

01053



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE BIBLIOTECOLOGÍA

EL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN POR
INVESTIGADORES MEXICANOS DEL AREA DE FÍSICA DE PARTICULAS
ELEMENTALES.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN BIBLIOTECOLOGÍA Y ESTUDIOS DE LA INFORMACIÓN

Presenta:

MARIA ELENA LUNA MORALES

Director de tesis:

DRA. JANE M. RUSSELL BARNARD



México, D.F. abril del 2004.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradezco:

A mi directora de tesis:

La Dra. Jane Russell, porque gracias a su paciencia y entusiasmo se convirtió en una excelente guía para el desarrollo de esta tesis.

A los Doctores en física:

Miguel Angel Pérez Angón, por la información proporcionada sobre la plantilla académica del área, la solución a dudas relacionadas con el tema, el apoyo incondicional durante la aplicación de encuestas, y sus comentarios sobre el trabajo de investigación.

Heriberto Castilla, Arnulfo Zepeda, Humberto Cotti y Luis Manuel Villarreal, por la ayuda que de diferentes maneras recibí de cada uno de ellos.

A mi colega:

Francisco Collazo, por sus comentarios y consejos sobre la tesis.

A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en el desarrollo de esta investigación.

A los físicos mexicanos del área de Partículas y Campos, por la comprensión, motivación, interés y apoyo que me brindaron a través de los comentarios adicionales de la encuesta.

A MI FAMILIA POR LA COMPRENSION Y APOYO INCONDICIONAL.

**A MI HERMANA, A QUIEN EL DESTINO LE NEGÓ LA OPORTUNIDAD DE REALIZAR SUS
SUEÑOS.**

TABLA DE CONTENIDO

Lista de figuras y cuadros por capítulo	iii-iv
Abreviaturas de instituciones	v
Glosario de términos usados en este trabajo	vi-vii
Resumen	viii-ix
Introducción general	x-xiii

CAPITULO I

La Comunicación científica

1.1. Introducción	1-3
1.2. Rol central de la revista en la comunicación científica	3-6
1.3. Comunicación científica y desarrollo tecnológico	7
1.3.1. Auge tecnológico	7-8
1.3.2. Nacimiento de Internet	8-13
1.3.3. Hyper-documento	14-17
1.4. Cambios en la comunicación científica	17-22
1.4.1. Rol del e-print en el área de la física	22-25
1.4.2. Nacimiento de los servidores e-print	25-29
Referencias citadas	30-34

CAPITULO II

Disciplinas *Big Science*

2.1. Introducción	35-38
2.2. Características de las <i>Big Science</i>	38-42
2.3. Aceleradores de partículas	42-45
2.4. Colaboratorios y redes de colaboración científica	45-50
Referencias citadas	51-53

CAPITULO III

Física de Partículas Elementales (FPE)

3.1. Introducción	54-56
3.2. Física Mexicana de Partículas Elementales (FMPE)	57-59
3.3. Incorporación de la FMPE al área experimental (<i>Big Science</i>)	60-63
Referencias citadas	64-65

CAPITULO IV

Apropiación de las tecnologías de información por investigadores mexicanos del área de partículas elementales

4.1.	Introducción	66-67
Procedimientos		
4.2.	Fuentes de información	68
4.3.	Metodología	68-69
4.3.1.	El cuestionario	70
4.3.2.	Validación del instrumento (el Test)	70
4.3.3.	Aplicación de encuestas	71
4.3.4.	Organización y vaciado de respuestas	72
4.3.5.	Tratamiento estadístico de los resultados	72
4.3.6.	El sistema SPIRES-HEP	72-73
Resultados		
4.4.1.	Características de la comunidad FMPE	74
4.4.1.2.	Plantilla académica	74-77
4.4.2.	Promedios de edad de la comunidad científica	77-80
4.4.3.	Reconocimiento en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI)	80-82
4.4.4.	Antigüedad de la comunidad FMPE en la investigación	82-83
4.4.5.	Acceso a la Información especializada en el área	83-87
4.4.6.	Publicación de resultados de investigación	88-93
4.4.7.	Validación del conocimiento científico	93-96
4.4.8.	Sistemas de evaluación científica	96-98
4.4.9.	Participación de la FMPE en SPIRES-HEP	98-100
4.10.	Discusión	101-108
4.11.	Conclusiones	109-111
	Referencias	112
Anexo 1. Lista de investigadores mexicanos en el área de partículas y campos		
		xiv-xvi
Anexo 2. Cuestionario		
		xvii-xxii

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS POR CAPITULO

CAPITULO I.

Figura 1-1.	Traditional Garvey & Griffith	6
Figura 1-2.	A Modernized Garvey/Griffith Model	20
Figura 1-3.	No-Journal Model	21
Figura 1-4.	Unvetted Model	22
Figura 1-5.	Collaboratory Model	23
Figura 1-6.	Modelo de comunicación científica: un punto de vista a futuro	27

CAPITULO II.

Figura 2-1.	Comportamiento de la información a través de los colaboratorios	47
Cuadro 2-1.	Razones que conducen a un científico a colaborar	49

CAPITULO III.

Cuadro 3-1.	Ramificación de la física de acuerdo con JCR y PACS	56
Cuadro 3-2.	Instituciones mexicanas con programas de formación en física de Partículas Elementales	59

CAPITULO IV.

Cuadro 4-1.	Ubicación de los físicos mexicanos del área de Partículas Elementales por estados, instituciones y centros de investigación	75
Cuadro 4-2.	Físicos mexicanos doctorados directamente en aceleradores de partículas	77
Cuadro 4-3.	Revistas preferidas por la comunidad científica para publicar resultados de investigación en forma impresa.	93
Cuadro 4-4.	Participación científica de la FMPE a través de SPIRES-HEP: 1971-2001.	99
Cuadro 4-5.	Participación de la FMPE en proyectos de colaboración internacional, vista a través del sistema SPIRES-HEP.	100
Figura 4-1.	Promedios de edad de la comunidad física mexicana del área de Partículas Elementales.	78
Figura 4-2.	Representación gráfica de las edades de los físicos mexicanos de Partículas Elementales a través de un diagrama de caja.	79
Figura 4-3.	Dinámica del crecimiento de doctorados en la FMPE	80
Figura 4-4.	Investigadores del área de Partículas Elementales en el SNI	81
Figura 4-5.	Promedios de edad de los investigadores y su reconocimiento en el SNI	82

Figura 4-6.	Físicos mexicanos del área de Partículas Elementales y su antigüedad en la investigación.	83
Figura 4-7.	Acceso a la información a través de tres fuentes distintas: e-print, revistas electrónicas y bibliotecas especializadas	84
Figura 4-8.	Preferencia de información proveniente de tres diferentes fuentes de información: e-print, revistas electrónicas y bibliotecas especializadas.	85
Figura 4-9.	Correlación entre uso de servidores e-print y promedios de edad de la comunidad científica	86
Figura 4-10.	Clasificación de servidores e-print, según como resuelven las necesidades de información de los investigadores	87
Figura 4-11.	Publicación de resultados de investigación vía e-prints	88
Figura 4-12.	Preferencias en el tipo de material a publicar vía servidores e-print	89
Figura 4-13.	Servidores e-print preferidos para publicar	90
Figura 4-14.	El documento impreso y electrónico como herramientas de evaluación científica	94
Figura 4-15.	La cita tradicional y electrónica como elementos de evaluación científica	95
Figura 4-16.	Porcentaje de referencias e-print incluidas en los trabajos publicados por investigadores teóricos y experimentales	96
Figura 4-17.	SPIRES-HEP como herramienta de apoyo en la evaluación científica	98

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 Fisico Matemáticas
SLAC	Stanford Linear Accelerator Centre
SPIRES-HEP	Stanford Public Information Retrieval System – High Energy Physics
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

GLOSARIO DE TERMINOS USADOS EN LA INVESTIGACION

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 <i>collaboratory</i> 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 <i>electronic preprint</i> .
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.
Hyper-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:	Particula 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 Protocol.
XML:	Extensible Markup Lenguaje.

RESUMEN

Los antecedentes teóricos e históricos referidos en la presente investigación dan muestra de los cambios tan espectaculares ocurridos en la comunicación científica, provocados principalmente por las necesidades de información y el progreso tecnológico producido por las grandes colaboraciones científicas internacionales, mejor conocidas como disciplinas *Big Science*, en las que científicos mexicanos empiezan a incursionar a través de la física de partículas elementales. Esto generó la idea de la presente investigación, enfocada principalmente a caracterizar la participación de estos investigadores en un ambiente *Big Science*, sobre todo a partir de aspectos como los siguientes: (a) uso y aprovechamiento de documentos electrónicos, en particular el preprint electrónico (e-print), y la revista científica con acceso a texto-completo; (b) la publicación por parte de investigadores mexicanos, directamente en servidores de archivos e-print, en especial los registrados en el sistema Stanford Public Information Retrieval System – High Energy Physics (SPIRES-HEP); (c) advertir a las bibliotecas sobre las nuevas modalidades que estos científicos están encontrando para llegar a la información especializada. El estudio se apoyó del diseño y aplicación de un cuestionario que permitió caracterizar a la comunidad científica en el área de física de partículas elementales. Para identificar la colaboración e integración de estos científicos en el nuevo esquema de comunicación científica, basado en el uso y distribución de resultados de investigación vía sistemas e-print, se utilizó SPIRES-HEP a través del cual se determinó la producción científica del grupo estudiado. El análisis estadístico descriptivo de las respuestas y opiniones del cuestionario, guiaron a las siguientes y principales contribuciones del estudio: la comunidad estudiada tiene preferencia por los servidores e-print, tanto para mantenerse actualizados como, para dar a

conocer nuevos resultados de investigación, que resuelven entre el 80% y el 90% de las necesidades de la comunidad. Los servidores arXiv y SPIRES-HEP son los sistemas de mayor preferencia entre la comunidad científica, sobre todo este último, categorizado por la comunidad como de los mejores en el área, por las ventajas que ofrece en la consulta y acceso a la información, además de los indicadores bibliométricos que proporciona para los documentos registrados. Por último, aunque la comunidad científica está totalmente integrada al uso de las tecnologías de información, y forma parte del nuevo modelo de comunicación científica, concluyó que el documento impreso y la cita tradicional, siguen siendo elementos preferidos para valorar la investigación científica. Esto último, acorde con el esquema de evaluación aplicado por los organismos responsables de evaluar y apoyar la ciencia en nuestro país.

INTRODUCCION GENERAL

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 jóvenes con inquietudes en la investigación de tipo experimental, que posibilita para los mismos la adquisición de un nuevo perfil científico que gira en torno a la industrialización tecnológica, y el acceso a redes de colaboración científica. Así mismo, es determinante la visibilidad que como grupo de investigación lograrían, estando presentes en las grandes colaboraciones con posibilidades de arribar a descubrimientos de envergadura a nivel internacional, como los que se producen en las grandes ciencias. Esta situación se aplica sobre todo a la física de partículas elementales, que está identificada como una de las disciplinas *Big Science* mejor constituidas. Debido a las condiciones en que se desarrollan, integradas principalmente a una nueva forma de hacer ciencia y socializar el conocimiento científico, dando origen a novedosos sistemas de información y publicación de resultados de investigación, desarrollados por la propia comunidad científica, con el fin de resolver necesidades inmediatas de información entre grupos y colegas del área.

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

Las *Big Science*, o *Big Physics* como algunos autores le llaman, tienen sus antecedentes a partir del desarrollo de los primeros aceleradores de protones en el mundo, en 1930; sin embargo, el proceso de evolución de esta disciplina se aceleró a nivel mundial cuando se

inició en 1960 una segunda generación en el perfeccionamiento de los aceleradores y detectores de partículas, sobre todo en el diseño, estructura y velocidad en la aceleración de las partículas. Este fenómeno se reproduce nuevamente durante la última década del Siglo XX, cuando surgen nuevas necesidades en el progreso de los aceleradores, 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 nuevas formas de hacer ciencia, mismas que cambiaron radicalmente sus estructuras básicas y 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 fundamentos que permitieron crear el concepto de ciencia a gran escala, o *Big Science*. Hoy están caracterizadas por los cambios que las mismas 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, si no 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 desarrolló el primer sistema electrónico de información científica que

integra como elementos principales y novedosos la reutilización del preprint pero, 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 SLAC, CERN, DESY, FERMILAB e institutos de física en el mundo, están desarrollando bases de datos electrónicas, según los principios de Ginsparg. Dichos sistemas son los que actualmente utilizan los físicos del área de partículas y campos para cubrir sus necesidades de información, sobre todo el sistema SPIRES-HEP, que además de integrar información bibliográfica, también ofrece indicadores bibliométricos sobre la literatura científica registrada en el mismo.

Esta nueva dinámica de acceso y publicación de resultados de investigación desarrollada por los físicos, provocó serios cambios en el sistema formal de comunicación científica. En especial dio lugar a un proceso informal de comunicación entre científicos, basado principalmente en el intercambio de e-prints, sin dejar de cumplir con el aspecto formal de comunicar en la ciencia, caracterizado por la revisión del documento antes de su publicación.

Con estos antecedentes se originó el presente trabajo de investigación de tesis, cuyos objetivos son: (1) Identificar la participación del grupo de físicos mexicanos del área de partículas elementales en el uso de nuevas tecnologías de información; (2) Advertir a las bibliotecas especializadas sobre las bases documentales y herramientas bibliográficas, a las que están recurriendo los físicos del área de partículas elementales para satisfacer sus necesidades de información; (3) Determinar la participación del grupo mexicano del área de partículas elementales en los nuevos esquemas de comunicación científica, a través de la cuantificación de la producción científica registrada en el sistema SPIRES-HEP.

Se parte de la siguiente hipótesis general: “las nuevas tecnologías de información juegan un papel integral en las formas de hacer ciencia de la comunidad de investigadores mexicanos del área de partículas elementales”.

La investigación partió de algunos cuestionamientos relacionados principalmente, con el papel que los físicos mexicanos del área de partículas elementales están desarrollando en un ambiente *Big Science*. En particular fue de interés responder a las siguientes inquietudes: ¿cómo se están utilizando las nuevas tecnologías de información?, ¿cómo y para qué usan los fondos documentales de las bibliotecas?, ¿cuál es su producción vista a través del sistema bibliográfico y bibliométrico, SPIRES-HEP?, y ¿de qué manera estos investigadores están participando en el nuevo ambiente de comunicación científica?. Lo anterior llevó a plantear una metodología que respondiera a las preguntas. De esta manera, seguimos un procedimiento metodológico basado, principalmente, en el diseño y aplicación de un cuestionario que, estructurado en cinco apartados permitió obtener información muy valiosa sobre el tema. Este proceso fue complementado con un análisis cuantitativo de las publicaciones científicas mexicanas, registradas en el sistema SPIRES-HEP, durante el periodo de 1970-2000.

La organización de la tesis está definida de la siguiente manera: el capítulo 1 hace referencia al desarrollo histórico de la comunicación científica; el capítulo 2 trata lo relativo al proceso de evolución y caracterización de las disciplinas *Big Science*; el capítulo 3 presenta la física de partículas elementales en el ámbito internacional y nacional. Por último, el capítulo 4 describe los procedimientos metodológicos seguidos en la investigación, los resultados, la discusión y las conclusiones.

CAPITULO I

Comunicación Científica

1.1. Introducción

Los autores que han definido el concepto *comunicación científica*, entre otros Garvey & Griffith (1972), aciertan al decir que "la comunicación científica es el ser de la ciencia y un proceso social" 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, que están descritas en los cinco principios de Merton (1957) que 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 porqué 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 llega a su fin cuando los resultados de la investigación son del conocimiento público a través de la publicación y

difusión de los mismos (Ferriols-Lisart, Montañés-Pauls, Moreno-Millares & Ventura-Cerda, 2001), 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 involucra con la participación de distintos elementos; en particular, con el artículo científico que tiene como finalidad esencial “comunicar resultados de investigación, ideas y debates de manera clara, concisa y fidedigna” (Martinson, 1983). Por su parte, Wertman (1999) lo describe como la “diseminación de nuevas teorías, ideas y resultados de investigación”. Por lo anterior, la comunicación científica es base fundamental en la ciencia como proceso que conduce al uso extenso de los últimos resultados de la investigación. De esta manera la publicación científica constituye en sentido estricto el producto final de la investigación científica, sobre todo la publicada en artículos de revistas, considerada como fuente primaria de información, en tanto que el artículo científico representa a la unidad básica del proceso de investigación científica dando formalidad a un sistema público y ordenado de comunicación entre científicos (Gessesse, 1994). 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 en bibliotecas (Meadows, 1998). 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 informal, soportada principalmente por 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 (Russell, 2001).

1.2. 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, correspondencia personal y libros, al mismo tiempo que se convierte en el elemento fundamental que determinó el proceso formal de la comunicación científica. Para Meadows (1998), 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 (Pessanha, 1998). 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, desempeñando un papel muy importante en el desarrollo de las ciencias, convirtiéndose en una fuente de información de primer orden. Sin embargo, era un medio de información y difusión bastante lento, provocando la preferencia por el uso de las cartas entre colegas y grupos de interés (Licea de Arenas, 1985) y que hasta mitad del siglo XVII 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 Scavants* ocurrido en 1665, dio inicio para las ciencias una de las etapas más importantes de apoyo como medio de difusión de mayor prestigio en la ciencia, produciendo con el transcurso del tiempo nuevas revistas como la *Philosophical Transactions* y la *Philosophical Transactions of the Royal Society* (Price, 1963) que tenían la misión y función principal de informar sobre los trabajos producidos por los sabios de Europa durante esa época. Así mismo sustituyeron las cartas que hasta entonces 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 ha tenido que ver la institucionalización, profesionalización y especialización de la ciencia, ocurrida 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 que hasta mitad del siglo XIX todavía existía poca claridad entre las diferencias de un profesional y un amateur (Meadows, 1974). La especialización de la ciencia conduce a su vez a la especialidad 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 & Griffith, tomando en cuenta los diferentes aspectos que intervienen en la comunicación científica, 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 formal universal de la ciencia.

