Sociological problems of high-energy physics. *Nature*, 318(21).
- Powell, R.R., 1991. *Basic Research Methods for librarians*. 2da. ed. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporations. 204 p.
- Price, D., 1963. *Little science Big Science*. — New York: Columbia University Press, 118 p.
- Ramalho-Correia, A.M. y Castro-Net, M., 2002. The role of eprint archive in the access to, and dissemination of, scientific grey literature: LIZA-a case study by the National Library of Portugal. *Journal of Information Science* 28(3).
- Rechenberg, H., 1989. The early S-matrix theory and its propagation (1942-1952). In: L.M. Brown, M. Dresden y L. Hoddeson, editors. *Pions to quarks: particle physics in the 1950s: Bades a Fermilab Symposium*. New York: Cambridge University Press.
- Requena, J., 1996. Ciencia y técnica nacional: avala un mejor futuro. *Revista Electrónica Bilingüe*. (10). Disponible en: <http://www.analitica.com/archivo/vam1996.11/cienci1.html>. (Octubre, 2003)
- Rider, F., 1994. *The scholar and the future of the research library*: New York: Hadham Press. 236 p.
- Rosen, S.P., 1997. *International cooperation: the sine Qua non for the future of high energy physics*. Beam Line, (winter).
- Russell, J.M., 2001. Scientific communication at the beginning of the twenty-first century. *International Social Science Journal*. 168 (June).
- Salomón, J. J., 2001. Modern science and technology. Disponible en: <http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/uu09ue/uu09ue07.html> p. 1-8 (June, 2002).

- Schmit, J.P., 2001. Workshop on the open archives initiative (OAI) and peer review journals in Europe: a report. Disponible en: <http://library.cern.ch/HEPLW/4/report>, (June, 2002).
- Segal, B., 1995. A short history of Internet protocols at CERN. In CERN document. Disponible en: <http://wwwcn.cern.ch/pdp/ns/ben/TCPHIST.html>. (July, 2002).
- Sociedad Mexicana de Física, 1996. Informe de actividades 1994-1996 de la división de partículas y campos (DPC-SMF). *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*. 10-3: 157-160.
- Sociedad Mexicana de Física; Federación Latinoamericana de Sociedades de Física. *Catálogo Iberoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física: 1997-2001*. Varios volúmenes, varias paginaciones.
- Trench, B., 2002. La información científica de Europa: de la comparación a la crítica /science reporting in Europe: from comparison to critique. Disponible en: <http://www.imim.es/quark/nmy13/013020.html>. (Sep, 2002)
- Vizcaíno-Sahagún, C., 1991. *Redes, integración corporativa*. Pc/Tips (June).
- Watts, D.J. y Strogatz, S.H., 1998. Collective dynamics of small-world networks. *Nature*. 393.
- Weinberg, A.M., 1961. Impact of large-scale science on the United States. *Science*, 134(July).
- Wertman, E.R., 1999. Electronic preprint distribution: a case study of physicists and chemists at the University of Maryland. – Northern Virginia: Virginia Polytechnic Institute.
- White, B., 1998. The World Wide Web and High-Energy physics. *Physics Today*. (Nov.).
- Wouters, P., 2002. Debate in science channel. Disponible en: <http://www.imim.es/quark/num14/04016.htm>. (May, 2002).
- Youngen, G.K., 2002. Citation patterns to electronic preprints in the astronomy and astrophysics literature. Disponible en: <http://www.stsci.edu/stsci/meetings/lisa3/youngeng.html>. (August, 2002).

- Zepeda-Domínguez, A., 1998. La Física de partículas elementales en México. *Foros: diagnóstico de la física en México*. México; Academia Mexicana de Ciencias: Presidencia de la República; CONACYT.
- Zepeda-Domínguez, A., 2000. The Pierre Auger Observatory. In Ayala, A.; Contreras, G. y Herrera, G. *Mexican Workshop: Particles and Fields* (7a., Mérida, Yucatán, México, 10-17 Nov. 1999).

