



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS**

---

---

**COLEGIO DE BIBLIOTECOLOGÍA**

CONTRIBUCIONES AL CONOCIMIENTO DEL  
INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES DE LA UNAM:  
UN ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO A PARTIR DE SU  
PRODUCCIÓN CIENTÍFICA (1970-2011)

**T E S I S**  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**LICENCIADO EN BIBLIOTECOLOGÍA**  
**Y ESTUDIOS DE LA INFORMACIÓN**  
**P R E S E N T A:**  
**ALBERTO DARÍO RAMÍREZ GONZÁLEZ**

**ASESOR:**  
**MTRA. MARÍA MAGDALENA SIERRA FLORES**



MÉXICO, D. F.

2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

**A mi compañera que nunca falta a  
cada paso que doy...**

## Agradecimientos

A mi Mamá y Papá  
por todo su amor y confianza.

A mis hermanos Fernando, Elizabeth y Erika  
por su cariño.

A Fernanda, por todo.

A mi asesora, Mtra. María Magdalena Sierra Flores  
por brindarme su tiempo, apoyo y conocimientos.

A María Victoria Guzmán Sánchez,  
por sus comentarios y consejos.

A mis sinodales:

Dr. Jesús Francisco García Pérez  
Lic. Alejandra Avril Ramírez Chávez  
Lic. Juan Manuel Zurita Sánchez  
Mtro. Jonathan Hernández Pérez

por su disposición y orientación.

Al Lic. Alejandro Uribe, por su apoyo y motivación.

A Tere, Lupita y Juan Carlos,  
por su ayuda y ánimos.

## Resumen

Los análisis bibliométricos a nivel institucional permiten profundizar en la estructura y dinámica de la investigación haciendo posible su visualización y evaluación. La producción científica y en el caso particular de los artículos publicados en revistas arbitradas, generada por el personal académico del Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en el período de 1970 a 2011 permitieron obtener los indicadores bibliométricos que hicieron posible visualizar sus contribuciones al conocimiento (objetivo general de la presente investigación) tal como productividad y su evolución en el tiempo, nivel de actividad individual y por departamento, especialización temática, identificar el conocimiento o área de especialidad de mayor impacto así como identificar las redes de colaboración.

La visualización y evaluación se desarrolla y analiza, a través de un estudio bibliométrico organizado en tres unidades y se ofrece a través del uso y manejo de herramientas como la base de datos del Web of Science, distintos software empleados para captura y análisis de los datos tales como el ProCite, TooLinf, Viscosity SoMine, ViBlioSOM y NodeXL.

Por último, encontraremos las conclusiones y recomendaciones obtenidas a partir de este estudio.

## Tabla de Contenido

Índice de Figuras  
Índice de Cuadros

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	9
Problema de investigación.....	10
Objetivo general.....	10
Objetivos específicos.....	11
Diseño Metodológico de la Investigación.....	11
Estructura del documento.....	12
<b>CAPÍTULO 1. LA BIBLIOMETRÍA COMO HERRAMIENTA PARA MEDIR EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO</b> .....	13
1.1. Los conceptos métricos.....	15
1.2. Indicadores bibliométricos.....	18
1.2.1. Limitantes de los indicadores bibliométricos.....	23
1.3. La bibliometría como herramienta de análisis del conocimiento científico.....	24
1.4. Las Bases de Datos (BD) como fuentes del conocimiento certificado.....	28
1.5. Estudios bibliométricos relacionados con las ciencias nucleares en México.....	30
<b>CAPÍTULO 2. VISUALIZACIÓN DEL INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES</b> .....	32
2.1. Antecedentes.....	33
2.2. Misión, objetivos y estructura organizacional.....	35
2.3. Estructura.....	37
2.3.1. Departamento de Estructura de la Materia.....	37
2.3.2. Departamento de Física de Altas Energías.....	38
2.3.3. Departamento de Gravitación y Teoría de Campos.....	39
2.3.4. Departamento de Física de Plasmas y de Interacción de Radiación con Materia.....	39
2.3.5. Departamento de Química de Radiaciones y Radioquímica.....	40
2.4. Recursos Humanos.....	41
2.5. Aportación del ICN.....	42
<b>CAPÍTULO 3. ANÁLISIS Y VISUALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO GENERADO POR EL INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES DE LA UNAM</b> .....	47
3.1. Diseño metodológico del análisis.....	48
3.1.1. Base de datos.....	48
3.1.2. Metodología.....	50
3.1.3. Indicadores.....	52
3.1.4. Herramientas de software.....	52
3.1.4.1. ProCite.....	52
3.1.4.2. TooLinf.....	53
3.1.4.3. Viscosity SoMine.....	53
3.1.4.4. ViBlioSOM.....	54