Este modelo se inicia con una idea original concebida por el científico, dando 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 de un congreso, seminario, coloquio o conferencia, dándose a conocer a través de reportes de conferencias o mediante la localización en índices sobre congresos y conferencias. Cuando la investigación está más acabada puede seguir la ruta que la conduce a la publicación en alguna revista científica especializada, previa revisión del manuscrito por parte del comité de árbitros de la revista.



Figura 1-1. Traditional Garvey/Griffith model.
Fuente. Hurd, J.M, 1996.

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

1.3. Comunicación científica y desarrollo tecnológico

1.3.1. 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 (Moravcsik, 1989). Estas necesidades de intercambio de información se volvieron urgentes 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 (White, 1998) (Gallies & Cailliau, 2000) arribó a este desarrollo con la idea de diseñar una interfase que permitiera la diseminación de resultados de investigación entre físicos del área de altas energías.

El desarrollo del 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 interfase de usuarios (White, 1998). El desarrollo y aplicación de estas tecnologías son secuela de las distintas necesidades que se presentaron con la integración de la física de partículas elementales a las disciplinas Big Science, producto principalmente

de la composición de 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 (Segal, 1995). Finalmente la falta de técnicas, medios y protocolos, junto con otras variables, determinaron el inadecuado uso de la interfase, 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 interfase fue madurada años después en Estados Unidos, casi al mismo tiempo que el CERN, también arribó a la solución con el desarrollo de estándares de redes y protocolos de comunicación.

1.3.2. 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 (DARPA), inició una serie de investigaciones desarrolladas entorno a la guerra fría entre otras, una red experimental de ordenadores que funcionaría en base a la conmutación de paquetes (Nogales-Flores, 1999a). 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 y 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 (White, 1998), 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 el “Advanced Projects Research Administration” (ARPANET) una vez que se complementó el protocolo de comunicación con el que operó esta red “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 “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 computadoras (Nogales-Flores, 1999b). 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 elemento básico para la humanidad, 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 a usar como algo totalmente en beneficio personal dejando de ser exclusiva de un sector.

Parte del desarrollo tecnológico-computacional que se logró, tiene que ver con la llegada de la computadora personal de 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, garantizando 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 progreso se generó una dura lucha entre distintas compañías por el desarrollo de componentes, sistemas de red y sistemas operativos para el equipo de cómputo, entre otras: 3Com, LAN Manager de Microsoft, NetWare de Novell e IBM (Vizcaino-Sahagún, 1991). 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” (Academia Mexicana de Ciencias, 1999); profesores, investigadores, empresarios, administradores, entre otros (Nogales-Flores, 1999b) ven en la red un medio sencillo, versátil, ubicuo, económico e interactivo para difundir y recibir información. Con la aparición de Internet se abre paso a una nueva época denominada por la mayoría *era de la información* (Caridad & Méndez, 1999), fenómeno que ha alterado todos los aspectos de la vida humana, donde la información y el conocimiento se han

convertido en productos básicos para el crecimiento económico de algunos países, integrado y reconocido como uno de los principales sectores de desarrollo y crecimiento económico a nivel mundial.

El nacimiento de la red, como le llama Cebrián (2000), y el desarrollo dentro de la misma de un ambiente de multi-medios como el WWW, dio paso a una nueva cultura (Levy, 2000) denominada cibercultura, definida como un proceso que nunca termina y se mantiene en constante cambio y desarrollo, producto de la estructura y dinámica con que se mueven y actualizan las páginas web.

El proceso de evolución que ha de seguir Internet es indefinido; sin embargo, es posible visualizar una tendencia cada vez de 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 (Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet, 2002). 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” (Nogales-Flores, 1999a).

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 (ITESUM), 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 desarrollando aplicaciones con tecnologías avanzadas.

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” (Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet, 2002). 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 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 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 del choque de agujeros negros, para esto requiere visualización distribuida de datos en tiempo real.

1.3.3. Hyper-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 (Berners-Lee, 1990; Nogales-Flores, 1999b), dando origen al nacimiento del documento electrónico como parte de la hyper-documentación, que consiste en el diseño de un sistema de hyper-medios que funciona en base al uso de servicios de sistemas distribuidos 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 Nelson (1988) 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 (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 hyper-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-Flores (1999b) 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" (Nelson, T.H., 1988).

Antes de que el 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 a nivel mundial 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 (Lafuente-López, 1999; McKinley, 1997). El HTML es un lenguaje orientado a definir la estructura y semántica del documento mediante la aplicación de marcas o etiquetas HTML, definiendo la estructura del documento a partir de encabezados, párrafos, texto, imágenes, entre otros.

La presentación de información en el web fue 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, provocando el desarrollo de nuevos programas como el Standard Generalized Markup Language (SGML) (Gilmour, 2001), 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 científica (National Academy Press, 1997) 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 metadatos para el intercambio de información. Este grupo es conocido como Open Archives Initiative (OAI). En este grupo están presentes los principales líderes de la distribución electrónica de documentos (Schmit, 2001), representantes de sociedades científicas como la American Physical Society y exponentes de instituciones educativas y centros experimentales como 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), the Dublin Core y the German Certification Metadata Effort.

En forma independiente investigadores en distintas áreas también llevan a cabo reuniones y mesas de trabajo donde se abordan aspectos como el intercambio de datos científicos, el adelanto de las tecnologías y los impactos tan profundos que éstas tienen en el intercambio de resultados científicos, así como las barreras que aún se perciben para lograr un acceso

global a la información científica y donde puedan participar científicos de todo el mundo, incluyendo los pertenecientes a los países en vías de desarrollo 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.

1.4.1. Cambios en la comunicación científica

Desde hace 50 años "el desarrollo continuo de la ciencia y la tecnología ha provocado un nuevo y extraordinario aumento de las capacidades para procesar, almacenar y transmitir información en formato electrónico" (Méndez-Rodríguez, 1999). 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 (Wouters, 2002). 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* (Kanellopoulos & Steele, 2001). 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 utilización de grandes almacenes de archivos e-print” (Ginsparg, 2000; Chimal, 2001), principalmente para guardar 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 señalen los grupos de investigación que mayor participación tienen en el desarrollo y uso de tecnologías. Tratando de llevar 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 (Kanellopoulos & Steele, 2001).

De acuerdo con Hurd (1996, 2000), 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 Garvey & Griffith (1972), Price (1963), Crane (1972), Cronin (1982) y Herring (2002) 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, otros analizando los efectos que produce el intercambio de información entre miembros de los colegios invisibles. Cada uno de estos estudios conducen a resultados que giran en torno a los cambios que ha estado sufriendo el proceso de la comunicación científica. Visionarios como Bush y Rider (1944), Licklider (1965) y Lancaster (1978) desde distintas épocas ya advertían nuevos escenarios para la información científica. A principios de los años 90, estudiosos, como Lynch (1993), 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 lugar y efecto. Los cambios ocurridos en la estructura tradicional de los sistemas de comunicación científica son notables, mismos que son mostrados por Hurd (1996, 2000) a partir de la presentación de cuatro modelos de comunicación científica: *A Modernized Garvey/Griffith Model*, *No-Journal Model*, *Unvetted Model* y *Collaboratory Model*.



Figura 1-2. A Modernized Garvey/Griffith Model
Hurd, J.M., 1996.

La figura 1-2 presenta el ejemplo de *A Modernized Garvey/Griffith Model*, el cual muestra cualidades idénticas al tradicional, con la diferencia de que integra la combinación del documento impreso y el uso de los medios electrónicos. Es decir, surgen nuevos elementos como: listas de discusión, correo electrónico, bases de datos de contenido de los trabajos científicos, resúmenes y preprints, así como la publicación final del documento a través de revistas en Internet, provocando la formación de colegios invisibles basados en medios electrónicos.

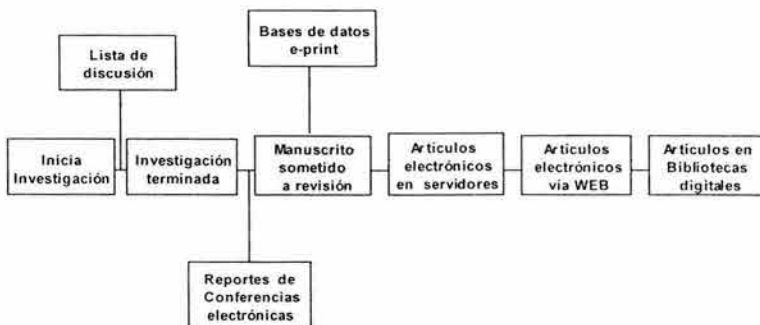


Figura 1-3. No-Journal Model
Hurd, J.M., 1996

El *No-Journal Model* representado por la figura 1-3, es 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 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 requisito, para que el e-print se convierta en un artículo científico electrónico validado, y dispuesto a través de los sitios web, sobre todo de editores de revistas.

El *Unvetted Model* 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 porque eliminan la revisión por parte de los pares como proceso formal previo a la publicación del documento. Está soportado en la red porque aprovecha 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 formato electrónico. En éste esquema la validación del conocimiento científico corre a cargo de la propia comunidad científica, convirtiéndose en jueces principales.

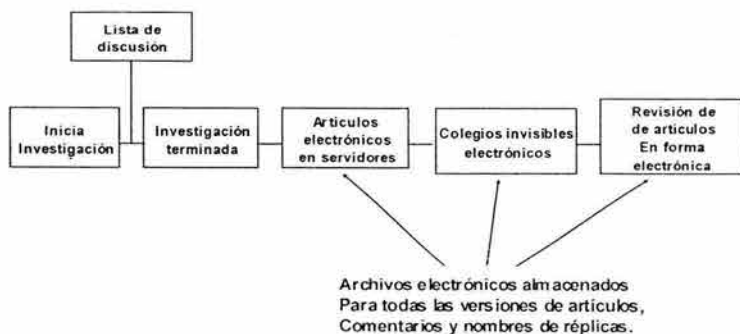


Figura 1-4. Unvetted Model
Hurd, J.M., 1996.

1.4.2. Rol del e-print 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; esto convierte a los físicos en pioneros en el uso del preprint electrónico, dando origen a la forma más temprana de informar sobre los hallazgos de la investigación (Brown, 2002), y convierten al sistema de comunicación científica en una base documental meramente informal como lo muestra el *Collaboratory Model* (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, ésta última a través del uso de preprints electrónicos (e-print).



Figura 1-5. Collaboratory Model
Hurd, J.M., 1996.

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 (2002) lo precisa como “el manuscrito que está previsto para ser publicado, pero que ha empezado a circular entre los pares”. El preprint es un tipo de documento que ha existido desde siempre aunque con mayor exclusividad entre disciplinas como la física, la astronomía, la química y casi inexistente en las áreas sociales, excepción del área de economía, que también 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 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 (Barrueco & Krichel, 2000).

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 pre-prints son llamados e-prints y gozan de un papel muy importante por la rapidez con que se distribuyen, la cobertura tan amplia que manejan y los bajos costos que implica la publicación (Manuel, 2001).

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 (Youngen, 2002) 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 investigación (Ramalho-Correa y Castro-Net, 2002) y cada vez son más utilizados por distintos grupos de investigación, particularmente los dedicados a las ciencias duras, aunque también las sociales empiezan a encontrar atractiva la forma de publicar y diseminar por esta vía.

Estudios como el de Ramalho-Correa y Castro-Net (2002) y Youngen (2002), demuestran que los preprints electrónicos se han posesionado 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.

1.4.3. Nacimiento de los servidores e-print

En 1991 Paul Ginsparg, físico del Laboratorio Nacional de los Alamos (Alamos National Laboratory) diseñó un sistema servidor de preprints (Youngen, 2002; Barrueco & Krichel, 1999) 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 diseminando preprints electrónicos entre las grandes colaboraciones internacionales que genera una disciplina de tipo *Big Science*, como la física de altas energías. El objetivo original de los archivos e-print de los Alamos fue proporcionar funcionalidad en la disponibilidad de información, y para 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 diseminación de información (Ginsparg, 1994).

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 de archivos 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. Estas personas no cuestionan el contenido, resultados y redacción del documento, únicamente atienden el tipo de trabajo que se integra al servidor de acuerdo a un área temática. La actualización de información en los servidores la lleva a cabo de manera natural el grupo de científicos del área, enviando 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 estos documentos sufren actualizaciones con el transcurso del tiempo y el autor puede solicitar la 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 (Garvey & Griffith, 1972), mismos que generalmente son 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 (Langer, 1996), 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.

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, a la vez que representa una nueva arquitectura electrónica (Ginsparg, 2000).

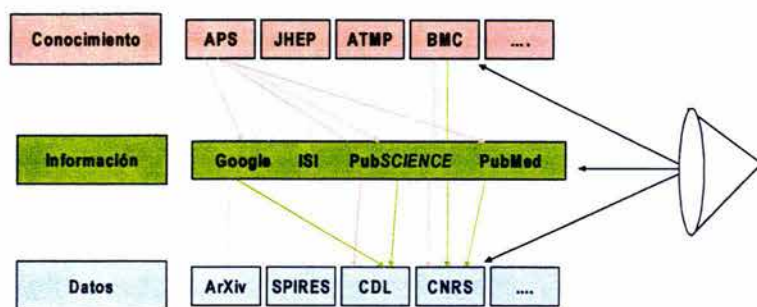


Figura 1-6. Modelo de comunicación científica: un punto de vista a futuro
Ginsparg, P., 2000

Conocimiento:

APS: American Physics Society
JHEP: Journal High Energy Physics
ATMP: Applied and Theoretical Mathematical Physics
BMC: Banco de datos en Bio-Medicina

Datos:

ArXiv: Los Alamos e-print
SPIRES: Stanford Public Information Retrieval System
CDL: California Digital Library
CNRS: Centre National de Recherche Scientifique

Información:

Google: Buscador en la red
ISI: Institute of Scientific Information
PubSCIENCE: Provee acceso a literatura en ciencias físicas
PubMed: Provee acceso a literatura en ciencias de la salud

Este modelo presenta tres capas 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 una de las capas marcadas de color naranja, verde y azul 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. 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 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, como 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 porque está especializado 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 (1997), 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 (DESY) y el European Organization for Nuclear Research (CERN), (O'Connell, 2000), 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; estas ligas fueron generadas a partir de una cooperación establecida con varios laboratorios, universidades, institutos privados, editores de revistas, departamentos individuales de física, grupos de experimentación y servidores de archivos electrónicos entre otros el Alamos Electronic Preprint (e-print) en Palo Alto, California. El CERN en Suiza, FERMILAB en Illinois y DESY en Alemania. Sin embargo, 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 integra; 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 científica.

Referencias citadas

- Academia Mexicana de Ciencias, 1999.** México frente a la era de la información. Salvador Malo Alvarez y Mauricio Fortes Besprovani. – México: Academia Mexicana de Ciencias. 54 p.
- Berners-Lee, T., 1990.** World-Wide Web: Proposal for a HyperText project. Available from: <http://www.w3.org>. (September, 2002)
- Barrueco, J.M., and Krichel, T., 2000.** Prepublicaciones: distribución centralizada vs. Descentralizada. Available: <http://www.uv.es/~barrueco/ddt.pdf>. (June, 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.
- 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.
- Cebrian, J., 2000.** La red. 3ª ed. Barcelona, España: Cayfosa-Quebecor. Punto de lectura. 282 p.
- Chimal, C., 2001.** New Scientist cumple 45 años. *Avance y Perspectiva*. 20(Mayo-Junio),181-187.
- Consejo Internacional para la Ciencia and UNESCO, 1996.** Joint ICSU Press/UNESCO expert conference on electronic publishing in science: recommendations (19-23 february, 1996; Paris) Available from: <http://www.library.uiuc.edu/icsu/recomm-1.htm> (February, 2004).
- 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. Available from: <http://www.cudi.edu.mx> (October, 2002).
- Crane, D., 1972.** Invisible college: diffusion of knowledge in scientific communities. Chicago: University Press, 22-40.

- Cronin, B., 1982.** Progress in documentation. Invisible colleges and information science. A review and commentary with particular reference to the social science. *Journal of Documentation*, 38(3), 212-236.
- Ferriols-Lisart, R ; Montañés-Pauls, B ; Moreno-Millares, A. and Ventura-Cerda, J.M., 2001.** Artículos originales aplicados en farmacia hospitalaria: 1994-1999. Análisis del consumo de información. *Farmacia Hospitalaria*. 25(1), 38-48.
- Gallies, J. & Cailliau, R., 2000.** How the web was born: the story of the World Wide Web. New York: Oxford University Press. 372 p.
- Garvey, W.D. and Griffith, B.C., 1972.** Communication and information processing with in scientific disciplines: Empirical findings for psychology. *Information Storage and Retrieval*. 8, 123-126.
- Gessesse, K., 1994.** Scientific communication, electronic access and document delivery: the new challenge to the science/engineering reference librarian. *International Information and Library Review*. 26,341-349.
- Gilmour, R. W., 2001.** XML applications in the science. *Science and Technology Libraries*. 19(2), 75-88.
- Ginsparg, P., 1994.** First steps toward electronic research communication. *Computation in Physics*. 8, 390-396.
- 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). Available from: <http://arxiv.org/blurb/pgolunesco.html>. (May, 2002).
- Herring, S.C., 2002.** Computer-Mediated communication on the Internet. *Annual Review of Information Science and Technology*. 36:109-168.
- Hurd, J.M., 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.
- Hurd, J.M., 2000.** The Transformation of scientific communication: A model for 2020. *Journal of the American Society for Information Science*. 51(14), 1279-1283.