Apéndice 1

El uso de nuevas tecnologías de información por parte de investigadores mexicanos del área de partículas elementales

El desarrollo de las telecomunicaciones, en particular Internet y la integración de sistemas electrónicos basados en el uso del e-print, está dando lugar a nuevas formas de comunicación entre científicos. Estas formas son desarrolladas y promovidas principalmente por las disciplinas Big Science como la física de partículas elementales, que han conducido al desarrollo de novedosos sistemas de información electrónica como es el caso de ARXIV.com, FERMI LAB y SPIRES-HEP.

Con este cuestionario, se pretende analizar los cambios que las nuevas tecnologías de información están produciendo en la comunidad mexicana especializada en esta área en los siguientes aspectos: acceso a la información especializada, publicación de resultados científicos, validación y evaluación del conocimiento científico

Agradezco el tiempo dedicado a responder este cuestionario, cuyos resultados son realmente valiosos para concluir el proyecto de investigación de tesis de maestría en bibliotecología y estudios de la información, que en conjunto ofrecen la Facultad de Filosofía y Letras y el Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas de la UNAM.

Para una mejor organización de los resultados, el cuestionario está dividido en cinco secciones:

- (1) Datos personales
- (2) Acceso a la información especializada
- (3) Publicación de resultados científicos
- (4) Validación del conocimiento científico
- (5) Evaluación del conocimiento científico

Sección 1 - Datos personales

Por favor conteste las preguntas siguientes escribiendo sobre la línea punteada.

Nombre y apellidos: _____ Edad (años cumplidos): _____

Sexo: _____ Área de investigación que desarrolla: _____

Tipo de investigación (Teórica / experimental) _____

Máximo grado académico: _____

Institución de adscripción: _____

Departamento de adscripción: _____

Categoría laboral: _____

Categoría dentro del Sistema Nacional de Investigadores: _____
Antigüedad en la investigación: _____

Sección 2 - Acceso a la información especializada

Elija en una escala de 0 a 10; donde, 0 es ninguno o nada y 10 el valor máximo.
Elija entre 0% y 100%; donde, 0% representa ninguno y 100% el valor máximo.
Remarque, subraye o cambie el color de la fuente en las preguntas de selección.
Responda a las preguntas abiertas escribiendo sobre la línea punteada.

- 2.1 ¿Qué valor otorga al e-print (preprint en formato electrónico) como medio de acceso a la información en apoyo a su trabajo de investigación y/o estudios?
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
- 2.2 ¿Con qué frecuencia accede a servidores de archivos e-print (servidores de preprints electrónicos), como una forma de llegar a la información científica? (Elija solo una opción)
No. veces por día _____
No. veces por semana : _____
No. veces por mes _____
No. veces por año _____
- 2.3 ¿Qué porcentaje de sus necesidades de información cubre con servidores de archivos e-print?
0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%
- 2.4 ¿Con qué frecuencia accede a revistas electrónicas como medio de acceso a la información científica? (Elija solo una opción)
No. veces por día _____
No. veces por semana _____
No. veces por mes _____
No. veces por año _____
- 2.5 ¿Qué porcentaje de sus necesidades de información cubre con las revistas electrónicas?
0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%
- 2.6 ¿Qué sistema de archivos e-print resuelve de mejor manera las necesidades de información que requiere su trabajo de investigación y/o estudios? (Favor de enumerarlos en orden de prioridad)
arXiv.org e-Print server _____

El uso de nuevas tecnologías de información y comunicación científica ...

Fermilab preprint server _____

SPIRES-HEP _____

CERN-Library _____

DESY-library _____

Otros. Especifique: _____

2.7 ¿Con que frecuencia recurre a la biblioteca para obtener información? (Elija solo una opción)

No. veces por semana _____

No. veces al mes _____

No. veces cada 2 meses _____

No. veces cada 6 meses _____

No. veces al año _____

Nunca (Sí, ésta es su respuesta, por favor pase a la pregunta 2.10)

2.8 Generalmente acude a la biblioteca porque requiere información que le ayudará a: (Favor de enumerarlos en orden de prioridad):

Apoyar investigación _____

Apoyar estudios _____

Apoyar cursos, seminarios, etc. _____

Otras, especifique: _____

2.9 ¿Qué porcentaje de sus necesidades de información cubre con los fondos (bibliográficos y hemerográficos) de la biblioteca?