3.1.4.5. NodeXL.....	55
3.2. Análisis de la producción científica del ICN.....	55
3.2.1. Nivel de actividad por Departamento e individual.....	57
3.2.2. Colaboración científica.....	62
3.2.3. Mapa del conocimiento del ICN .....	67
Conclusiones .....	71
Recomendaciones .....	74
ANEXO I .....	75
ANEXO II .....	76
Referencias .....	77

## **INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1</b>	Centro de Estudios Nucleares	33
<b>Figura 2</b>	Organigrama ICN	37
<b>Figura 3</b>	Personal académico del ICN	41
<b>Figura 4</b>	Producción científica del ICN	57
<b>Figura 5</b>	Producción de artículos por departamento	59
<b>Figura 6</b>	Evolución histórica de los niveles de producción científica por departamento	60
<b>Figura 7</b>	Nivel de la producción científica de los 5 investigadores más productivos por año	62
<b>Figura 8</b>	La Red de colaboración del ICN. Sobresale la Red de colaboración del investigador Alejandro Frank	64
<b>Figura 9</b>	Colaboración de Alejandro Frank	65
<b>Figura 10</b>	La Red de colaboración internacional del ICN. Red de colaboración Nodo Alejandro Raga	66
<b>Figura 11</b>	Colaboración interna en el ICN	67
<b>Figura 12</b>	Mapa del conocimiento del ICN	68
<b>Figura 13</b>	Cambio en las líneas de investigación a través de los años. Comparación 1990 con 2011	70

## ***INDICE DE CUADROS***

<b>Cuadro 1</b>	Tipología para la definición y clasificación de la Bibliometría, la Cienciometría y la Informetría	17
<b>Cuadro 2</b>	Clasificación de los indicadores según varios autores	21
<b>Cuadro 3</b>	Producción del ICN 1976-2011	43
<b>Cuadro 4</b>	Premios nacionales	44
<b>Cuadro 5</b>	Premios internacionales	46
<b>Cuadro 6</b>	Variables identificadas en la Web of Science para la UNAM y variables para el Instituto de Ciencias Nucleares	49
<b>Cuadro 7</b>	Universidades con mejores indicadores de producción científica de Iberoamérica	56
<b>Cuadro 8</b>	Cambios en la estructura organizacional del ICN	58
<b>Cuadro 9</b>	Los 10 autores más productivos del ICN	61
<b>Cuadro 10</b>	Áreas de especialidad del ICN en dos períodos: Desde su fecha de creación y hasta 2012	69

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento es un recurso que poseen todas las organizaciones y que reúne un conjunto de requisitos que lo hacen especialmente interesante: se puede generar, almacenar, utilizar, movilizar y desarrollar, es decir, gestionar de diferentes formas. Por tanto, constituye un activo estratégico para todas las organizaciones, tanto públicas como privadas.