- Kanellopoulos, L. and Steele, C., 2001.** Eprint repositories: the future of scholarly communication. Available from: <http://www.vala.org.au/vala2002/2002pdf/14KanSte.pdf>. (May, 2001).
- Kreitz, P.; Barnett, M., 1997.** Databases and international collaboration. *Beam Line*. 27(4), 53-54.
- 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. Available from: *Physics Today on line*. <http://www.aip.org/pt/vol-53/iss-8/p35.html> (May, 1996).
- Levy, P., 2000.** Cyberculture. Available from: <http://www.mcxapc.org/lectures/18-11.htm>. (June, 2000).
- Licea de Arenas, J., 1985.** Las publicaciones en la ciencia. *Ciencia Bibliotecaria*. (1), 21-32.
- Licklider, J.C.R., 1965.** Libraries of the Future. Cambridge, Mass.: MIT Press, 219 p.
- Lynch, Clifford. (1993).** The transformation of scholarly communication and the role of the library in the age of networked communication. *Serials Librarian*, 23 (3), 5-20.
- Manuel, K., 2001.** The place of e-prints in the publication patterns of physical scientists. *Science & Technology Libraries*. 20(1), 59-85.
- 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.
- Meadows, A.J., 1998.** Communicating research. San Diego, Cal.: Academic Press, 264 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, 110-125.
- Merton, R.K., 1957.** Social theory and social structure. New York: The Free Press, 645 p.

- Moravcsik, M.J., 1989.** The contemporaneous assessment of a big science discipline. In *The Evaluation of scientific research*. Chichester, London: Wiley; Ciba Foundation Conference, 1989,188-200.
- 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), 225-238.
- Nogales-Flores, J.T., 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.
- Nogales-Flores, 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, 59-68.
- O'Connell, H.B., 2000.** Physicists thriving with paperless publishing. *ArXiv:physics/0007040*. 2(August), 1-17.
- 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.
- Price, D., 1963.** Little science Big Science. -- New York: Columbia University Press, 118 p.
- Ramalho-Correia, A.M. 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.
- Rider, F., 1994.** The scholar and the future of the research library: New York:Hadham Press. 236 p.
- Russell, J.M., 2001.** Scientific communication at the beginning of the twenty-first century. *International Social Science Journal*. 168(June), 273-282.
- Schmit, J.P., 2001.** Workshop on the open archives initiative (OAI) and peer review journals in Europe: a report. Available from: <http://library.cern.ch/HEPLW/4/report>, (June, 2002).
- Segal, B., 1995.** A short history of Internet protocols at CERN. In CERN document. Available from: <http://wwwcn.cern.ch/pdp/ns/ben/TCPHIST.html>. (July, 2002).
- Vizcaíno-Sahagún, C., 1991.** Redes, integración corporativa. *Pc/Tips* (June), 26-41.

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

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

Wouters, P., 2002. Debate in science channel. Available from: <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. Available from: <http://www.stsci.edu/stsci/meetings/lisa3/youngeng.html>. (August, 2002).

CAPITULO II

Disciplinas Big Science

2.1. 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 (Moravcsik, 1989). 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” (Heilbron & Kevles, 1986). El concepto *Big Science*, acuñado por Weinberg (1961) y Price (1963), hace referencia a la ciencia de 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 (Crawford, 1996; Lewis, 2003).

La Segunda Guerra Mundial es elemento 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. Es durante el periodo de la guerra fría que se presentan las mejores oportunidades y contribuciones para el desarrollo científico, especialmente por los recursos económicos

que los gobiernos asignaron para dirigir el desarrollo científico y tecnológico, orientado principalmente hacia el crecimiento armamentista y nuclear, que culmina parcialmente con el desarrollo y puesta a prueba de la bomba atómica en 1945. Los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial también representaron momentos muy importantes para el desarrollo científico, 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 provoca el surgimiento de nuevas instituciones, especialidades y especialistas: las "sub-disciplinas científicas generaron verdaderas redes institucionales, produciendo nuevas revistas" (Salomón, 2001; Trench, 2002), 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 logran la trans-fronterización entre países, sobre todo de Alemania y Estados 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 pueden 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 (Weinberg, 1961). 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 Rusia, 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 (Panofsky, 1999), destinando grandes cantidades de recursos económicos para su desarrollo, en particular la dedicada a las áreas de la física.

El lanzamiento y puesta en órbita del primer satélite en el espacio por parte de los rusos en 1958 causó una verdadera sorpresa para el gobierno de los Estados Unidos, que rápidamente contestó a la competencia con el desarrollo e implementación de políticas públicas y científicas, en favor de agresivos programas de exploración del espacio. Parte de la política precipitada 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" (Launius, 2002). 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 algunas consecuencias, entre otras un extraordinario crecimiento de las ciencias y el incremento en el tamaño de la producción científica que se refleja en el número cada vez mayor de documentos científicos y el surgimiento de nuevos títulos de revistas especializadas (Vickery, 1999); este efecto es explicado por Price (1963) como el crecimiento exponencial de la literatura científica, y las transformaciones en la estructura de la ciencia, que produce cambios particularmente en la forma de hacer ciencia, rebasando los niveles tradicionales de investigación más conocida como *Little Science*, modalidad 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, predominando los del estilo casero, de sótano o del ático, y donde la investigación académica dió sus primeros y grandes pasos. A partir de la década de los años 30 arriban las ciencias *Big Science*, como producto de distintos intereses, fenómeno que es explicado como un cambio transitorio en la naturaleza de la ciencia (Price, 1963).

2.2. Características de las **Big Science**

El surgimiento de las grandes ciencias generó en su evolución una nueva forma de hacer ciencia, integrando nuevos mecanismos y modalidades de colaboración entre grupos de investigación, compartiendo laboratorios, instrumentos, resultados de investigación, tecnologías y el acceso a la información a través de archivos abiertos (Glasner, 1996), dando prioridad a los recursos y herramientas de resultados libres y eliminando las barreras geográficas y acortando 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:

- (1) es investigación muy costosa (inversiones cuantificadas en cientos y miles de millones de dólares),
- (2) usualmente requiere de grandes y bien equipadas instalaciones de experimentación (industrialización tecnológica),
- (3) la investigación toma largos periodos de tiempo en completarse (no se lleva menos de 10 años en obtener los primeros resultados),
- (4) integra grandes grupos en colaboración (Moravcsik, 1989; Hurd, 1996).

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, telescopios y herramientas de laboratorio, y de la integración de un número cada vez mayor de científicos que se integran en grupos mínimos de 50 y máximo de 200-400, especialmente los incorporados al desarrollo y preparación de experimentos en aceleradores como el Large Electron-Positron Collider (LEP) operado dentro del CERN. Actualmente estas colaboraciones se han incrementado hasta en 1500 personas, participando en proyectos globales de investigación (Hurd, 1996), haciendo referencia a un nuevo concepto llamado *Bigger Science*, que representa las investigaciones científicas más grandes en la historia de ciencia. El crecimiento en el tamaño del número de participantes que colaboran 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 (1985), 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 los siguientes tiempos: 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.
- 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 (Panofsky, 1999).
- 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 nuevas formas de hacer ciencia, involucrando a cientos de científicos a fin de poner en marcha y alcanzar resultados en una 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 penetración 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 meten 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, y con la administración del proyecto en sí, y de los distintos recursos disponibles en las instalaciones como es el caso de las herramientas y maquinaria (Rechenberg, 1989).

En términos generales, una gran colaboración se organiza seccionando a los físicos en grupos y cada uno asume una responsabilidad particular asociada con el proyecto: toma y análisis de datos, diseño y construcción de software, hardware y equipo de laboratorio; estas últimas funciones normalmente son desarrolladas por los investigadores jóvenes, en tanto que los experimentados se dedican a la coordinación del proyecto y del grupo de trabajo, y toman las responsabilidades administrativas, entre otras, y asegurar los recursos necesarios para el éxito de la investigación. De acuerdo con Pickering & Trower (1985), 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 los mismos situaciones de inconformidad, conduciendo al grupo a situaciones sociales desagradables. Situación que por lo general se produce entre físicos jóvenes, estudiantes y 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.

2.3. Aceleradores 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 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, a pesar de

que los diseños en los aceleradores son prácticamente los mismos en las distintas épocas, cambiando únicamente en la forma de 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) y Giga-electro-voltio (GeV) como unidades básicas para medir la energía de las partículas (Herrera-Corral, 1993; Menchaca-Rocha, 2001).

Durante la década de los años 20, Ernest Lawrence de la Universidad de California desarrolló uno de los primeros aceleradores de partículas: lo construyó de vidrio y tenía sólo algunos centímetros de diámetro, mismo que en poco tiempo se convirtió en el preferido porque aceleraba la partícula a 16 millones de voltios (MeV). Sin embargo, físicos de Berkeley fijaron nuevas metas e iniciaron la construcción de un ciclotrón a 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 Science y la Rockefeller Foundation (Heilbron, & Kevles, 1986).

Con el transcurso de los años se fueron produciendo nuevos proyectos, sobre todo en Estados Unidos, algunos como parte de los proyectos que se tenían orientados al desarrollo armamentista y de 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 pretendían estudiar la naturaleza, composición y

estructura del átomo. De esta manera, en 1946 nacen nuevos centros de experimentación como el Brookhaven National Laboratory (BNL) 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 entre Francia y Suiza al norte de Ginebra (Herrera-Corral, 1994; Rosen, 1997). En el presente, el CERN es de los centros de experimentación más dinámicos, particularmente a partir del desarrollo del *Large Hadron Collider (LHC)* con el que mantiene vivos distintos proyectos de investigación relacionados con el descubrimiento del *top quark* y el descubrimiento del *boson de Higgs*, e integra las colaboraciones más fuertes 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 6 GeV (Rosen, 1997; Brown, Dresden, & Hoddeson, 1989). De igual manera, Estados Unidos reafirma su interés en la investigación atómica con la construcción en los años 50 y 60 del *Fermi National Accelerator Laboratory (FERMILAB)* y el *Stanford Linear Accelerator Centre (SLAC)*, así como el *Stanford Linear Collider (SLC)* puesto en operación en 1987 y acelerando a 200 GeV. El FERMILAB, que cuenta con un acelerador

llamado Tevatron, está situado en las cercanías de Chicago, EUA y es capaz de acelerar protones a energías de un millón de millones de electro-voltios (1 TeV).

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 la forma de hacer ciencia 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 a 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 repercuten 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.

2.4. 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 (Finholt, 2002; Kreitz & Barnett, 1997). De acuerdo con distintos autores, el concepto *colaboración* es un término que no implica mayor problema para definirlo; Katz y Martin (1997) 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 alcances 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 instrumentos para la investigación, laboratorios, recursos económicos y documentales.

Hace cuatro décadas, Price (1963) 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* (Watts & Strogatz, 1998) 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 (Newman, 2001a).

Autores como Glasner (1996), King, Mckim, Fortuna & King (2000), Finholt (2002) entre otros, acuñaron el concepto *colaboratorio* al definirlo como un 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 juntos mientras están en localizaciones distantes uno del otro y del equipo dominante (King, Mckim, Fortuna & King, 2000). 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 (Newman, 2001b, 2001c).



Figura 2-1. Comportamiento de la información a través de los colaboratorios. Finhold, T.A., 2002.

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 (2001) señala a Derek de Solla Price, Eugene Garfield, Henry Small y Belver Griffith 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 *cienciométricos*, herramientas que permite 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 internacionalidad 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 (Fernández, Gómez, y Sebastián, 2003).

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 estas pueden presentar ya que pueden estar presentes desde las más sencillas hasta las más grandes. Es decir, aquellas dónde 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 llamadas 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, cada una de estas aplicadas de acuerdo a los intereses que como individuo, institución, dependencia y país presenten al momento de incorporarse en una colaboración científica. Es decir, para adquirir experiencia, tener acceso a equipo y recursos, aprender nuevos métodos de investigación o, simplemente para compartir la investigación entre colegas.

Cuadro 2-1
Razones que conducen a un científico a colaborar.

RAZONES PARA COLABORAR

- Tener acceso a experiencias.
- Tener acceso a equipo y recursos.
- Se tiene acceso a los fondos económicos.
- Para obtener prestigio o visibilidad y mejoras profesionales.
- Se multiplica el conocimiento y las técnicas de aplicación.
- Se logra el progreso de manera más rápida.
- Para asistir a problemas más grandes (de mayor importancia de tipo global).
- Para reforzar la productividad.
- Para conocer a más gente, crear redes de colaboración y colegios invisibles.
- Aprender nuevas habilidades o técnicas y, para incorporarse a nuevos campos de investigación.
- Para satisfacer curiosidad, interés intelectual.
- Compartir el entusiasmo, la investigación en un área de investigación.
- Para encontrar fallas y reducir errores.
- Para mantener el enfoque de la investigación.
- Para reducir el aislamiento, y recargar el entusiasmo
- Apoyar la educación de los estudiantes de distintos grados y campos.
- Para avanzar en conocimiento y aprendizajes.
- Por diversión y el placer.

Beaver, D., 2001.

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 (Gómez-Romero, 2000). 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.

Referencias citadas

- Beaver, D., 2001.** Feature report: reflections on scientific collaboration (and its study): past, present and future. *Scientometrics*. 52(3)365-377.
- Brown, L.M.; Dresden, M. and Hoddeson, L., 1989.** Pions to quarks: particle physics in the 1950s. New York: Cambridge University Press. 3-39.
- Crawford, S.Y., 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.
- 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):328-337.
- Finholt, T.A., 2002.** Collaboratories. *Annual Review of Information Science and Technology* / Blaise Cronin editor. 36:73-107.
- Glasner, P., 1996.** From community to collaboratory? The Human Genome Mapping project and the changing culture of science. *Science and Public Policy*. 23(2) 109-116.
- Gómez-Romero, P., 2000.** ¿Se acabó la ciencia en el garaje?. *El País*. 2000, Sep. 6.
- Gordon, F., 1997.** Retrospectives on international collaboration. *Beam Line* (winter):12-19.
- Heilbron, J.L and Kevles, D.J., 1986.** Finding a policy for mapping and sequencing the Human Genome: *Lesson from the history of Particle Physics*. 299-314.
- Herrera-Corral, G., 1993.** Física experimental de altas energías. *Avance y Perspectiva*. 12(marzo-abril) 81-85.
- Herrera-Corral, G., 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.
- Hurd, J.M., 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.

- Katz, J.S. and Martin, B.R., 1997.** What is research collaboration?. *Research Policy*, 26: 1-18.
- King, R.; Mckim, G.; Fortuna, J and King, A., 2000.** Scientific laboratories as socio-technical interaction networks: a theoretical approach. *Computer Supported Cooperative*. (December)1-10.
- Kreitz, P. and Barnett, M., 1997.** Databases and international collaboration. *Beam Line*. 27(4) 53-54.
- Launius, R. D., 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.
- Lewis, P., 2003.** Big Science. Available from: <http://www.horuspublications.Com/guides/S1106.html>. (January, 2003).
- Menchaca-Rocha, A., 2001.** El discreto encanto de las partículas elementales. 2ª ed. México: SEP:FCE:CONACYT. La ciencia para todos; 68. 127 p.
- Moravcsik, M.J., 1989.** The contemporaneous assessment of a big science discipline. In *The Evaluation of scientific research*. Chichester, London: Wiley: *Ciba Foundation Conference*. 188-200.
- Newman, M.E.J., 2001a.** Clustering and preferential attachment in growing networks. *ArXiv:cond-matter/0104209*. v1. pp. 1-13.
- Newman, M.E.J., 2001b.** Scientific collaboration networks. I. Network construction and fundamental results. *Physical Review E*, 64:016131-1-016131-8
- Newman, M.E.J., 2001c.** Scientific collaboration networks. II. Shortest paths, weighed networks, and centrality. *Physical Review E*, 64:016132-1-016132-7.
- 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): 35-40.
- Pickering, A.R. and Trower, E.P., 1985.** Sociological problems of high-energy physics. *Nature*, 318(21): 243-245.
- Price, D., 1963.** *Litle Science Big Science*. -- New York: Columbia University Press. 118 p.
- Rechenberg, H., 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.

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

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

Trench, B., 2002. La información científica de Europa: de la comparación a la crítica /science reporting in Europe: from comparison to critique. Available from: <http://www.imim.es/quark/nmv13/013020.html>. (Sep, 2002)

Vickery, B., 1999. A century of scientific and technical information. *Journal of Documentation*, 55(5):476-527.

Watts, D.J. and Strogatz, S.H., 1998. Collective dynamics of small-world networks. *Nature*. 393:440-442.