0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%

2.10 Con el desarrollo de servidores e-print y los cambios en el proceso de la comunicación científica, ¿Qué opina usted del futuro de la biblioteca tradicional especializada?

Sección 3 - Publicación de resultados científicos

3.1 ¿Qué porcentaje de sus investigaciones da a conocer a través de servidores de archivos e-print?

0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%

3.2 ¿Que tipo de material publica con mayor frecuencia a través de servidores de archivos e-print? (Por favor enumérelos en orden de prioridad)

Preprints _____

Artículos en revista _____

Congresos _____

Tesis _____

Reportes técnicos _____

Otros. Especifique: _____

- 3.3 Señale en orden de prioridad, los sistemas electrónicos que prefiere para dar a conocer nuevos resultados de investigación.

arXiv.org e-Print server _____

Fermilab preprint server _____

CERN-Library _____

DESY-library _____

Otros. Especifique: _____

- 3.4 Indique los sitios electrónicos de los que usted tiene clave de acceso para publicar resultados de Investigación (Enumere los en orden de prioridad)

arXiv.org e-Print server _____

Fermilab preprint server _____

CERN-Library _____

DESY-library _____

Otros. Especifique: _____

- 3.5 ¿Usted, ha sometido documentos e-print a otros servidores electrónicos, fuera de su área de investigación?

SÍ - ¿en qué servidores?. Especifique _____

NO - Especifique, ¿por qué? _____

- 3.6 Envía usted en forma paralela el mismo documento a servidores de archivos e-print y, a revistas científicas para su publicación?

GENERALMENTE A VECES NUNCA

- 3.7 ¿Cuáles son las revistas científicas que usted prefiere para publicar sus resultados de investigación? (Por favor escriba los cinco principales títulos)

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

3.8 ¿Las revistas preferidas por usted para publicar sus trabajos de investigación, permiten referencias a documentos e-print?

SÍ - Por favor, describa brevemente las instrucciones establecidas por la revista para aceptar referencias de e-print

NO - Por favor describa ¿por qué piensa usted que la revista no acepta las referencias de e- print?

OTRO – La revista no tiene una política formal con respecto al uso de referencias de e-print.

Sección 4 - Validación del conocimiento científico

4.1 ¿Qué valor le da usted a un artículo científico como instrumento en el proceso de validación de la ciencia?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

4.2 ¿Qué valor le da usted al e-print como instrumento en el proceso de la validación de ciencia?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

4.3 Para efectos de validación de la ciencia, ¿qué valor le otorga usted a la cita tradicional hecha en una revista impresa?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

4.4 Para efectos de validación de a ciencia, ¿qué valor le otorga usted a la cita electrónica?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

4.5 ¿Qué porcentaje de las referencias incluidas en sus artículos corresponden a documentos e-print?

0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%

Sección 5 - Sistemas de evaluación científica

5.1 ¿Comparte usted la idea de que sólo las citas que aparecen en trabajos arbitrados tienen validez científica?

SÍ NO

Cualquiera que sea la respuesta, indique ¿por qué?: _____

5.2 ¿Qué opina usted del sistema de información bibliográfico/bibliométrico SPIRES-HEP?

Muy bueno Bueno Regular Malo Muy malo

5.3 ¿Considera usted que SPIRES-HEP debe ser aceptado por los organismos responsables de evaluar la actividad científica como una herramienta de validación en el área?

SI NO

Cualquiera que sea su respuesta, indique ¿por qué? _____

5.4 ¿En qué porcentaje se apoya usted de SPIRES-HEP para evaluar su actividad científica?

0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%

5.5 ¿Apoyaría usted actividades tendientes a fortalecer el reconocimiento de la citas electrónicas registradas en sistemas como SPIRES-HEP?

SI NO

En caso afirmativo, señale por favor cómo: _____

Si contesta negativamente, indique por qué: _____

5.6 ¿Qué ventajas detecta usted en el sistema SPIRES-HEP con respecto a Science Citation Index (SCI)?

5.7 ¿Qué desventajas detecta usted en el sistema SPIRES-HEP con respecto a Science Citation Index (SCI)?

Agradezco cualquier comentario adicional.