En el caso de las Instituciones científicas el conocimiento es un elemento común, que se expresa de manera formal y sistemática, pudiendo ser comunicado fácilmente y compartido en forma de artículo científico, una fórmula científica, un programa de computadora entre otros. La dimensión ontológica del concepto conocimiento, distingue cuatro niveles de agentes creadores: el individuo, el grupo, la organización y el nivel inter-organizativo. Según los autores Nonaka & Takeuchi (1995), el nuevo conocimiento se inicia siempre en el individuo pero ese conocimiento individual se transforma en conocimiento organizativo valioso para toda la institución, incluso un país o área estratégica de desarrollo.

Sin embargo, uno de los problemas actuales que enfrenta la sociedad moderna y la propia dinámica de la actividad científica, es el crecimiento vertiginoso del conocimiento que pasa a formar parte o ser referenciado en bases de datos (BD) información bibliográfica multidisciplinarias o especializadas como son las del Web of Science, Scopus, Medline, Astrophysics Data System (ADS), SciFinder, entre otras. Aparejado a ello, se han ido estructurando y perfeccionando las metodologías e indicadores asociados al estudio de ese conocimiento.

Una de las disciplinas instrumentales o especiales orientadas al estudio del conocimiento científico alojado en las BD, es la Bibliometría (Setién & Gorbea, 1990; Morales & Cruz, 1995). Ya desde los primeros trabajos realizados por Lotka (1926), Zipf, 1933 y Bradford en 1934 se trataba de formular regularidades métricas para explicar cuestiones asociadas al desarrollo científico. La bibliometría se ha ido rodeando de herramientas de análisis basadas en el mapeo de la ciencia (Guzmán & Sotolongo, 2002) y nuevos indicadores que permiten identificar impacto de los resultados científicos y analizar redes de colaboración (Hirsch, 1995).

Una definición muy nueva, surgida al unir la gestión del conocimiento y la bibliometría es la de “mapas del conocimiento” o “análisis del dominio del conocimiento”

(Chen, Paul, 2001). Estos mapas bibliométricos analizan el conocimiento que se encuentra reflejado en las publicaciones científicas y no al conocimiento subjetivo. Polanco (1996) define a la bibliometría que estudia el conocimiento como Bibliometría cognitiva o internalista y resume el procedimiento de obtención de los mapas del conocimiento como (1) empleo de las palabras claves para representar el conocimiento contenido en los documentos, (2) agrupamiento de las palabras claves en cluster para representar los temas alrededor de los cuales se agrega el conocimiento, lo mismo para los autores, países, etc. (3) colocación de los temas o cluster en el espacio bidimensional (X,Y) para darles una representación estratégica sobre una carta o mapa.

La mayoría de los autores se basan para confeccionar estos mapas en la aplicación de los indicadores de co-ocurrencia de palabras para modelar y representar estructuras intelectuales (Börner, Chen & Boyack, 2003), sin embargo también es frecuente encontrar la aplicación de indicadores de co-autoría, mapas de co-citation, dinámica de las líneas de investigación de la citación, etc.

El Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), organización dedicada a la investigación y a la docencia está interesado en indagar y conocer todos los aspectos asociados a su actividad científica. Por ello, este trabajo pretende seguir la filosofía de los autores antes citados para lograr caracterizar y representar visualmente el dominio del conocimiento del ICN para así medir los aportes que ha realizado y está realizando, actualmente, hacia la comunidad científica internacional. Es por ello, que se ha trazado como problema de investigación, objetivo general y específicos los siguientes:

### **Problema de investigación**

¿El análisis de la producción científica del Instituto de Ciencias Nucleares a partir del estudio bibliométrico de la información y la visualización de sus resultados, permite analizar y visualizar sus contribuciones al conocimiento?

### **Objetivo general**

- Analizar y visualizar las contribuciones al conocimiento del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM a partir del estudio de su producción científica en el período 1970-2011.

## **Objetivos específicos**

1. Visualizar al Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) como institución de Investigación científica.
2. Identificar la productividad científica de los investigadores del ICN a nivel individual y departamental.
3. Identificar las redes de colaboración de los investigadores del ICN a nivel nacional e internacional.
4. Identificar el conocimiento de mayor impacto del ICN.
5. Elaborar un mapa del conocimiento del ICN, donde se muestre el liderazgo temático y las líneas de investigación del Instituto.