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

CAPITULO III

Física de Partículas Elementales (FPE)

3.1. Introducción

De acuerdo con Herrera-Corral (1996), el desarrollo de la física puede resumirse en tres periodos de poco más de 30 años cada uno. El primero, de 1895 a 1930, es 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 entorno 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, y el neutrino electrónico y el neutrino muónico experimentalmente identificados durante el periodo de 1949 a 1964. Estas partículas se caracterizan porque no existen a la simple vista del mundo observable; además de lo fugaz y del poco tiempo que tienen de vida, la única manera de percibir las es a través de la colisión y aceleración de las mismas, llevadas a cabo en grandes aceleradores. Tratando de explicar dicha problemática, en 1963 los físicos Murray Gell-Mann y George Zweig propusieron la teoría de que los hadrones son en

realidad combinaciones de otras partículas elementales llamadas quarks, teoría que hoy es base fundamental en el área de la física de partículas y campos conocida como el Modelo Standard, mismo que explica el confuso mundo de las partículas y sus interacciones. 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 de partículas. Los avances y logros alcanzados por la física de partículas y campos no son producto de la casualidad, tiene mucho que ver los fines que la propia disciplina busca para explicar la constitución de la naturaleza del universo, aspectos que han colaborado para arribar en las últimas décadas a fundamentos teóricos cada vez más espectaculares en el campo de la física. La naturaleza y los inconcebibles laberintos del átomo, constituyen 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 (Close, Marter & Sutton, 1987). 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 (Herrera-Corral, 1994). 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 desprende una nueva área de investigación dirigida especialmente al estudio de las partículas elementales (Chimal, 1993): surge la ciencia que pone las bases para entender la propiedad de la materia y la energía, conocida como física de partículas elementales o de partículas y campos (Close, Marter & Sutton, 1987). 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)* y *Physics and Astronomy Classification Scheme (PACS)* dan muestra de la forma en que la física se ha dividido en 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.

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

Journal Citation Reports (JCR), 2001.
Physics and Astronomy Classification Scheme (PACS), 2000.

3.2. Física Mexicana de Partículas Elementales (FMPE)

La incorporación de Alfonso Mondragón (1961) y de Germinal Cocho (1963) a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ambos con una especialidad en física nuclear, constituyó el nacimiento de la física de partículas elementales en México (Mondragón, 2003). A principios de la década de los años 70 se integró a este primer grupo de científicos en el área, Augusto García, Clicerio Avilez, Héctor Moreno y Arnulfo Zepeda, por el mismo año se incorporó el equipo formado por iniciativa de Oñofre Rojo en el Instituto Politécnico Nacional a través de la Escuela Superior de Físico Matemáticas (IPN-ESFM). En 1968, dirigidos por 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) (García-González, 1996). De 1970-1974 se habilitaron la cuarta y quinta línea de investigación del Departamento: la Física del Estado Sólido y Física de Altas Energías (Pérez-Angón, 1986), esta última a partir de la llamada *Escuela Avanzada de Verano del Departamento*. Para impartir cursos en la especialidad, hicieron presencia investigadores de alto prestigio como Guido Altarelli, de la Universidad de Roma III, Italia y, Mirza Abdul Baqi Beg de la Universidad Rockefeller, EUA, mientras que 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 (Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, 1971). Distintas circunstancias producen la dispersión de los primeros grupos de investigación en el país, principalmente porque, algunos de los especialistas emigraron al extranjero y otros cambiaron o reorientaron líneas de investigación. Sin embargo, esto no frenó la formación de nuevos

perfiles en el área. Los científicos que permanecieron integrados a los grupos de investigación de la UNAM, IPN y CINVESTAV recientemente egresados en el área, de inmediato se integraron a las labores de profesionalización de la disciplina, dando lugar 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 físico 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 en el ámbito nacional, integrando nuevos grupos de investigación en el área. De esta manera 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) (Zepeda-Domínguez, 1998). 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.

Cuadro 3-2

Instituciones mexicanas con programas de formación en física de Partículas Elementales.

No.	Universidades, Institutos y Centros de Investigación	Maestría y Doctorado	Formación de nuevos perfiles	Investigación
1	Universidad de Guanajuato. Instituto de Física (IF-UGto.)	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 (IF-UAP)	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 (UASLP-IF)	M / D	✓	✓
11	Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEMo)	D	✓	✓
12	Universidad Autónoma de Zacatecas	D	✓	✓

Pérez-Angón, M.A. y Torres-Vega, G., 1993

Catálogos Latinoamericanos de Programas y Recursos Humanos en Física. 1987-2000.

A partir de la incorporación de México en proyectos de investigación experimental desarrollada directamente en aceleradores de partículas, como FERMILAB, DESY, CERN y BNL, se abren las posibilidades para otras entidades del país de incorporarse a la investigación y preparación 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 (Zepeda-Domínguez, 2000).

3.3. Incorporación de la FMPE al área experimental (Big Science)

Con la idea de promover a nivel latinoamericano la investigación experimental en el área de partículas elementales, Leon Lederman, director del Fermi National Laboratory (FERMILAB), visitó México a principios de los años 80 (Herrera-Corral, 2000). Durante su estancia en nuestro país asistió al Instituto de Física de la UNAM donde ya existía un grupo de físicos integrados al área de partículas y campos entre ellos Clicerio Avilez, Germinal Cocho, Matías Moreno y Alfonso Mondragón. Clicerio Avilez convencido por el propio Leon Lederman, se incorporó a la Universidad de Massachusetts en donde en colaboración con los laboratorios Brookhaven y FERMILAB (Flores, 2000) participó en el experimento E766, que tenía como objetivo el desarrollo en física de hadrones (Herrera-Corral, 1993). El proyecto fue liderado por el propio Clicerio Avilez, quien años después fundó el Instituto de Física en León, Guanajuato (Félix-Valdez y Moreno-López, 2000) como dependencia de la Universidad del Estado, dedicado exclusivamente al desarrollo de la física experimental en altas energías.

Por otro lado, 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 generando 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 y Distrito Federal. En consecuencia a lo anterior y por el 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 Europa y Estados Unidos (Herrera-Corral, 1996)(Sociedad Mexicana de Física, 1996) para la formación y el desarrollo de tesis en centros experimentales como el CERN, DESY y FERMILAB. Actualmente la Universidad de Guanajuato, CINVESTAV, la UMSNH, la BUAP y la UASLP ofrecen especialización en el área experimental de partículas y campos.

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 como: Large Hadron Collider (LHC), A Large Ion Collider Experiment (ALICE), entre otros, al participar en experimentos como E715, E791, D0, FOCUS, en la planeación del detector GEM dentro del proyecto de Superconducting Super Collider (SSC) que es una de las investigaciones científicas más grandes en la historia de la humanidad donde México está presente a través de CINVESTAV, la Universidad de Guanajuato y la UNAM (Contreras-Nuño y Magaña, 2000) (Herrera-Corral y Montaña-Zetina, 1998). Además, el observatorio Pierre-Auger se encuentra en proceso de construcción y queda dividido en dos regiones: la región sur ubicada en la provincia de Mendoza, Argentina, y la región norte en Utha, EUA con un área total de 6000 Km². Este proyecto de investigación es una de las colaboraciones internacionales más grandes en la historia de la ciencia ya que estima la participación de 18 países, entre ellos México, que tiene integrados a 31 profesores y nueve estudiantes de siete diferentes instituciones del país (Cotti-Gollini y Zepeda-Domínguez, 1998).

Para reforzar el desarrollo de la investigación en el área, y para acercar a posibles perfiles a la ciencia de partículas y campos, en 1984 por iniciativa de los doctores Arnulfo Zepeda Domínguez, José Luis Lucio Martínez y Matías Moreno Yntriago se originó la Escuela Mexicana de Partículas y Campos (EMPC). Posteriormente dirigida y apoyada por la División de Partículas y Campos de la Sociedad Mexicana de Física, se logró organizar e institucionalizar sus programas académicos, así como la obtención de financiamiento económico propio (Sociedad Mexicana de Física, 1996). Generalmente cada año a través de distintos Congresos, organizados y patrocinados principalmente por instancias como el CONACYT, el Centro Latinoamericano de Física, la UNAM, CINVESTAV, UAP y UASLP, entre otras, se abre un espacio para atender el programa académico, previamente preparado por un comité organizador interno a cargo de la EMPE. De esta manera se imparten cursos enfocados a diferentes aspectos como fenomenología, teoría de campos, entre otros. Los congresos 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 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.

Entre otras actividades que el grupo mexicano en FPE 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, 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 hace 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 especializados en altas energías, se han formado en alguno de estos laboratorios extranjeros, incorporándose también 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 la Academia Mexicana de Ciencias (AMC), e instituciones mexicanas de educación superior como CINVESTAV, UNAM, UASLP, UAM-I. Además del apoyo que reciben de los laboratorios, son quienes generalmente quedan a cargo de cubrir los gastos de estancia de los estudiantes.

Referencias citadas

American Physical Society., 2000. 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.

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.

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):87-94.

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

Contreras-Nuño, J.G y Magaña, L., 2000. Mexican participation in the HI 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.

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.

Félix-Valdéz, J. 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.

Flores, J., (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.

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

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.

Herrera-Corral, G., 1994. A la espera del quark top. *Avance y perspectiva*. 13(mayo-junio): 141-148.

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

Herrera-Corral, G. y Montaña-Zetina, LM., (1998). Colaboración mexicana con el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares. *Avance y Perspectiva*. 178(noviembre-diciembre).357-362.

Herrera-Corral, G., (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.

Institute for Scientific Information., 2000. JCR: Journal Citation Reports: 2000. 2a. ed. Philadelphia, USA: ISI, Thomson Scientific, 117 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):147-155.

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

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.

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, 118-124.

Zepeda-Domínguez, A., 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.

CAPITULO IV

Apropiación de las tecnologías de información por investigadores mexicanos del área de partículas elementales

4.1. Introducción

De acuerdo con el marco teórico y referencial expuesto en capítulos anteriores, el desarrollo de las disciplinas *Big Science*, en particular la física de partículas elementales, repercutió en distintos aspectos, sobre todo en la forma de comunicar y compartir el conocimiento científico, apoyados principalmente en el desarrollo de grandes sistemas electrónicos de preprints (e-prints). La incorporación de físicos mexicanos del área de partículas elementales en proyectos internacionales de investigación *Big Science*, maduró la idea de realizar un estudio enfocado a determinar: el uso y aprovechamiento que éste grupo de investigadores está haciendo de las nuevas tecnologías de información; su participación en los nuevos esquemas de comunicación científica, determinada con la cuantificación de la producción científica del grupo analizado, registrada en el sistema de archivos SPIRES-HEP; advertir a las bibliotecas especializadas, sobre las nuevas modalidades que los físicos mexicanos del área de partículas elementales están siguiendo para resolver sus necesidades de información. Con estas inquietudes, se determinó abordar la investigación a partir de la aplicación de dos metodologías: la primera soportada en la técnica del cuestionario, mismo que se diseñó y aplicó, dando como resultado datos descriptivos, cualitativos y cuantitativos sobre la comunidad científica estudiada. La segunda se enfocó a identificar directamente en el sistema SPIRES-HEP, la presencia de los físicos mexicanos del área de partículas elementales, a través de la cuantificación de la producción científica registrada en el sistema. Esta última precisó el uso de una base de datos local, desarrollada en Access por la Biblioteca

de Ciencias Exactas del CINVESTAV, misma que integra la literatura científica mexicana, publicada por físicos del área de partículas elementales en el sistema SPIRES-HEP, de donde se extrajeron los registros correspondientes a trabajos publicados por la comunidad mexicana durante el periodo (1970-2000).

La información de los cuestionarios se complementó con los datos registrados en el sistema SPIRES-HEP; con el fin de lograr una mejor caracterización de la comunidad científica analizada, sobre todo en relación con el uso de la información científica; la publicación de resultados de investigación; y la presencia de la comunidad científica mexicana en los nuevos modelos de comunicación científica.

De esta manera, los resultados mostrados en la presente investigación son consecuencia de la aplicación de los métodos anteriormente señalados. Para una mejor interpretación de los mismos, se dispuso del paquete estadístico Smith's Statistical Package (SSP), y de la hoja de cálculo Excel, a fin de hacer representaciones gráficas y cuadros.

Procedimientos

4.2. Fuentes de información

- Bases de datos bibliográficas especializadas en el tema.
- Base de datos sobre recursos humanos de la Sociedad Mexicana de Física (SMF), 2001.
- SPIRES-HEP (Stanford Public Information Retrieval System – High Energy Physics).
- Base de datos local sobre física mexicana de partículas elementales (FMPE): 1970-2000.
- Anuarios de CINVESTAV y del Instituto Politécnico Nacional (IPN)
- Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física (CLPRF) 1997-2000.
- Paquete estadístico SSP (Smith's Statistical Package)
- Internet

4.3. Metodología

A partir de una base de datos facilitada por el Dr. Miguel Angel Pérez Angón, sobre recursos humanos en física, desarrollada en DBase por la Sociedad Mexicana de Física (SMF) y actualizada hasta el año 2001, se identificaron y ubicaron los nombres e instituciones de los físicos mexicanos inscritos al área de partículas elementales. Durante los meses de mayo-junio del 2003, el proceso se complementó, por un lado, consultando la página Web de la SMF directamente de la División de Partículas y Campos (DPC) en la liga que conduce a “Directory” (<http://www.smf.mx/dpyc.smf.mx>), en donde se aplicaron búsquedas por cada una de las letras del abecedario (A-Z), arrojando como resultado los nombres de los

investigadores asociados, los que se compararon contra los obtenidos en la búsqueda hecha en la base de datos. De esta manera se fue construyendo un solo listado con los datos obtenidos de ambas fuentes, mismo que se actualizó con ayuda de los Catálogos Latinoamericanos de Programas y Recursos en Física (CLPRF) de 1997 a 2000, además de los anuarios de instituciones como CINVESTAV e IPN y el envío de e-mail directamente a los investigadores en casos donde las diferentes herramientas utilizadas no aclaraban la pertenencia del científico al área de investigación.

La utilización de estas diferentes fuentes de información dieron origen al primer listado de científicos relacionados con el área de partículas elementales en México, mismo que fue revisado por el Dr. Miguel Angel Pérez Angón, investigador del Departamento de Física del CINVESTAV quien es un experto y conoce perfectamente bien la plantilla académica del área, particularmente por los estudios que desarrolla en colaboración con el Dr. Gabino Torres Vega sobre el crecimiento de la matrícula estudiantil (ingresos y egresos), la identificación de los principales grupos de investigación en física en nuestro país, el número de recursos humanos por área y tipo de investigación y, el estudio sobre los programas de investigación en Licenciatura, Maestría y Doctorado (Pérez-Angón y Torres-Vega, 1993, 1994). El listado se depuró de acuerdo con las sugerencias del Dr. M. A. Pérez Angón, quedando constituido con un total de 84 científicos distribuidos en diferentes instituciones del país. Con apoyo de diferentes fuentes, principalmente páginas web de las universidades del país donde hay adscripción de físicos en el área y de la SMF, el listado se completó y, además de apellidos y nombres de los investigadores, se integró el año en que egresaron del doctorado, el tipo de investigación que actualmente desarrollan, la adscripción actual y el e-mail (anexo 1).

4.3.1. El cuestionario

Se diseñó un cuestionario en español estructurado en cinco secciones de acuerdo con los objetivos planteados para la investigación: (1) datos personales, (b) acceso a la información especializada, (c) publicación de resultados científicos, (4)) validación del conocimiento científico, y (5) evaluación del conocimiento científico. Cada sección integra un grupo de preguntas relativas al tema o apartado, se dejó al final del mismo la opción para comentarios libres o sugerencias (Anexo 2).

4.3.2. Validación del instrumento (el test)

La primera versión del cuestionario se aplicó a dos investigadores del CINVESTAV-DF, lo anterior por considerar importantes los comentarios que hicieron al mismo sobre todo porque se trata de un físico teórico/fenomenológico y otro experimental. Esto permitió determinar sí, para los diferentes tipos de investigación las preguntas eran claras. Este acercamiento generó comentarios sumamente valiosos para redefinir la estructura y preguntas en el cuestionario. Por último se solicitó el punto de vista de un experto en el diseño de cuestionarios como es el caso de la Dra. Sofía Liberman, de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Psicología de la UNAM, quien revisó y sugirió replantear algunas de las preguntas. Con las últimas modificaciones el cuestionario quedó listo para someterlo a la prueba o test, misma que se realizó únicamente con diez científicos del CINVESTAV, los resultados mostraron que el cuestionario estaba listo para su aplicación definitiva.

4.3.3. Aplicación de encuestas

La aplicación de encuestas tuvo lugar durante los meses de junio-agosto del 2003, proceso que se llevó a cabo de diferentes maneras; se prefirió la forma personalizada por considerar que ésta sería una forma rápida de contar con resultados, por lo menos en lo que respecta a instituciones localizadas en el Distrito Federal como es el caso de CINVESTAV, IF-UNAM, ICN-UNAM e IPN. También se aprovechó el evento anual que organiza la División de Partículas y Campos de la SMF, para encuestar principalmente a los físicos instalados en el interior del país como Zacatecas, San Luis Potosí, Michoacán, Guanajuato, Yucatán, Morelos, Hidalgo, Colima, entre otros. Al resto de los científicos se les envió el cuestionario por correo electrónico, sobre todo a los ubicados en provincia y en el extranjero. En el caso de la Unidad Mérida del CINVESTAV, se contó con el apoyo del bibliotecario para distribuir el cuestionario entre los profesores e investigadores del área, tanto de manera personal como por correo electrónico. Los cuestionarios contestados fueron devueltos utilizando los mismos medios en que se enviaron, es decir por correo certificado y electrónico.