Gracias por su colaboración

Apéndice 2

Abreviaturas de instituciones

BNL	Brookhaven National Laboratory
BUAP	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
CERN	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire. Actualmente conocido como: Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire, o European Organisation for Nuclear Research
CINVESTAV-DF	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados - Departamento de Física
CINVESTAV-UM	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados - Unidad Mérida
DESY	Deutsches Elektronen Synchrotron.
FERMILAB	Fermi National Accelerator Laboratory.
IPN-ESFM	Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Físico Matemáticas
UAEH	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
UAEMo	Universidad Autónoma del Estado de Morelos
UASLP	Universidad Autónoma de San Luis Potosí
UANL	Universidad Autónoma de Nuevo León
UAZ	Universidad Autónoma de Zacatecas
UAS	Universidad Autónoma de Sinaloa
UC	Universidad de Colima
Uson	Universidad de Sonora
Ugto	Universidad de Guanajuato
UIA	Universidad Ibero Americana
UMSNH	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
UNAM-ICN	Universidad Nacional Autónoma de México – Instituto de Ciencias Nucleares
UNAM-IF	Universidad Nacional Autónoma de México – Instituto de Física
UPR	Universidad de Puerto Rico
UV	Universidad Veracruzana

Apéndice 3

Glosario de términos usados

- ❖ **aceleración:** Ritmo al que cambia la velocidad de un objeto.
- ❖ **acelerador de partículas:** Máquina que, empleando electroimanes, puede acelerar partículas cargadas en movimiento, dándoles más energía.
- ❖ **aceleradores:** Pueden ser lineales o circulares, proporcionan energía de movimiento a las partículas.
- ❖ **Big Bang:** La singularidad en el principio del universo.
- ❖ **Big Physics:** La gran física; Física grande.
- ❖ **Big Science:** La ciencia de los laboratorios a gran escala.
- ❖ **Bigger Science:** Lo más grande de las investigaciones a gran escala.
- ❖ **colaboratorio:** Del inglés *collaboratory* es un híbrido de colaboración y laboratorio.
- ❖ **collaboratory:** Es un híbrido de colaboración y laboratorio.
- ❖ **colaboración científica:** Trabajo conjunto entre investigadores para desarrollar objetivos comunes a fin de generar nuevos conocimientos.
- ❖ **e-print:** Preprint en formato electrónico. Del inglés *electronic preprint*.
- ❖ **eV:** Electro-Voltio.
- ❖ **FMPE:** Física Mexicana de Partículas Elementales.
- ❖ **FPE:** Física de Partículas Elementales.
- ❖ **GeV:** Giga-Electro-Voltio.
- ❖ **HTML:** Hyper Text Markup Language.
- ❖ **HTTP:** Hyper Text Transport Protocol.
- ❖ **Hiper-documento:** Vinculación entre diferentes textos electrónicos. Texto diseñado para una lectura no secuencial.
- ❖ **JCR:** Journal Citation Reports.
- ❖ **MeV:** Mega-Electro-Voltio.
- ❖ **PACS:** Physics and Astronomy Classification Scheme.
- ❖ **PE:** Partículas Elementales.
- ❖ **preprint:** Documento previo a la publicación en una revista científica.
- ❖ **quark:** Partícula elemental (cargada) que siente la interacción fuerte. Protones y neutrones están compuestos cada uno por tres quarks.
- ❖ **servidor e-print:** Servidor de archivos de preprints electrónicos.
- ❖ **SGML:** Generalized Markup Language.
- ❖ **SLAC:** Stanford Linear Accelerator Centre.
- ❖ **TCP/IP:** Transmisión Control Protocol/Internet Protocolo.
- ❖ **TeV:** Tera-electro-voltio
- ❖ **XML:** Extensible Markup Lenguaje.

El uso de nuevas tecnologías de información y comunicación científica en el área de partículas elementales: el caso de la física mexicana. La edición consta de 300 ejemplares. Coordinación editorial, Zindy E. Rodríguez Tamayo. Formación editorial, Carlos Ceballos Sosa. Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas. Fue impreso en papel cultural ahuesado de 90 gr. en los talleres de Producciones Editoriales Nueva Visión, ubicados en Juan A. Mateos, número 20, Col. Obrera, México D. F. Se terminó de imprimir en el mes de diciembre de 2009.