## **Diseño Metodológico de la Investigación**

Para abordar el capítulo teórico se utilizó la técnica de análisis documental clásico. Por lo que se consultaron diferentes fuentes de información sobre temas diversos (bibliometría, conocimiento científico, mapeo científico, etc.). Se hizo especial énfasis, en la búsqueda de información sobre metodologías métricas para lo cual se consultaron revistas especializadas como *Scientometrics*, *Research Policy*, *Journal of the American Society for Information Science and Technology (JASIST)*, *Research Management*, etc. Se consultaron los informes del ICN y las reseñas históricas existentes.

Se realizó una investigación cuantitativa, la cual abarcó desde 1971, fecha en que se identificó el primer artículo con la dirección de Laboratorio de Nucleares, hasta diciembre del 2011. Las búsquedas fueron realizadas en la BD Web of Science (WoS) del Institute for Scientific Information (ISI) distribuida por Thomson Reuters. Esta base de datos (BD) fue consultada en su versión en línea, bajo la plataforma “Web of Knowledge” y se recuperaron 2,443 registros. La estrategia de búsqueda realizada mediante la identificación de las distintas variables adoptadas a través de los años del nombre del ICN en el campo dirección (Address) del WoS.

Se aplicaron indicadores bibliométricos de actividad y relacionales como los de co-ocurrencia de palabras y producción científica por investigador.

Los datos fueron procesados siguiendo la metodología ViBlioSOM, que utiliza el algoritmo de los mapas auto-organizados o SOM (Self-Organizing Maps), con el objetivo de lograr representaciones visuales de los datos bibliométricos (Sotolongo-Aguilar, Guzmán-Sánchez & Carrillo, 2002). El origen del nombre está dado por la

correspondencia con Visualization – Bibliometrics – SOM (algoritmo usado para elaborar los mapas, self-organizing maps).

Se utilizó el software Viscosity SOMine, de la compañía Eudaptic de Austria, que ha automatizado el modelo SOM y aunque no se fue creado para los propósitos específicos de los análisis bibliométricos ha sido aprobado y adaptado para éste tipo de análisis por Instituciones como la UNAM y el Instituto Finlay en Cuba.

Asimismo, para la elaboración de las redes de colaboración se utilizó el software NodeXL diseñado para Excel 2007 y 2010 de Microsoft, el cual permite la visualización y exploración de redes gráficas (NodeXL, 2012)

Estos aspectos y el procedimiento seguido, será explicado con más detalles en el capítulo III de este documento.

## **Estructura del documento**

Este documento está estructurado en tres capítulos, en el primero de ellos se hace una revisión teórica sobre el tema objeto de estudio y se aportan tablas comparativas sobre los aspectos conceptuales del conocimiento orientado con un enfoque bibliométrico.

En el Capítulo II, se hace una descripción del Instituto de Ciencias Nucleares para conocer el contexto y las características generales de su desarrollo, lo cual permite realizar un análisis más pertinente y contribuir a mejorar la interpretación de los resultados después de la aplicación de los indicadores métricos.

El último Capítulo recoge el análisis bibliométrico y la representación del conocimiento en forma de mapas auto-organizados. Así como una representación de la influencia de ese conocimiento en otros grupos de investigación y en la formación de los jóvenes.

Finalmente, se llegan a conclusiones y recomendaciones que sirven para resumir y dar continuidad al trabajo realizado. También se ofrece una bibliografía que abarca desde los documentos clásicos sobre el tema hasta los más novedosos vinculados a la visualización de datos métricos.