El universo de estudio quedó constituido con 84 científicos mexicanos adscritos al área de partículas elementales. De acuerdo con Powell (1991), una muestra representativa de estudio queda bien reflejada con la respuesta de 66 de las encuestas aplicadas. Por lo anterior, el cuestionario se aplicó a los 84 científicos, de los cuales 70 se respondieron de la siguiente manera: 46 se contestaron en formato impreso, y 24 vía e-mail. Las instituciones que mejor respondieron a la solicitud de apoyo fueron: el ICN-UNAM, IF-UNAM, CINVESTAV-DF, CINVESTAV-UM, UMSNH, UASLP, así como los físicos mexicanos laborando en el extranjero (Anexo 1).

4.3.4. Organización y vaciado de respuestas

La información obtenida de los cuestionarios se trabajó en Excel dejando por separado los datos de cada apartado, es decir siguiendo la estructura del propio cuestionario. Para facilitar la organización y recuperación de los datos y relacionar variables entre sí, la información se migró de Excel a Access integrando una base de datos constituida por seis tablas principales, entre otras la que contiene la clave llave que establece la relación entre las mismas y facilita la consulta entre los distintos campos que conforman las tablas.

4.3.5. Tratamiento estadístico de los resultados

El tratamiento estadístico de la información se realizó utilizando el paquete Smith's Statistical Package (SSP), y la hoja de cálculo de Excel, los que permitieron medir la frecuencia de las respuestas, para obtener promedios y medidas de tendencia central, de dispersión y asimetría tales como media, mediana y moda, desviación estándar, entre otras, así como para hacer representaciones gráficas y cuadros.

4.3.6. Sistema Spires-Hep

Para determinar la aportación científico-literaria que los físicos del área hacen directamente en servidores de archivos e-print se utilizó el sistema SPIRES-HEP, que consiste de un conjunto de bases de datos desarrolladas en el área de altas energías (HEP), administradas desde 1974 por la biblioteca del Stanford Linear Accelerator Centre (SLAC) (Kreitz & Barnett, 1997), la que diariamente se va actualizando. Hasta agosto del 2003 integraba 500, 000 distintos tipos de documentos como e-print, artículos en revistas,

memorias, congresos, platicas, tesis y reportes técnicos. El sistema se localiza en la dirección URL (<http://www.slac.stanford.edu/spires/hep/>) y presenta distintas alternativas de búsqueda que permiten recuperar todos los documentos publicados y las citas hechas a los trabajos bajo campos específicos como autor, título, revista, institución, proyecto de investigación, entre otros. Partiendo de estas ventajas se buscaron y extrajeron los trabajos con adscripción a instituciones mexicanas. Se complementó el proceso utilizando herramientas como los catálogos latinoamericanos de programas y recursos humanos en física de 1997 a 2000 publicados anualmente por la Sociedad Mexicana de Física (SMF), al igual que los anuarios del CINVESTAV y del IPN. Sin embargo los fondos documentales de la biblioteca de Ciencias Exactas del CINVESTAV ofrecieron el apoyo más importante por la revisión directa de los trabajos publicados en revistas. Finalmente con el apoyo de Access se integró una base de datos local sobre FMPE con la información extraída de Spires-Hep.

Resultados

4.4. Características de la Comunidad FMPE

4.4.1. Plantilla Académica

Con la información que ofrece el Anexo 1, y parte de las preguntas que integra la sección uno del cuestionario (Anexo 2), se organizaron los datos que presenta el cuadro 4-1, mismo que muestra las entidades federativas, instituciones, centros de investigación y departamentos donde están ubicados los físicos mexicanos que desarrollan actividades de investigación relacionadas con el área de partículas elementales, y el número de científicos por tipo de investigación teórica y experimental integrados por entidad. En total se identificó una población constituida por 84 científicos con dicha especialidad, de los cuales 78 (93%) representan al género masculino y seis (7%) al femenino. Estos científicos están involucrados en distintas áreas de investigación, particularmente rayos cósmicos y cosmología, supersimetrías y cuantificación de teorías, fenómenos de polarización, interacciones electrodébiles, física de ladrones, física médica, física computacional, física de neutrinos, iones pesados, teoría de campos, teoría cuántica, teoría de cuerdas, propiedades de hadrones entre otras; todas ellas bajo la representación de tres diferentes tipos de investigación: teórica, fenomenológica y experimental. Por otro lado, el grado máximo académico que presenta la comunidad científica estudiada es el Doctorado. Las instituciones que acogen el mayor número de investigadores del área son: la UMSNH con 12, CINVESTAV-DF y el ICN-UNAM con 11, aunque como lo muestra el cuadro 4-1 son 20 las distintas instituciones de educación superior y centros de investigación que distribuidas en 15 Estados del país, hospedan a científicos de partículas elementales, a través, generalmente de los departamentos e institutos de física. A nivel regional, el Distrito Federal concentra el porcentaje más alto de

científicos en el área 42% (35) de los investigadores. La categoría laboral del grupo, depende de la institución de adscripción generalmente es de, investigador titular o, investigador asociado; profesor investigador asociado o, profesor titular.

Cuadro 4-1

Ubicación de los físicos mexicanos del área de Partículas Elementales por estados, instituciones y centros de investigación.

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

Base de datos de la Sociedad Mexicana de Física (SMF)

Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física

Anuarios de Instituciones con programas de formación de recursos en física.

El cuadro 4-2 presenta los nombres de los físicos que han adquirido la especialidad en física experimental de altas energías, directamente en centros internacionales con aceleradores de partículas. El cuadro permite determinar que la práctica experimental en el área, es relativamente joven, hace apenas 18 años (1984-2003) se inició la formación de los primeros científicos en la especialidad. Actualmente son 21 los investigadores egresados, mismos que se van integrando a la plantilla académica y de investigación del país, de los cuales, los señalados con asterisco han decidido reorientar líneas de investigación abandonando la adquirida originalmente.

Cada uno de estos científicos proceden de los principales centros de experimentación que hay en el mundo: FERMILAB, CERN y DESY, aunque el porcentaje más alto de egresados (70%) proviene de FERMILAB. Sin embargo, en cualquiera de los laboratorios, Maestrías y Doctorados se adquieren de la participación en proyectos de colaboración internacional, como: E-687, E-761, E781, E715, E791, AU1, H1, SELEX, FOCUS, ALICE y LHC, experimentos que a la fecha se ubican en distintas etapas de desarrollo, algunos ya concluyeron la primera 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 en el año 2007. Otros están en la fase de corrimiento de eventos, recopilación de datos y análisis de resultados.

Las instituciones mexicanas que mayor número de recursos experimentales asegura como parte de sus filas de profesores e investigadores son el IF-UGto, CINVESTAV-DF, UASLP y el ICN-UNAM, principalmente entre dos y cinco recursos por institución (ver cuadro 4-1). Por su parte el CINVESTAV es quien más grados académicos otorga a estudiantes egresados de Centros Experimentales.

Cuadro 4-2
Físicos mexicanos doctorados directamente en aceleradores de partículas.

Periodos de Formación Año-inicio Año-fin		Doctorados	Laboratorio	Experimento	Otorgó el grado	Adscripción Actual
1985	1988	Villaseñor, L. M.	CERN	UA1	CINVESTAV	UMSNH
	1989	Moreno, G.	FERMILAB	E-605	CINVESTAV	IF-UGto.
	1990	Méndez, H.	FERMILAB	E-687	CINVESTAV	Univ. Puerto Rico
	1992	Morelos, A.	FERMILAB	E-761	CINVESTAV	IF-UASLP
1987	1992	Herrera, G.	CERN	ARGUS	Univ. Dortmund	CINVESTAV-DF
	1992	Engelfred, J.	FERMILAB		Univ. Heidelberg	UASLP
1989	1991	Castilla, H.	FERMILAB	UA1	CINVESTAV	CINVESTAV-DF
	1991	Vargas, M. *	CERN	UA1	CINVESTAV	IF-UGto.
1991	1992	Fernández, A (Posdoctorado)	FERMILAB	E-791	CINVESTAV	FCFM-UAP
1992	1998	Esparza, E. *	FERMILAB	E-781	CINVESTAV	Univ. Texas A & M
1993	1994	Félix, J.	CERN	E-871	UGUANAJUATO	IF-UGto.
	1996	Reyes, M. A.	FERMILAB	E-791	CINVESTAV	IF-UGto.
	1997	Contreras, J.G.	DESY	H1	Univ. Dortmund	CINVESTAV-UM
	1997	Magaña, L. *	FERMILAB	D0	CINVESTAV	Tecnológico de Morelia
	2003	Carrillo, S.	FERMILAB	FOCUS	CINVESTAV	Univ. Ibero Americana
1994	1998	Hernández, R.	FERMILAB	D0	CINVESTAV	Univ. Veracruzana
	1998	González, J. L.	FERMILAB	D0	CINVESTAV	IF-UGto
1995	1997	Sánchez, A.	FERMILAB	D0	CINVESTAV	CINVESTAV-DF
1994	2000	Montaño, L.	FERMILAB	E-791	CINVESTAV	CINVESTAV-DF
	1994	Cuautle, E.	FERMILAB	E-791	CINVESTAV	ICN-UNAM
	1996	Calderón, M.	CERN	STAR	Univ. Yale	BNL
19		21	3	11	4	9 naciones 3 extranjeras

Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física, 1987-2000

Base de datos local sobre física de partículas elementales.

Base de datos sobre respuestas de cuestionarios.

(*) Investigadores que cambiaron o reorientaron línea de investigación.

4.4.2. Promedios de edad de la comunidad FMPE

El 72% de los físicos del área están concentrados en únicamente tres principales rangos de edad, el primero de 31-35 años que concentra a 14 físicos; 18 científicos más se ubicaron en el segundo rango de 36-40 años; finalmente en el tercero con edades de 41-45 años se identificaron 17 investigadores. Sin embargo, como lo muestra la figura 4-1, otra parte de la comunidad científica representada por 18% de los físicos, se encuentra distribuida

en promedios de edad que están por arriba de los 46 años, y el 10% restante corresponde a los científicos jóvenes con edades promedio de 26 a 30 años.

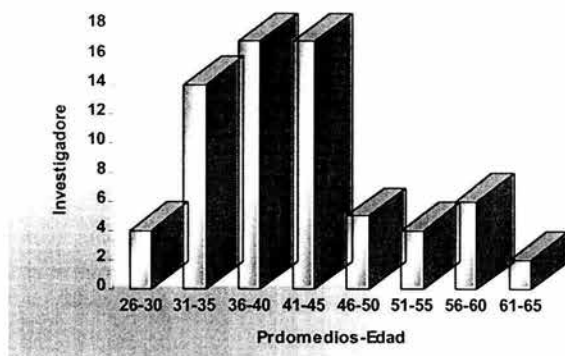


Figura 4-1. Promedios de edad de la comunidad fisica mexicana del área de Partículas elementales.

Los datos anteriores permiten hacer otro tipo de interpretación (figura 4-2) basado en el uso de histogramas, representando mediante cajas las frecuencias de los resultados agrupados en intervalos. Esto permite identificar aspectos como los siguientes: la variable edad reporta en total 29 observaciones, es decir el universo estudiado conformado por 70 científicos, sus edades están dispersas en 29 formas diferentes. Identificando como valor más alto el correspondiente a 63 años, y el mínimo de 29. La media quedó identificada en la edad de 43 años, la mediana en 42, la moda está reflejada entre 39 y 42 años. El primer cuartil está representado por la edad de 35 años y el tercero con 51. La diferencia o rango intercuartil se identificó con valor de 16. La varianza es de 99.9, la desviación estándar de los datos ocurrió con un promedio de 9.9, y se generó un posible sesgo de 0.057 en los datos analizados. Lo anterior quiere decir, que las edades de los científicos estudiados están centradas entre 39 y 43

años, y que la comunidad científica en general está representada principalmente por investigadores jóvenes, donde predominan los de 39 y 42 años respectivamente.

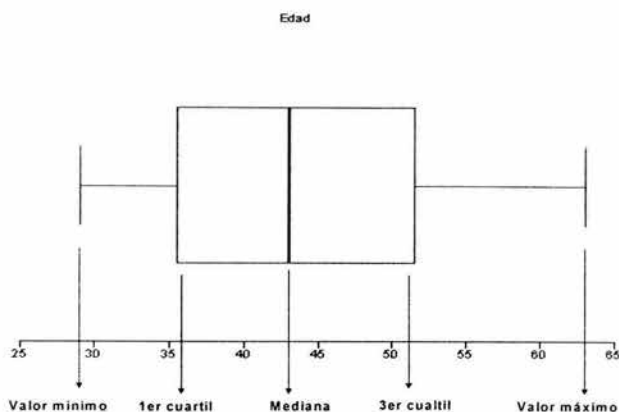


Figura 4-2. Representación gráfica de las edades de los físicos mexicanos de Partículas Elementales.

Por otro lado, el grupo de científicos mexicanos del área de partículas y campos, presenta un crecimiento en el número de doctorados totalmente ajeno al tiempo. La figura 4-3, muestra la forma en que se ha venido integrando la plantilla académica del área. A partir de la aplicación a los datos, de una línea de tendencia de tipo polinómica de segundo orden, y extrapolando los datos cinco años después a 2002, se pronosticó el crecimiento de doctorados para el área en los años de 2003 a 2007. De esta manera, y con ayuda de la figura 4-3, fue posible determinar que el crecimiento de doctorados no es constante, porque hay años donde se percibe un incremento, y casi inmediatamente después viene un decremento, seguido de una estabilidad que se mantiene generalmente por dos y hasta tres años. La década de los años 90 es cuando más crece el número de doctores en el área, de dos a cinco que generalmente se titulaban en

las décadas anteriores. En los 90s el número se incrementó de seis a ocho sobre todo en 1995,1996 y 2000. Sin embargo, la constante en el crecimiento no se mantiene, dando como resultado los altibajos que la figura muestra entre uno año y otro, lo que indica que el tiempo nada tiene que ver con el incremento en los doctorados. Confirma lo anterior el valor de regresión de $R^2 = 0.3959$ que demuestra un patrón de crecimiento promedio de tres a cuatro investigadores, para las futuras generaciones de doctorados en la FMPE.

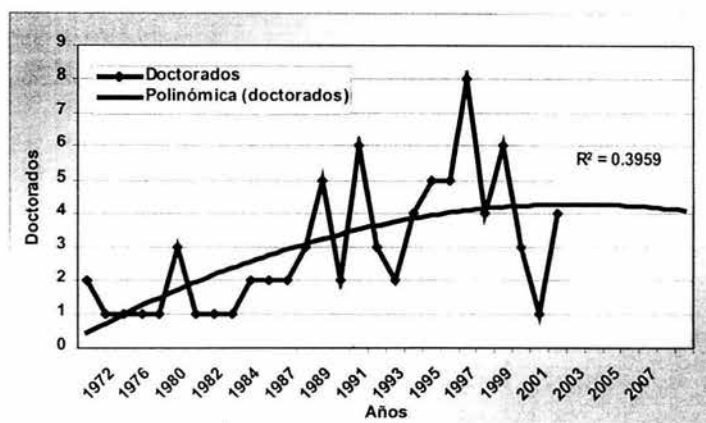


Figura 4-3. Dinámica del crecimiento de doctorados en la FMPE.

4.4.3. Reconocimiento en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI)

El reconocimiento de los físicos mexicanos del área de partículas y campos en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), se refleja a través de la figura 4-4, en la que se puede apreciar la situación de 70 científicos, a partir de los tres niveles que maneja el SNI. Es decir, 33 (47%) de los investigadores están ubicados en la categoría I, 16 (23%) en la II, y 11 (16%) en la III. Cinco (7%) están pendientes como candidatos a lograr alguna de las categorías y, cinco (7%) no señalaron tener reconocimiento en el SNI.

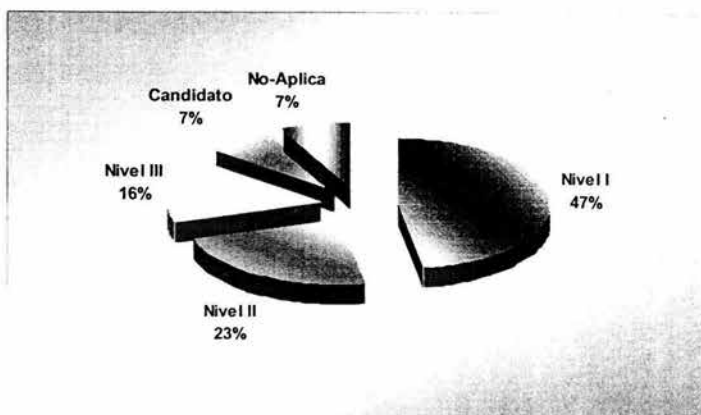


Figura 4-4. Investigadores del área de Partículas Elementales en el SNI.

Complementa lo anterior la figura 4-5, que también representa la participación de físicos del área en el SNI pero, combinada con la variable “edad de los investigadores”. La línea punteada larga indica una concentración de la categoría I en los promedios de edad de 30-34 y 45-49 años. Mientras que la línea punteada corta, representa a la categoría II, la que refleja la mayor dispersión a lo largo de los diferentes promedios de edad señalados por la figura 4-5, excepción de los 30-34 años. Por último, la categoría III se mueve en una situación muy parecida a la uno, a diferencia de que ésta concentra a los investigadores localizados en promedios de edad de 40-44, 50-54 y 55-59 años. Los candidatos al SNI están representados por físicos jóvenes entre 30 y 39 años. Finalmente también hacen presencia a través de una línea continua, los físicos que no acreditan una categoría en el SNI, cuyas edades están disgregadas en los nueve promedios de edad representados.

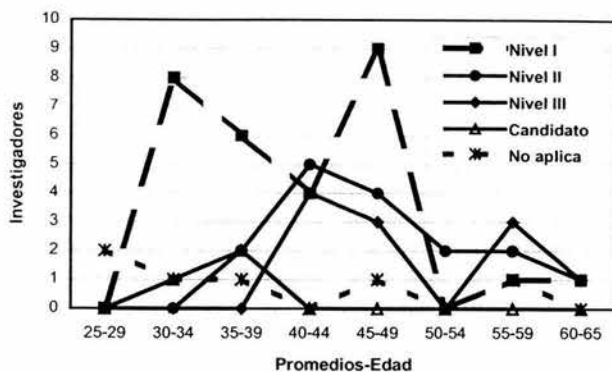


Figura 4-5. Promedios de edad de los investigadores y su reconocimiento en el SNI.

4.4.4. Antigüedad de la comunidad FMPE en la investigación

Por su parte la figura 4-6, da muestra del tiempo que los físicos mexicanos del área de partículas elementales tienen en la investigación científica. Se identificó la presencia de tres grupos de investigadores con periodos de tiempo distintos dentro de la actividad científica. El primero que no rebasa los diez años y representa al grueso de los investigadores (57%). El segundo se mueve entre 12 y 20 años, reportando un 31% de físicos involucrados. Por último, el tercero de grupo integrado únicamente por el 10% de los físicos, corresponde a los que tienen más de 20 años en la investigación.

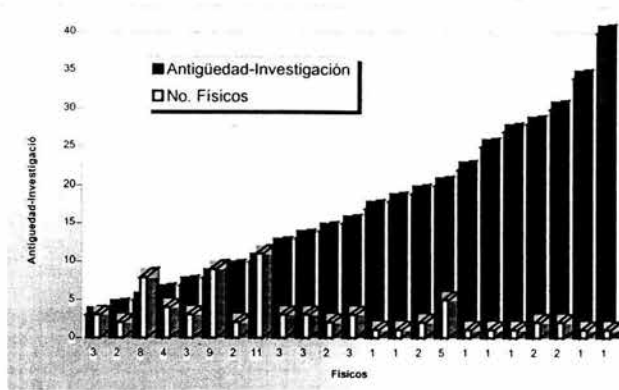


Figura 4-6. Físicos mexicanos del área de Partículas Elementales y su antigüedad en la investigación.

4.4.5. Acceso a la información especializada en el área

El 82% de los científicos mexicanos del área de partículas elementales, evaluaron al documento e-print, otorgándole en una escala de uno a diez, los valores más altos de la misma, particularmente por las ventajas que ofrece como medio de acceso a la información, y como apoyo a su trabajo de investigación. Sin embargo, las tres principales fuentes de acceso a la información que utilizan los científicos estudiados, están representadas en la figura 4-7, misma que muestra el número de veces por día, semana, mes y año que los investigadores acceden a servidores e-print, revistas electrónicas y bibliotecas especializadas sobre todo para consultar y extraer información requerida. 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 otorga a las revistas electrónicas el porcentaje más alto. Aunque en los accesos a la información por periodos mensuales, la biblioteca tradicional presenta el ingreso más alto, y sus fondos documentales de acuerdo con la comunidad entrevistada, son útiles

principalmente para apoyar cursos y seminarios de investigación. Finalmente cinco físicos confirman que asisten a la biblioteca e ingresan a revistas electrónicas una vez al año, y sólo un caso niega el uso de los fondos documentales de la biblioteca.

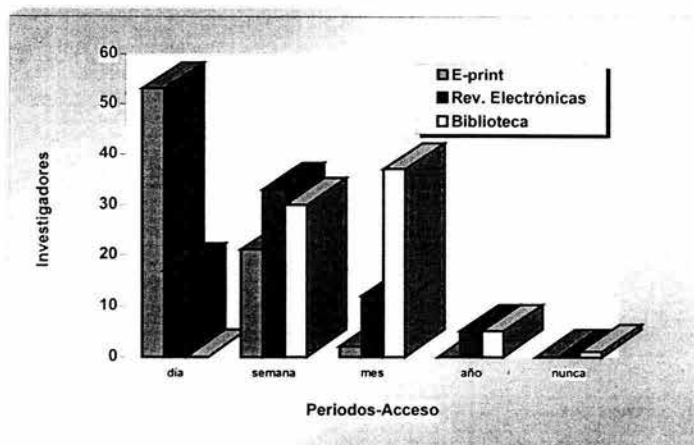


Figura 4-7. Acceso a la información a través de tres fuentes distintas: e-print revistas electrónicas y bibliotecas especializadas.

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 a la que reflejan los servidores e-print, en particular, porque de ésta se recuperan porcentajes que varían de 10 a 30% de la información. Las revistas electrónicas presentan las preferencias más dispersas, ya que se utilizan desde el 0% hasta el 100%, y los porcentajes más altos que se manejan varían entre 10, 20, 50, 80 y 90%.

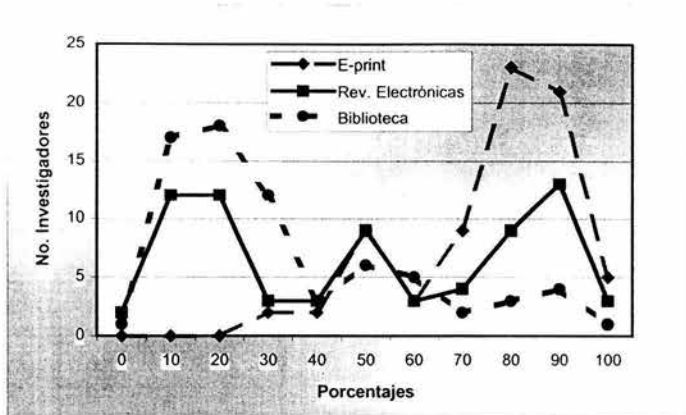


Figura 4-8. Preferencias de información proveniente de tres diferentes fuentes: e-print, revistas electrónicas y bibliotecas.

La figura 4-9 muestra la correlación que existe entre los rangos de edad de los investigadores del área, y la preferencia que los mismos tienen por el uso de servidores e-print. La aplicación a los datos, de una línea de tendencia de tipo polinómica de quinto orden, cuyo valor regresivo de $R^2 = 09271$, indica un perfecto ajuste entre las variables analizadas. La correlación está concentrada en los rangos de edades intermedias, preferentemente en el segundo y tercer rango (34-38 y 39-43 años), justo donde están ubicados los investigadores que tienen mayor preferencia en el uso de los servidores e-print. Los físicos del área experimental por el tipo de investigación que realizan, tienen costumbres más definidas por el uso de los recursos de información en formato electrónico. Sin embargo, de acuerdo con la figura 4-9, son los investigadores jóvenes los que mayor inclinación tienen hacia los servidores e-print. En tanto que los científicos mayores, no las rechazan, pero sus accesos son menos frecuentes.

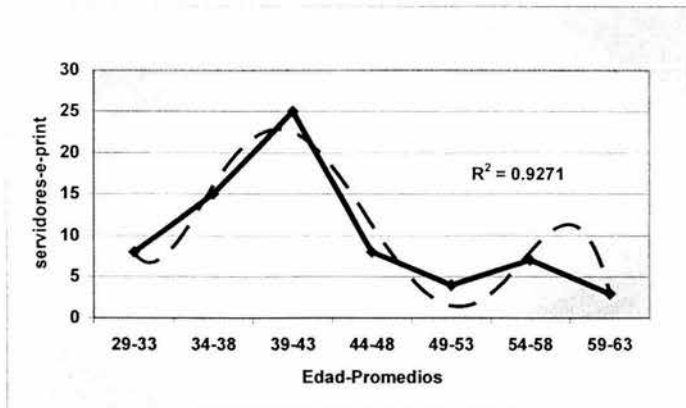


Figura 4-9. Correlación entre uso de servidores e-print y promedios de edad de la comunidad científica.

La figura 4-10 es un ejemplo de la preferencia y consistencia que presentan los físicos mexicanos 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. Esta figura muestra que los servidores arXiv y SPIRES-HEP son fundamentales para la comunidad científica. El primero fue seleccionado en la posición uno con 33 preferencias (50%) de las mismas. Al segundo lo eligieron 31 veces, también para la posición uno (46%). En la posición dos, nuevamente aparecen SPIRES-HEP con 24 preferencias y arXiv con 22. Para la posición tres y cuatro, el grupo se inclinó por servidores como CERN, 19 veces elegido, y FERMILAB con 11. En la cuatro seleccionaron a FERMILAB quien recibió 12 preferencias, y CERN únicamente seis. Finalmente la posición cinco es para DESY, que seleccionado 15 votos aparece junto con arXiv y FERMILAB en esta posición.

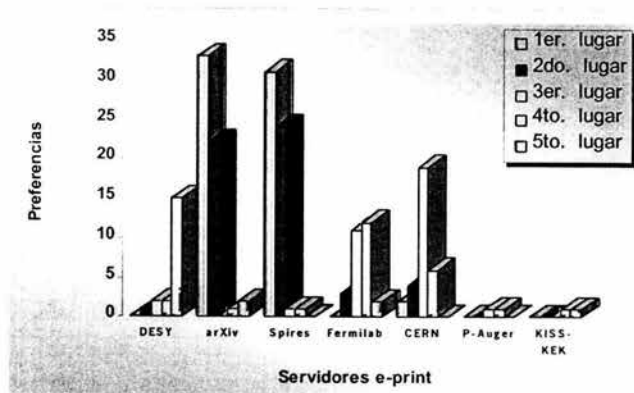


Figura 4-10. Clasificación de servidores e-print según como resuelven las necesidades de información de los investigadores.

Por último, como se puede observar, los FMPE utilizan los 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 digitalizarse. Aunque, reconocen que su vigencia 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. Un 44% de los físicos se inclinaron en favor de que la biblioteca tiende a desaparecer, cada vez se utiliza menos y generalmente más por comodidad que por necesidad.

4.4.6. Publicación de resultados de investigación

Para los físicos del área de partículas y campos, la publicación en forma simultánea tanto en servidores e-print como en forma impresa es un proceso que generalmente ocurre. Sin embargo, con la figura 4-11 se puede determinar que los físicos prefieren enviar sus trabajos de investigación, primero a servidores e-print, colocando por este medio entre 90 y 100% de los mismos. El tipo de material que con mayor frecuencia se da a conocer a través de estos servidores lo muestra la figura 4-12, en primer lugar están los preprints (30%), seguidos de los reportes técnicos (27%), en tercer sitio aparecen los artículos en revistas (26%). Por último aparecen los congresos, memorias, proceedings y tesis, que juntos acumularon el 17% de la información enviada a servidores e-print.

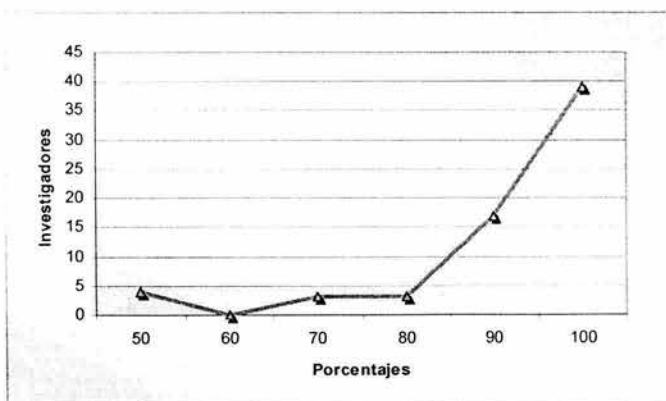


Figura 4-11. Publicación de resultados de investigación vía e-print.

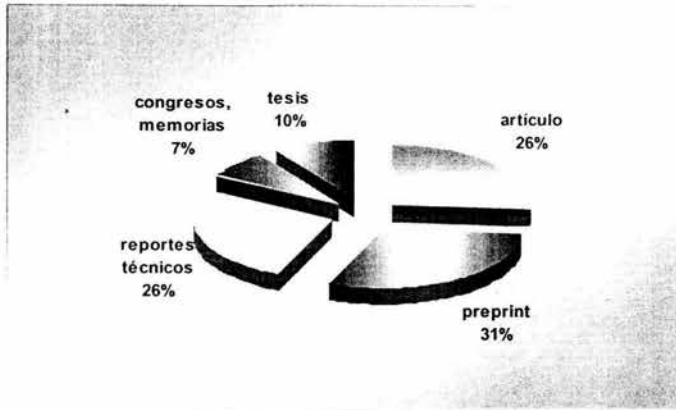


Figura 4-12. Preferencias en el tipo de material a publicar vía e-print.

La figura 4-13 presenta 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 electrónicos 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 recientes resultados en la investigación.

El grupo de científicos 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 últimos dos, elegidos únicamente en tres ocasiones. Por otro lado, CERN, FERMILAB y DESY fueron elegidos como servidores de utilidad en la posición tres, CERN con 11 preferencias, seguido de FERMILAB con cinco, y por último DESY que sólo consiguió tres. En la posición cuatro quedó mejor ubicado el servidor DESY al ser elegido en diez ocasiones por la comunidad científica, le sigue

FERMILAB con tres, mientras que el CERN fue favorecido dos veces. Por último el servidor Pierre_Auger, sólo tuvo preferencia en la posición tres y cuatro.

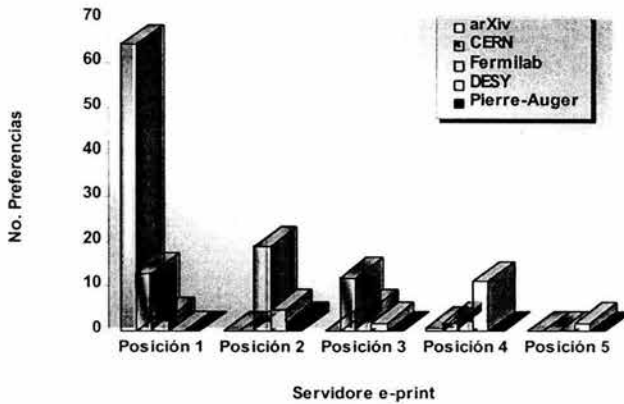


Figura 4-13. Servidores e-print preferidos para publicar.

De acuerdo con los resultados del cuestionario, los FMPE tienen clave de acceso a los distintos servidores e-print que existen en el área. Sin embargo, cuentan con más contraseñas para los archivos arXiv, el 61% de los investigadores mantienen el acceso. Le sigue en orden de importancia los archivos del FERMILAB donde el 14% de los científicos tienen clave de ingreso. Un 12% corresponde a SPIRES-HEP y el 13% restante está distribuido entre CERN, DESY y Pierre_Auger. Por otro lado, esta comunidad de científicos, no ha tenido necesidad de someter sus resultados de investigación a otros servidores e-print, pues consideran suficientes los que actualmente existen para el área de la física. Por otro lado, para los mismos científicos es común enviar en forma paralela el mismo documento a servidores e-print, y a revistas científicas para su publicación. En ocasiones llega a ocurrir que el editor

ingresa a los servidores e-print para recuperar el documento que el investigador quiere someter a revisión.

El cuadro 4-3, presenta en seis columnas, 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 los títulos de revistas, abreviados y descritos en la segunda columna. La tercera muestra la frecuencia con que fueron seleccionadas por los científicos del área durante la encuesta aplicada. La cuarta hace referencia al factor de impacto 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 valor del factor de impacto logrado dentro de la propia categoría.

Como se puede observar, las principales revistas preferidas para publicar, son las nueve primeras de las 32 listadas en el cuadro 4-3, encabezadas básicamente por el *Physical Review D*, *Physics Letters B*, *Nuclear Physics B*, *Internacional Journal Modern Physics A*, *Physical Review Letters*, *Revista Mexicana de Física*, *Modern Physics A*, *Physics Letters A* y *Physical Review C*. De las cuales, 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 de los FMPE, se localizan en la categoría de Física Nuclear, y ocupan las posiciones tres y seis de las 22 que componen el grupo.

Las 23 revistas restantes, 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 mostradas en la lista. Están distribuidas en siete categorías de las propuestas por el JCR, todas en 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 *Revista Moderna de Física* 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, posicionadas en el lugar 16 y 32 de la lista de revistas preferidas para publicar (cuadro 4-3). Un caso contrario lo presenta la *Revista Mexicana de Física*, que aparece en la posición seis de las revistas preferidas por los físicos, y apenas cuenta con el 0.157 de factor de impacto, promedio que la mantiene en la antepenúltima posición en la categoría de Física Multidisciplinaria. Finalmente, 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.

Cuadro 4-3

Revistas preferidas por la comunidad científica para publicar resultados de investigación en forma impresa.