## **CAPÍTULO 1**

### **LA BIBLIOMETRÍA COMO HERRAMIENTA PARA MEDIR EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO**

Los avances en cuanto al perfeccionamiento de indicadores y su utilización en la medición de la investigación y el desarrollo experimental (I+D) han sido abordados ampliamente por investigadores y organizaciones gubernamentales. Tal es el caso de los manuales y documentos emitidos por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), entre los que destacan el Manual de OSLO, considerado como principal fuente internacional de directrices para la recolección y análisis de información relativa a innovación (Sánchez, Paloma, Castrillo, 2006); el Manual de Frascati el cual establece indicadores metodológicos para evaluación y conceptualización de las actividades de investigación científica.

Autores como Sierra-Flores, Guzmán, Raga & Pérez (2009); Guzmán, Carrillo, Jiménez & Villaseñor (2010); Hassan, Haddawy, Kuinkel, Degelsegger & Blasy (2012); Gupta (2006), abordan el análisis de la ciencia y la tecnología desde una perspectiva evaluativa, tomando como método de evaluación y base metodológica de sus estudios las premisas en las que se basa la Bibliometría.

La bibliometría estudia los aspectos cuantitativos de la producción, disseminación y uso de la información registrada, para cuyos efectos se han desarrollado modelos y aplicaciones matemáticas para realizar pronósticos y tomar decisiones. Teniendo como materia prima de sus estudios a la bibliografía generada por los investigadores en el propio proceso de desarrollo de la ciencia (Spinak, 1998), esta bibliografía, por lo general, se encuentra contenida en bases de datos automatizadas distribuidas por grandes empresas dedicadas a esta actividad; esto sin considerar la información que circula actualmente por Internet, para la cual, se han desarrollando otras subdisciplinas como la cibermetría o webmetría.

En este capítulo, se analizarán los principales aspectos y desde un punto de vista teórico la Bibliometría aplicada como herramienta para indagar sobre el estado del conocimiento científico generado por una comunidad de investigadores. Se abordarán aspectos conceptuales asociados a las métricas como herramientas relacionadas al mapeo del conocimiento.

## 1.1. Los conceptos métricos

La introducción de conceptos cuantitativos se basa en la medición de las magnitudes correspondientes (Omelianovsky, 1981). En ese sentido, formar conceptos cuantitativos en ciencias sociales y específicamente en la Ciencia de la Información radica en llevar los conceptos cualitativos a cuantitativos. Es decir, en buscar unidades de medición para las diferentes problemáticas asociadas a las actividades de generación, manejo y transferencia de información; tales como el estudio del conocimiento generado por una institución.

Algunos autores sitúan el surgimiento de las métricas con los primeros griegos, “quienes idearon un procedimiento para determinar la extensión o medida de los manuscritos con base en distintos coeficientes, a lo cual se llamó ‘esticometría’, que se empleó para estimar costos y remuneraciones, con lo cual nace un procedimiento matemático básico aplicado a la producción del intelecto para poder medirlo” (Dávila, 2009). Sin embargo, no es hasta el siglo XX en que aisladamente, comenzaron a aparecer los trabajos de Lotka, 1926; Zipf, 1933 y Bradford, 1934 (citado en Miranda Arguedas, 1990) quienes formularon regularidades métricas para explicar cuestiones asociadas al desarrollo científico. Estos trabajos trataban de medir la distribución de los investigadores a través de su productividad o frecuencia con la que era utilizada una palabra dentro de un texto.

A pesar de estos trabajos mencionados, hoy en día se reconoce que en 1934, Paul Otlet fue el primero en mencionar el término “Bibliometrie” en su obra “Tratado de la documentación”. Sin embargo, se le atribuye la primera mención de este término a Pritchard, quien en 1969 propone “Bibliometrics” (Canales, s.f.) para sustituir “Statistical Bibliography” definida por Hulme en 1923.