No.	Revistas Preferidas	No. Veces Preferidas	Factor Impacto 2001	Nombre de la Categoría JCR	Ubicación dentro de la Categoría JCR (*)
1	Phys Rev D	65	4.363	Partículas Elementales	5/20
2	Phys Lett B	52	4.337	Multidisciplinaria	7/66
3	Nucl Phys B	25	6.226	Nuclear	3/22
5	Phys Rev Lett	25	6.668	Multidisciplinaria	4/66
4	Int J Mod Phys A	21	1.541	Partículas Elementales	4/20
6	Rev Mex Fis	16	0.154	Multidisciplinaria	65/66
7	Mod Phys Lett A	12	1.119	Partículas Elementales	11/20
8	Phys Lett A	10	1.122	Multidisciplinaria	22/66
9	Phys Rev C	10	2.695	Nuclear	6/22
10	Eur Phys J C	7	5.194	Partículas Elementales	4/20
11	J Phys G. Natl Partic	7	1.284	Nuclear	12/22
12	Phys Rev B	7	3.07	Multidisciplinaria	4/26
13	Nucl Instrum Methd A	6	0.964	Partículas Elementales	13/20
14	Phys Rev A	5	2.81	Atómica y Molecular	7/30
15	Class Quantum Gravity	4	2.041	Materia Condensada	10/26
16	JHEP	4	4.196	Partículas Elementales	1/20
17	Nucl Phys A	4	2.074	Nuclear	8/22
18	Eur Phys J	4	0.640	Aplicada	48/71
19	Nucl Phys A	4	2.074	Nuclear	8/22
20	Astrophys J	3	5.921	Astronomía y Astrofísica	2/38
21	Astropart Phys	2	4.110	Partículas Elementales	6/20
22	J Phys A	3	1.542	Multidisciplinaria	17/66
23	J Math Phys	2	1.151	Matemática	11/29
24	Nuovo Cimento A	2	0.662	Partículas Elementales	17/20
25	Astron Astrophys	1	2.281	Astronomía y Astrofísica	15/38
26	Europhys Lett	1	2.304	Multidisciplinaria	8/66
27	Gen Relativ Grav	1	0.773	Multidisciplinaria	31/66
28	J Astrophys Astron	1	0.224	Astronomía y Astrofísica	36/38
29	J Phys Soc Jpn	1	1.628	Multidisciplinaria	13/66
30	Physica A	1	1.295	Multidisciplinaria	21/66
31	Physica Status Solid A	1	1.025	Materia Condensada	24/55
32	Rev Mod Phys	1	12.762	Multidisciplinaria	1/66

* Journal Citation Reports, 2001.

4.4.7. Validación del conocimiento científico

La figura 4-14 presenta los distintos puntos de vista de los investigadores del área, con respecto a la importancia que merece el documento impreso y electrónico como elementos de evaluación científica. Seleccionando en una escala de uno a diez, el grupo de científicos otorgó al documento impreso valores máximos de ocho, nueve y diez. Mientras

que, al documento electrónico lo valoraron desde uno hasta diez, aunque predominan como valores más altos ocho y nueve.

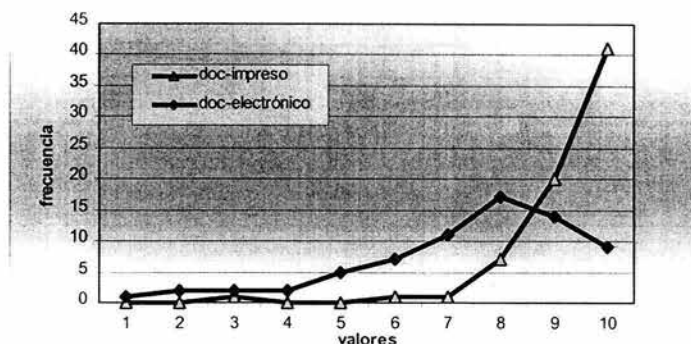


Figura 4-14. El documento impreso y electrónico como herramientas de evaluación científica.

Un evento similar ocurrió con las citas tradicionales y electrónicas, también evaluadas en una escala de uno a diez. La figura 4-15 muestra cómo la comunidad científica favoreció a las primeras. 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. Aunque en realidad fue apreciada con valores de uno hasta diez.

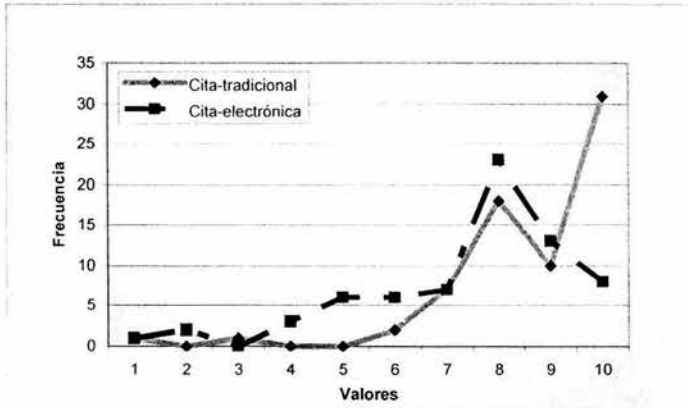


Figura 4-15. La cita tradicional y electrónica como elementos de evaluación científica.

La figura 4-16 da a conocer el porcentaje de referencias e-print que los físicos del área, tanto teóricos como experimentales integran en sus trabajos de investigación. Como se puede apreciar, los teóricos presentan mayor dispersión en el uso de referencias e-print, utilizando porcentajes que varían de 10, 20, 30, 50 y 60%, aunque también manifestaron preferencias en porcentajes más altos como 70, 80, 90 y 100%. Por su parte los experimentales del área, generalmente integran entre 30, 80, 90 y 100% de referencias e-print. Finalmente ambos grupos de investigadores presentan algunas coincidencias en cuanto al porcentaje de citas e-print que manejan en sus trabajos publicados.

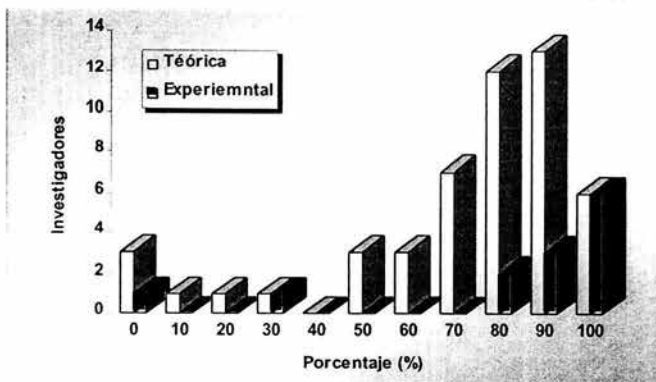


Figura 4-16. Porcentaje de referencias e-print incluidas en los trabajos publicados por investigadores teóricos y experimentales.

4.4.8. Sistemas de evaluación científica

De acuerdo con los resultados del cuestionario, 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, porque hay trabajos de investigación muy buenos y no han pasado por la revisión de los pares, e incluso llegan a ser trabajos altamente citados.

Por otro lado el sistema de información SPIRES-HEP fue catalogado por la comunidad científica del área como una base de datos muy buena, que garantiza la actualización permanente de información en el área, así como el acceso gratuito e inmediato a la información. La principal utilidad que los físicos hacen del sistema SPIRES-HEP es, para la búsqueda y recuperación de nuevos resultados de investigación, y para apoyar su propia evaluación científica. Esta comunidad científica normalmente recurre a esta base de datos para obtener indicadores de producción e impacto científico de sus trabajos de investigación registrados en SPIRES-HEP. Aprovechando el sistema en porcentajes de 70% a 100% para

propósitos de evaluación científica (figura 4-17). Por lo anterior, científicos del área consideran necesaria la integración de SPIRES-HEP como herramienta de evaluación, y su reconocimiento definitivo por parte de los organismos responsables de evaluar y promover la actividad científica en nuestro país. Justificando que el sistema, además de ser un estándar entre la comunidad científica del área, es gratuito, fácil de utilizar, rápido en la recuperación de resultados, completo y actualizado. Es el único sistema especializado en partículas y campos que ofrece indicadores de productividad e impacto, convirtiéndose en una herramienta indispensable para el grupo, porque dispone de toda la información publicada por los colegas del área, y está ligado con otras bases de datos también desarrolladas en altas energías. De esta manera SPIRES-HEP, reúne gran parte de la información bibliográfica y bibliométrica en el campo de la física, e incluye diferentes tipos de material como: artículos científicos, preprints, reportes, memorias, congresos, pláticas, tesis y capítulos de libros. Además, es de los pocos medios que disponen algunos científicos mexicanos para cumplir con las evaluaciones científicas requeridas, y comparado con el *Science Citation Index* (SCI), SPIRES-HEP no cuesta, es de rápido acceso, sencillo y fácil de usar. En consecuencia SCI, única herramienta aceptada y estandarizada en el ámbito internacional, por organismos dedicados a evaluar la actividad científica, no está presente en los diferentes sitios donde se hace ciencia en este país. Por tal motivo, investigadores sobre todo de provincia, la desconocen, otros por su difícil funcionamiento en la búsqueda y recuperación de información, prefieren no utilizarla.

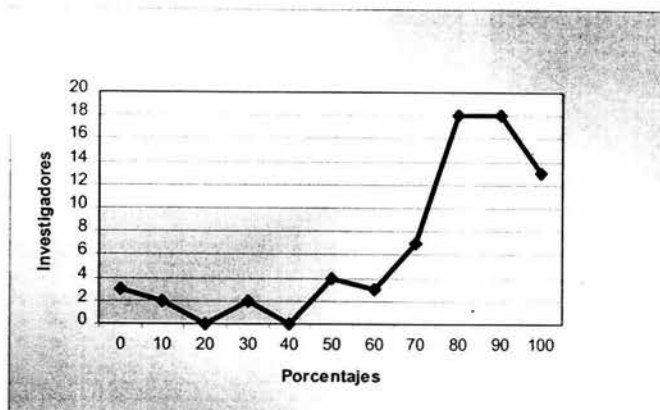


Figura 4-17. SPIRES-HEP como herramienta de apoyo en la evaluación científica.

4.4.9. Participación científica de la FMPE en SPIRES-HEP

A partir de una base de datos local extraída del sistema SPIRES-HEP, se identificaron 2301 trabajos científicos correspondientes a la FMPE, ingresados durante el periodo de 1970-2000. El cuadro 4-4 muestra 1006 documentos reportados por el sistema SPIRES-HEP como e-prints, y 788 como artículos en revista. De acuerdo con Collazo, F.; Luna, M.E. y Russell, J.M. (2004), “507 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”. Es decir, el 43% de lo que publican los FMPE se da a conocer como trabajos previos a la publicación, logrando publicar 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 distribuido como trabajos de tesis, congresos, reportes, libros, capítulos de libro, entre otros.

Cuadro 4-4

Participación científica de la FMPE a través del SPIRES-HEP: 1971-2000.

Años	Trabajos Registrados SPIRES-HEP	Trabajos Publicados Como artículos revista	Trabajos publicados Como e-print
1970	0	0	0
1971	2	2	0
1972	1	1	0
1973	3	3	0
1974	10	5	0
1975	27	20	0
1976	25	15	0
1977	48	38	0
1978	34	20	0
1979	30	17	0
1980	31	16	0
1981	42	32	0
1982	38	29	0
1983	31	27	0
1984	31	24	0
1985	28	20	0
1986	33	22	0
1987	26	19	0
1988	36	22	0
1989	39	28	0
1990	52	22	0
1991	83	32	0
1992	75	49	0
1993	108	27	26
1994	125	42	62
1995	162	50	88
1996	199	45	101
1997	215	36	113
1998	227	37	165
1999	247	47	220
2000	293	31	231
31	2,301	788	1006

Base de datos local sobre FMPE

Por su parte los físicos experimentales integrados en alguno de los 16 proyectos de colaboración mostrados en el cuadro 4-5, lograron reportar a través de SPIRES-HEP un total de 224 documentos científicos. De los cuales 163 ingresaron como e-print, 31 como proceedings, congresos, conferencias y pláticas; 30 se publicaron antes de ser depositados en el sistema. Lo que quiere decir, que aunque mínima la aportación de los investigadores experimentales al incremento productivo general del grupo (10%), su participación en los medios electrónicos es muy alto (72%). El 86% de sus resultados de investigación terminan publicados en forma impresa, y entre los documentos que generalmente no se publican (14%) se encuentran los congresos, proceedings, pláticas y reportes técnicos.

Cuadro 4-5

Participación de la FMPE en proyectos de colaboración internacional a través del sistema SPIRES-HEP.
Base de datos local sobre FMPE.

Año	Proyecto	Ingresaron a SPIRES-HEP como:			
		e-print	e-proceedings	Artículos publicados	Totales
1994	D0/E766	0	0	4	4
1995	D0	8	1	8	17
1996	D0/E791/E766	12	0	6	18
1997	D0/E791/E766/E690/E792/E767	19	1	2	22
1998	D0/SELEX/GEM/E791/EMPACT	31	4	2	37
1999	D0/SELEX/E791/E756/H1	40	10	2	52
2000	D0/ALICE/H1/AUGER/SELEX/ FOCUS/E891	53	15	6	74
	16	163	31	30	224

Base de datos local sobre FMPE

4.10. DISCUSION

Institucionalización y profesionalización de la disciplina.

La FMPE presenta un proceso de institucionalización y profesionalización muy dinámico; de acuerdo con los resultados, está presente en 20 instituciones de educación superior y centros de investigación del país. Lo anterior puede interpretarse como parte del proceso de maduración de la disciplina científica y, de acuerdo con D. Crane (1975), las comunidades científicas generalmente presentan periodos de crecimiento exponencial, visible a través de la literatura e impacto científico, y por la expansión de los grupos de investigación. Esto a su vez ha dado lugar a distintos patrones de crecimiento que reflejan entre otros aspectos, la acumulación de esfuerzos en el desarrollo de la disciplina científica, comúnmente 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 dan a conocer los Drs. Pérez-Angón y Torres-Vega (1993, 1994 y 1998), quienes muestran que durante el periodo de 1986-1996 se consolidaron e incrementaron los programas de estudio en la física mexicana. Identificando un crecimiento en los programas de estudio de 17 a 25 en Licenciatura; de 17 a 26 en Maestría y de 12 a 25 en Doctorado. Entre los nuevos programas 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 de provincia, quienes crecieron del 25% que había en 1986 a 46% en 1996. Para el 2002 el número de científicos en provincia se incrementó

a 55%. Los mismos autores reportan, 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.

Por su parte, Collazo-Reyes y Luna-Morales (2002), identificaron en el periodo de 1970-2000 importantes cambios en las estructuras organizacionales de la FMPE, además de un interesante crecimiento de los grupos de investigación, de significantes aportaciones en producción e impacto científico, así como 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 muy importante rescatar la importancia que este grupo de investigadores le ha dado al quehacer educativo y a la descentralización de los recursos humanos hacia los estados de provincia. Gracias a ello, hoy se hace ciencia y se preparan nuevos investigadores en diferentes instituciones del país, donde quizá nunca se pensó podría existir, como es el caso de San Luis Potosí, Michoacán, Guanajuato, Zacatecas, Puebla, Yucatán, Zacatecas, Veracruz, Colima, Hidalgo, etc. Mismas que reportan aportaciones significativas al crecimiento de la producción e impacto científico de la disciplina (Collazo-Reyes y Luna-Morales, 2002), todo ello a pesar de las necesidades de información especializada para las instituciones del interior del país, que están prácticamente limitadas. Lo interesante aquí son los servidores de archivos e-print, que constituyen las principales herramientas de apoyo que garantizan a la comunidad científica en general la solución a esos problemas de información. De estos sitios recuperan porcentajes de 80% y 90% de la información requerida para el desarrollo de investigación.

Equilibrio de la plantilla académica

La concentración del 72% de investigadores con edades fluctuantes de 31 a 45 años y, el hecho de que el 57% y 31% de los científicos presentan una antigüedad en la investigación de 12 y 10 años respectivamente, es muestra de un posible desequilibrio en la planta académica de los físicos mexicanos en partículas elementales. La figura 4-1, permite identificar dos generaciones de investigadores, a través de las edades del grupo analizado: la primera conformada principalmente por investigadores teóricos y fenomenológicos, con edades de 46-65 años; la segunda integra a los experimentales con edades promedio de 40 años, insertados en los rangos de edades de 31-45 años. Lo anterior permite advertir un posible desequilibrio en la planta académica, 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 tercera generación, que en principio debe igualar o superar el promedio de investigadores que actualmente integra la segunda; además, la nueva generación está llamada a jugar un rol de 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. Como meta deberán sostener o incrementar el crecimiento que hasta el momento ha logrado la comunidad científica del área. La FMPE, como cualquier otra disciplina científica, debe sufrir el proceso natural de envejecimiento en la planta académica y de investigación. Esto quiere decir que en unos años la primera generación va desaparecer, 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; sin embargo, lo que sí es posible determinar a través de la figura 3-4, es que, a pesar del progreso logrado en la institucionalización y profesionalización de la disciplina en distintas instituciones del país, no se proyecta en los cinco años posteriores al 2002 un crecimiento por año mayor de cuatro nuevos doctores en el área, fenómeno que es provocado, generalmente por la deserción de estudiantes en los diferentes posgrados de estudio (Pérez-Angón y Torres-Vega, 1998). Si las instituciones mexicanas con programas de estudio en FPE logran sostener una eficiencia terminal con el mayor número posible de estudiantes de nuevo ingreso, no sólo mantendrían el equilibrio de edades entre la comunidad científica, sino que también crecería 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

La preferencia en el acceso a la información electrónica es un suceso que de alguna manera se esperaba. Las figuras y cuadros 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 ingresan para cubrir porcentajes de 80% y 90% de la información requerida en la investigación. Esta es una situación 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 el apoyo de 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 auguran la desaparición 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. En general, los investigadores mexicanos del área de PE están a favor de la preservación de los servicios que ofrece el modelo tradicional de la biblioteca, y no son de la idea de derribar uno de los soportes que durante años ha beneficiado el desarrollo científico; 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, continuamente son afectadas; en parte, por los pocos ingresos económicos que a nivel de países en vías de desarrollo se les asigna para sostener su funcionamiento. Además del efecto que produce en el crecimiento de los acervos documentales, el incremento cada vez más alto en los costos de las revistas científicas, donde los únicos beneficiados son los grandes editores, que aprovechan el trabajo de las distintas comunidades científicas para fortalecer sus riquezas económicas.

Obtener la literatura científica que requieren los diferentes grupos de investigación, es un proceso que difícilmente ha podido asegurar las biblioteca especializada. Lo anterior, tiene mucho que ver con 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 inadecuado e inoperante (Kanellopoulos & Steele, 2001).