Pritchard (1969) definió la bibliometría como la aplicación de las matemáticas y de los métodos estadísticos a libros y otros medios de comunicación. Más adelante, Potter (1981) la define como el estudio y medición de las conductas de publicación de todas las formas de comunicación escrita y de sus autores. Para Ferreiro (1993) es “el método científico de la Ciencia de la Información o Ciencia de la Documentación y constituye la aproximación cuantitativa que permite el desarrollo de la teoría general de esta ciencia y el estudio descriptivo e inferencial o inductivo de todas las formas de la comunicación escrita adoptadas por la literatura científica.”

Tague-Sutcliffe (1994), considera que la bibliometría abarca “el estudio de los

aspectos cuantitativos de la producción, disseminación y uso de la información registrada, a cuyo efecto desarrolla modelos y medidas matemáticas, que sirven para hacer pronósticos y tomar decisiones en torno a tales procesos”.

Mientras que Setien (citado en Pérez, 2002), la menciona como una “ciencia métrica que aplica métodos; modelos matemáticos y estadísticos a los repertorios bibliográficos como producto. Su objetivo principal es cuantificar el flujo documentario de la bibliografía con vistas a establecer regularidades y tendencias del flujo estudiado”.

Para Guzmán-Sánchez, Carrillo-Calvet (s. f.) “La Bibliometría es una disciplina que asume, como su materia prima, a la información. Se apoya para los análisis en fórmulas matemáticas y estadísticas (Algoritmos) que le permiten relacionar partes de un conjunto enorme de datos y llegar a un nuevo conocimiento”.

Otros conceptos relacionados al de Bibliometría es el de Informetría, Cienciometría y actualmente Webmetría o Cibermetría. Las metrías asociadas al ciberespacio y la Web surgen alrededor de los años 90 y son utilizadas con el objetivo de describir cuantitativamente los contenidos y procesos de comunicación que se producen en este medio (Arroyo, 2005).

El término Informetría fue introducido por Nacke, quien trata de sustituir el término Bibliometría dado por Pritchard en 1969 manifestando que la informetría “contiene una característica inherente también a las definiciones de todos los restantes términos anteriores, a saber: la de que todos ellos limitan su esfera de validez - bien por la denominación misma o bien por la definición en el ámbito matemático o el de la Ciencia de la Información – a determinadas parcelas de esta disciplina, por ejemplo a los libros y otros medios de comunicación” (Nacke, 1983). En este caso Nacke alude también a que la definición dada por Pritchard no abarca otros objetos de estudio de la Ciencia de la Información; por tanto, define a la Informetría como la ciencia de la aplicación de métodos matemáticos a los hechos y situaciones del campo de la información para describir y analizar sus fenómenos, descubrir sus leyes y servir de soporte a sus decisiones. Agrega, además, que “la ciencia de la información, acabaría por dar un paso que otras disciplinas dieron con notable éxito antes”, refiriéndose a la definición de estas nuevas disciplinas como “disciplinas especiales”.

Por otra parte, el término Cienciometría tiene sus inicios con los trabajos de Solla Price, quien usando la base teórica de los trabajos de Lotka, publica en 1963 el libro titulado “Little Science, Big Science” marcando un punto de inicio en lo que se conoce como “la Ciencia de la Ciencia”. Según Furner (2003), en este breve libro, Solla Price

desarrolló la base estadística de conceptos como Ciencia de la Ciencia o la Gran Ciencia, los colegios invisibles; igualmente, presentó diferentes observaciones que aún hoy continúan citándose en la literatura.

El siguiente cuadro propuesto por McGranth en 1994 (citado en Macias-Chapula, 1998) intenta resumir las diferencias entre las señaladas disciplinas métricas (Cuadro 1).