Presencia del e-print en la política científica

Un aspecto indiscutible es la dinámica con que los físicos mexicanos en partículas elementales se mueve a través de los medios electrónicos, ya sea buscando y recuperando información de interés para la investigación, o publicando los resultados de la investigación, ya sea accediendo y depositando en servidores e-print distintos tipos de documentos, principalmente preprints y artículos en revistas (figura 3-10; figura 3-11 y cuadro 3-9). De alguna manera, 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, valorados a partir de la importancia que los mismos tienen como herramienta de evaluación científica.

Los resultados indican que el documento impreso y la cita tradicional se consideran más importantes que el preprint electrónico. Situación que seguramente tiene que ver con la política científica aplicada en nuestro país, que está basada principalmente en la evaluación 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 tanto, 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 cita tradicional el mayor peso en cuestiones de evaluación científica. Sin embargo, la aceptación cada vez más amplia de los sistemas e-print en distintas áreas de investigación además de la física, como las ciencias biológicas, la química, la astronomía y la economía (Ramalho-Correia, & Castro-Net, 2002), están abriendo camino a los documentos electrónicos, los que seguramente terminarán posicionándose como elementos de primer orden en las evaluaciones científicas, y obligarán a las instancias responsables de promover la actividad científica, a cambiar o adecuar la actual política de evaluación científica del país. Para ello deberán involucrarse en los nuevos esquemas de comunicación científica, los que practican con mayor efectividad el uso de los e-prints, a través del desarrollo de enormes servidores de archivos abiertos. Lo anterior también debe conducir al reconocimiento de sistemas como SPIRES-HEP como herramienta de evaluación científica, por ser una fuente de información que garantiza para los físicos en altas energías la recuperación de citas de los trabajos de investigación reportados en el propio sistema. Además, es para los físicos en general y sobre todo de provincia, la única fuente de acceso a la información bibliográfica y bibliométrica, imposibilitados a acceder al Science Citation Index, Web of Science y otras herramientas de ISI, en virtud de que son bases de datos muy caras, imposibles de adquirir, motivo por el cual no están ni estarán en todos los lugares 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, porque 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, son títulos que están integrados a 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 antepenúltimo lugar de los 46 títulos de las revistas integradas en la categoría de Física Multidisciplinaria, con 0.154 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 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 al factor de impacto que logra. 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.

4.11. CONCLUSIONES

A pesar de que la FMPE es una disciplina muy joven en nuestro país, los estudios que sobre la misma se han hecho indican que es un área de investigación que atraviesa por sus mejores momentos en el crecimiento de la misma. Este suceso no hubiera sido posible sin los escalamientos tan importantes logrados en la institucionalización y profesionalización de la disciplina, producción e impacto científico, recursos humanos y el uso de las nuevas tecnologías de información (Collazo-Reyes y Luna-Morales, 2002). Por otro lado, 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, y la participación directa en los nuevos modelos de comunicación científica que originaron las grandes ciencias. Esto explica porqué la FMPE está completamente integrada a los medios electrónicos, prefiriendo a los servidores de archivos e-print como principal vía de acceso y publicación de resultados de investigación.

Con el desarrollo de los sistemas abiertos, los físicos de partículas elementales encontraron la manera más práctica de resolver sus necesidades de información y de mantenerse actualizados. Con ello se disminuyó 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. Pero sobre todo, para no depender de los tiempos que el editor ocupa en revisar y publicar los trabajos científicos. Para la comunidad científica analizada, los sistemas e-print son herramientas básicas e imprescindibles, pues garantizan no solo la disponibilidad inmediata de nuevos resultados de investigación, sino también, porque es el medio más práctico para compartir el conocimiento científico entre colegas, sobre todo para los físicos experimentales que tienen un mayor intercambio de datos y resultados entre grupos en colaboración. Sin

embargo, son igualmente importantes para los físicos en general, principalmente los de provincia, que en ocasiones son las únicas fuentes de información bibliográfica y bibliométrica de que disponen para el desarrollo de la actividad científica. Por este motivo, la comunidad científica mexicana del área de partículas y campos considera que es necesario el reconocimiento del sistema SPIRES-HEP como herramienta de evaluación científica, y su aceptación oficial por parte de los organismos responsables de apoyar y promover la actividad científica del país.

El panorama anterior, muestra principalmente a los bibliotecarios y profesionales de la información, los patrones en el uso de la información y la comunicación científica que actualmente están siguiendo los físicos mexicanos del área de partículas elementales. Así como las herramientas que el grupo de investigadores está utilizando, mismas que los están apartando de las bibliotecas tradicionales, relegándolas y utilizándolas únicamente como apoyo para los cursos y seminarios impartidos por el área científica. Por lo anterior considero que los bibliotecarios y profesionales de la información, deben jugar roles más dinámicos, y un tanto distintos a los que generalmente vienen desarrollando. En principio no se debe perder de vista el progreso de las tecnologías, principalmente aquellas que se relacionan con el almacenamiento, organización, acceso y publicación de información. Por tanto, sugiero algunas funciones en las que el bibliotecario y profesional de la información podrían integrarse, para no quedarse como agentes pasivos ante las transformaciones que están produciendo las tecnologías de la información, y para apoyar de una mejor manera a las comunidades científica del país: (1) hacer conciencia sobre la existencia de estos recursos electrónicos documentales, difundirlos y promoverlos; (2) participar en el desarrollo de archivos electrónicos que ofrezcan la producción científica local, regional y nacional de las disciplinas científicas. Sin embargo, el rol ideal sería (3) integrarse a las grandes colaboraciones científicas, que es donde se están generando las necesidades de información, y

se están produciendo 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. Sin embargo, 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 electrónicos de e-prints. Un ejemplo de ello es la integración de las ciencias sociales como la economía, que ya encontraron el atractivo y las ventajas en estos servidores.

Por su parte, el sistema de comunicación científica formal, que hasta hoy se complementa con el informal, seguramente terminará perdiendo terreno ante el informal, más aún cuando la referencia electrónica e-print ya es aceptada por las revistas científicas, y los sistemas internacionales reconocidos para evaluar la actividad científica, como el Science Citation Index (SCI) están aceptando las citas de e-print.

Referencias citadas

- 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., 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. & Russell, J.M., 2004.** Publication and citation patterns of the mexican contribution to a Big Science discipline: Elementary Particle Physics. *Scientometrics*. In Press.
- Crane, D., 1972.** Invisible College: Diffusion of Knowledge in Scientific Communities. Chicago: University of Chicago Press. 22-40.
- Kanellopoulos, L. and Steele, C., 2001.** Eprint repositories: the future of scholarly communication. Available from: <http://www.vala.org.au/vala2002/2002pdf/14KanSte.pdf>. (May, 2001).
- Moravesik, M. J., 1977.** The crisis in particles physics. *Research Policy*, 6 (1977) 78-107.
- Perez-Angón, M.A. & Torres-Vega, G., 1993.** Situación de la física mexicana: 1988-1992. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*. (7/3): 107-117.
- Perez-Angón, M.A. & 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.
- Perez-Angón, M.A. & Torres-Vega, G., 1998.** La Física mexicana en perspectiva: 1986-1996. *Interciencia*. 23(3): 163-175.
- Powell, R.R., 1991.** Basic Research Methods for librarians. 2da. ed. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporations. 204 p.
- Ramalho-Correia, A.M. 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.
- Requena, Jaime, 1996.** Ciencia y técnica nacional: aval a un mejor futuro. *Revista Electrónica Bilingüe*. (10). Available from: <http://www.analitica.com/archivo/vam1996.11/cienci1.htm>. (Octubre, 2003).

Anexo I
Investigadores mexicanos adscritos al área de Partículas Elementales.

No.	Investigadores	Institución Adscripción	Año Egreso	Tipo de Investigación	E-mail
1	Ayala Mercado, José A.	ICN-UNAM	1995	T	ayala@nuclecu.unam.mx
2	Cabral Rossetti, Luis G.	ICN-UNAM	2000	T	cabral@nuclecu.unam.mx
3	Cuautle, Eleazar	ICN-UNAM	1999	E	cuautle@nuclecu.unam.mx
4	D'Olivo Saez, Juan C.	ICN-UNAM	1984	T	dolivo@nuclecu.unam.mx
5	García Zenteno, José A.	ICN-UNAM	1996	T	garcia@nuclecu.unam.mx
6	Guijosa, Alberto	ICN-UNAM	2003	T	guijosa@nuclecu.unam.mx
7	Hess Bechstedt, Peter O	ICN-UNAM	1980	T	hess@nuclecu.unam.mx
8	Nellen Filla, Lukas	ICN-UNAM	1990	T	lukas@nuclecu.unam.mx
9	Sahu, Sarira	ICN-UNAM	1998	T	sahu@nuclecu.unam.mx
10	Urrutia Ríos, Luis F.	ICN-UNAM	1978	T	urrutia@nuclecu.unam.mx
11	Vergara Oliver, José D.	ICN-UNAM	1989	T	vergara@nuclecu.unam.mx
12	Besprosvani, Jaime	IF-UNAM	2002	T	bespro@fisica.unam.mx
13	De la Macorra Pettersson, Axel R.	IF-UNAM	1993	T	macorra@fenix.ifisicacu.unam.mx
14	Mondragón Ballesteros, Alfonso	IF-UNAM	1966	T	mondra@fisica.unam.mx
15	Mondragón Ceballos, Myriam	IF-UNAM	1991	T	myriam@fisica.unam.mx
16	Moreno Yntriago, Fernando M.	IF-UNAM	1976	T	matias@fenix.ifisicacu.unam.mx
17	Toledo Sánchez, Genáro	IF-UNAM	1999	T	gtoledo@fis.cinvestav.mx
18	Torres Labansat, Manuel	IF-UNAM	1986	T	manuel@teorica1.ifisicacu.unam.mx
19	Vucetich, Héctor	IF-UNAM	1974	T	vucetich@fisica.unam.mx
20	Castilla Valdez, Heriberto	CINVESTAV-DF	1991	E	castilla@fnal.gov
21	García González, Augusto	CINVESTAV-DF	1971	T	augarcia@fis.cinvestav.mx
22	Godina Nava, Juan José	CINVESTAV-DF	1994	T	jj@fis.cinvestav.mx
23	Herrera Corral, Gerardo	CINVESTAV-DF	1991	E	gherrera@fis.cinvestav.mx
24	Kielanowski, Piotr	CINVESTAV-DF	1971	T	kiel@fis.cinvestav.mx
25	López Castro, Gabriel	CINVESTAV-DF	1988	T	gabriel@fis.cinvestav.mx
26	Miranda Romagnoli, Omar G.	CINVESTAV-DF	1997	T	omr@fis.cinvestav.mx
27	Montaño Zetina, Luis M.	CINVESTAV-DF	1998	E	montaño@fis.cinvestav.mx
28	Pérez Angón, Miguel Ángel	CINVESTAV-DF	1972	T	mprez@fis.cinvestav.mx
29	Sánchez Hernández, Alberto	CINVESTAV-DF	1997	E	asanchez@fis.cinvestav.mx
30	Zepeda Domínguez, Arnulfo	CINVESTAV-DF	1970	E	zepeda@fis.cinvestav.mx
31	Bouzas Arreche, Antonio O.	CINVESTAV-UM	1992	T	abouza@mda.cinvestav.mx
32	Contreras Nuño, Jesús Guillermo	CINVESTAV-UM	1997	E	jgcn@mda.cinvestav.mx
33	Gupta, Virendra	CINVESTAV-UM	1958	T	virendra@mda.cinvestav.mx

34	Huerta Quintanilla, Rodrigo	CINVESTAV-UM	1981	T	rhuerta@mda.cinvestav.mx
35	Larios Forte, Francisco Carlos	CINVESTAV-UM	1995	T	larios@mda.cinvestav.mx
36	Sánchez Colón, Gabriel	CINVESTAV-UM	1993	T	gsanchez@mda.cinvestav.mx
37	Cordero Elizalde, Rubén	ESFM-IPN	1999	T	rcordero@esfm.ipn.mx
38	Hernández Galeana, Albino	ESFM-IPN	1989	E	albino@esfm.ipn.mx
39	Juárez Wysozka, Sara Rebéca	ESFM-IPN	1983	T	rebeca@esfm.ipn.mx
40	Martínez Valdez, Alfonso	ESFM-IPN	1988	T	alfonso@esfm.ipn.mx
41	Queijeiro Fontana, Alfonso	ESFM-IPN	1982	T	aquei@esfm.ipn.mx
42	Aranda-Sánchez, Jorge Isidro	FCFM-UMSNH	2000	T	jaranda@itzel.ifm.umich.mx
43	Astorga Sáenz, Francisco	IFM-UMSNH	1994	T	fastorga@zeus.ccu.umich.mx
44	Bashir, Adnan	IFM-UMSNH	1995	T	bashir@eng.fsu.edu
45	Bellini, Mauricio	IFM-UMSNH	1997	T	ma_bellini@hotmail.com.
46	Cotti Gollini, Umberto	IFM-UMSNH	1996	T	ucotti@zeus.umich.mx.
47	Herrera Aguilar, Alfredo	IFM-UMSNH	1999	T	herrera@zeus.umich.mx
48	Payase Alcaraz, H.	ECFM-UMSNH	2002	T	hpayase@fismat.umich.mx
49	Tavares Velasco, Gilberto	IFM-UMSNH	2002	T	gtv@itzel.ifm.umich.mx
50	Tututi Hernández, Eduardo S.	IFM-UMSNH	1997	T	tututi@zeus.umich.mx
51	Villanueva Sandoval, Víctor M.	IFM-UMSNH	1999	T	vvillanu@ifm1.ifm.umich.mx
52	Villaseñor Cendejas, Luis M.	IFM-UMSNH	1988	E	villasen@ifm1.ifm.umich.mx
53	Weber, Axel Salvador	IFM-UMSNH	1998	T	axel@io.ifm.umich.mx
54	Félix Valdez, Julián	IF-UGto	1994	E	felix@ifug.ugto.mx
55	Lucio Martínez, José L.	IF-UGto	1980	T	lucio@ifug.ugto.mx.
56	Moreno López, Gerardo	IF-UGto	1989	E	gerardo@ifug.ugto.mx.
57	Napsuciale Mendivil, Mauro	IF-UGto	1995	T	mauro@ifug.ugto.mx.
58	Nowakowski, Marek	IF-UGto	1989	T	marek@fisica.ugto.mx.
59	Reyes Santos, Marco A.	IF-UGto	1996	E	marco@fisica.ugto.mx
60	Alhuwalia, Dharam Vir	IF-UAZ	1991	T	ahluwalia@phases.reduaz.mx.
61	Gutiérrez Rodríguez, Alejandro	IF-UAZ	1998	T	alexgu@ahobon.reduaz.mx
62	Flores Mendieta, Rubén	IF-UASLP	1997	T	ruben@ifisica.uaslp.mx
63	Jurgen's, Engelfried	IF-UASLP	1995	E	jurgen@fnal.gov
64	Kirchbach, Mariana	IF-UASLP	1980	T	mariana@ifisica.uaslp.mx
65	Morelos Pineda, Antonio	IF-UASLP	1992	E	morelos@ifisica.uaslp.mx
66	Díaz Cruz, J. Lorenzo	IF-UASLP	1989	T	ldiaz@sirio.ifuap.buap.mx
67	Fernández Téllez, Arturo	BUAP	1991	E	afernand@fcm.buap.mx
68	Hernández López, Javier M.	BUAP	1997	T	Javier@fcm.buap.mx
69	Ramírez Romero, Cupatitzio	BUAP	1987	T	cramirez@fcm.buap.mx
70	Maya Mendieta, Mario A.	BUAP	1994	T	mmaya@fcm.buap.mx
71	Rosado Sánchez, Alfonso	BUAP	1984	T	rosado@sirio.ifuap.buap.uap.mx

72	Toscano Chávez, Jesús	BUAP	1992	T	jtoscano@fcm.buap.mx
73	Cerón Angeles, Victoria E	UAEH	2000	T	vceron@uaeh.reduaeh.mx
74	Hernández Sánchez, Jaime	UAEH	1999	T	jaime@uaeh.reduaeh.mx
75	Avila Aoki, Manuel	UAMo	1987	T	Cambió institución
76	Méndez, Héctor	U-Puerto Rico	1991	E	Mendez@charma.uprm.edu
77	Aranda Fernández, Alfredo	FC-UCOL	2001	T	fefo@uicol.mx
78	Calcaneo Roldán, Carlos	USON	1997	T	calcaneo@fisica.uson.mx
79	Calderón de la Barca, Manuel	BNL	1996	T	calderon@rcf.rhic.bnl.gov
80	Carrillo Moreno, Salvador	UIA	2003	E	salvador.carrillo@uia.mx
81	Hernández Montoya, Raúl	UVER	1996	E	alhernandez@uv.mx
82	García Luna, José Luis	UDG	2002	T	jlg@itesm.mx
83	Nieto García, Juan A.	UAS	1986	T	nieto@uas.uasnet.mx
84	Morones Ibarra, Rubén	UANL	1990	T	morones@fcm.uanl.mx

Anexo 2 Cuestionario aplicado

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 preprint, 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, Fermilab e-print server 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 -----
Fermilab preprint server -----
SPIRES-HEP -----
CERN-Library -----
DESY-library -----
Otros. Especifique: -----
- 2.7 ¿Con qué 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 (Enumérelos 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?

SI - ¿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?

SI - 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 la 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?
SI 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 las 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