**CUADRO 1**  
Tipología para la definición y clasificación de la Bibliometría,  
la Cienciometría y la Informetría

Tipología	Bibliometría	Cienciometría	Informetría
<b>Objeto de estudio</b>	Libros, documentos, revistas, artículos, autores y usuarios	Disciplinas, materias, campos, esferas	Palabras, documentos, bases de datos
<b>Variables</b>	Números en circulación, citas, frecuencia de aparición de palabras, longitud de oraciones, etc.	Aspectos que diferencian a las disciplinas y a las subdisciplinas. Revistas, autores, trabajo, forma en que se comunican los científicos	Difiere de la Cienciometría en los propósitos de las variables, por ejemplo, medir la recuperación, la relevancia, el recordatorio, etc.
<b>Métodos</b>	Clasificación, frecuencia, distribución	Análisis de conjunto y correspondencia	Modelo rector – espacio, modelos booleanos de recuperación, modelos probabilísticos, enfoques basados en el conocimiento, tesauros, etc.
<b>Objetivos</b>	Asignar recursos, tiempo, dinero, etc.	Identificar esferas de interés, dónde se encuentran las materias, comprender cómo y con qué frecuencia se comunican los científicos	Aumentar la eficiencia de la recuperación

Fuente: Macias-Chapula, CA. (1998). Papel de la informetría y de la cienciometría y su perspectiva nacional e internacional. *Acimed*. 9 (suplemento, 2001)

Toda la discusión teórica alrededor de estos conceptos no escapa a la que existe en el terreno de las disciplinas informativas. La Bibliotecología y la Ciencia de la Información han sido definidas por varios autores y su situación en el terreno conceptual, en aras de tratar de lograr una mayor sistematización teórica, sigue siendo polémica. Una parte de los autores asumen entonces que los nombramientos de las distintas disciplinas

métricas responde a un condicionamiento de las disciplinas informativas, de esta manera hacen corresponder a la Bibliometría con la Bibliotecología, la Cienciometría con la Cienciología, la Informetría con la Ciencia de la Información, la Archivometría con la Archivología, etc. (Setién, 1990; Morales, Cruz, 1995).

En la práctica las denominaciones Bibliometría, Informetría y Cienciometría se utilizan indistintamente creando un problema terminológico, pues no se parte bajo una óptica científica, del discernimiento de dos conceptos básicos en la ciencia, el objeto y tema de estudio de cada disciplina, de ahí la confusión creada. Este problema ha empeorado al unírsele en los últimos tiempos otros como patentometría, bibliominería (bibliomining), bioinformetría, webmetría o webometría (webometrics).

Por lo anterior, se puede apreciar que la bibliometría, utilizada como herramienta en la evaluación de información, permite analizar mediante determinados indicadores el impacto que ha recibido cierto sector con respecto a sus similares a través de su producción documental.

## **1.2. Indicadores bibliométricos.**

Mediante los estudios bibliométricos se pueden inferir fortalezas y debilidades en la producción documental de una institución, grupo, comunidad, región, área del conocimiento o de un determinado sector. Estos estudios se basan en una serie de indicadores bibliométricos que permiten recopilar información acerca del o los temas que se quieran analizar.

Para Moed, Raan (1988), los indicadores bibliométricos se ven como una herramienta rentable, principalmente porque dan información cuantitativa concentrada sobre la producción (output) y el impacto de esa producción. Además, y a pesar de posibles limitaciones, los indicadores bibliométricos juegan un papel palmario en la toma de decisiones en política científica y en evaluaciones del rendimiento de la investigación.

Sancho (1990), define estos indicadores como “parámetros que se utilizan en el proceso evaluativo de cualquier actividad” y añade que “se emplea un conjunto de ellos, cada uno de los cuales pone en relieve una faceta del objeto de la evaluación”. Mientras que Filippo, Fernández (s. f.) hacen mención en que “los indicadores bibliométricos son datos estadísticos que se obtienen tras el análisis de las características de las publicaciones científicas”.

Asimismo, Maltrás (2003) señala, “los indicadores bibliométricos de producción

científica son medidas basadas en recuentos, que buscan cuantificar resultados atribuibles a ciertos agentes”.

Diego (2008), enfoca su definición al análisis del proceso investigador aludiendo que “los indicadores bibliométricos proporcionan información sobre los resultados del proceso investigador, su volumen, evolución, visibilidad y estructura. Así permiten valorar la actividad científica, y la influencia (o impacto) tanto del trabajo como de las fuentes”.

Diversos autores han establecido una serie de premisas para llevar a cabo los estudios bibliométricos, entre estos autores se encuentra Moravcsik (1989), propuso:

- El valor y la calidad de un trabajo de investigación viene dado por el modo en que es recibido por los demás científicos y por cómo reaccionan estos ante el mismo.
- La reacción de la comunidad científica se puede estimar contemporáneamente o al poco tiempo de concluirse la investigación.
- Todas las contribuciones a la investigación científica dejan huellas identificables en la literatura científica.
- Examinando los trabajos publicados en las revistas científicas se capta la información sobre ciencia que se comunica científico a científico, a través de la bibliografía.
- Utilizando las bases de datos se pueden detectar todas las publicaciones científicas relevantes para la evaluación.
- Se puede obtener una medida realista de la producción mediante el simple recuento de las publicaciones, independiente de la longitud y de la naturaleza de cada artículo.
- La cantidad de citas de un trabajo es una medida fiable de su valor.

Por su parte, Spinak (1998), clasifica los indicadores bibliométricos en Indicadores de actividad, que permiten visualizar el estado real de la ciencia; Indicadores de Impacto, los cuales, como su nombre lo señala, valoran el impacto que han recibido tanto autores como revistas o la producción documental de cualquier institución. Entre los indicadores de actividad, enuncia:

- Número y distribución de publicaciones. Miden el número total de publicaciones por instituciones y su distribución.

- Productividad. Miden el número de trabajos por autor, revista o institución.
- Dispersión de las publicaciones. Analiza las publicaciones sobre un tema o área entre las diversas fuentes de información.
- Colaboración en las publicaciones. Índice de firmas por trabajo. Se emplea para determinar la actividad y cooperación científica entre grupos de científicos o instituciones.
- Vida media de la citación o envejecimiento. Número de años transcurridos desde la publicación, en el cual las citas disminuyen a 50% de su valor inicial.
- Conexiones entre autores. Estudio de referencias que un trabajo hace a otro, y estudio de citas que éste recibe de aquel.

Respecto a los indicadores de impacto Spinak (1998) expone los siguientes puntos:

- Documentos recientes muy citados. Los documentos alcanzan su máximo de citas entre 2 y 4 años después de ser publicados, pero algunos muestran una actividad de citas inusualmente alta poco tiempo después de su publicación con respecto a otros documentos del mismo campo de investigación y antigüedad similar.
- Impacto de las revistas. El impacto de las revistas e influencia en la investigación científica se puede obtener mediante los datos publicados periódicamente por el Institute for Scientific Information (ISI) en el Journal Citation Report (JCR), el cual presenta datos estadísticos cuantificables que proveen un medio para evaluar las revistas más importantes a nivel mundial.

La selección de los indicadores a utilizar en determinados estudios depende de múltiples factores, labor que puede resultar compleja debido a la gran variedad de propuestas existentes en la literatura científica sobre el tema y en la aplicación de los mismos a diferentes casos de estudio.

A continuación, se presenta un cuadro resumen de las diversas opiniones de autores sobre las denominaciones dadas a los indicadores bibliométricos. Este cuadro permite mostrar y comparar los diferentes enfoques existentes entre los autores que trabajan estos temas, así como los distintos indicadores, sus variables y el uso de diferentes términos para referirse a un mismo fenómeno evaluable.

**CUADRO 2**  
**Clasificación de los indicadores según varios autores**

AUTORES	Méis y Leta	Brisolla	Macias-Chapula	Rousseau	Spinak	Sancho	Rodrigues y otros	Murer, Pecequero	Pérez y otros	Fillipo y Fdez	Leta y Cruz	Colmbra Jr.	Gianzely y otros	Zumulzo, Presmanes	Estrada Lorenzo y otros
AÑO DE PUBLICACION	1996	1998	1998	1998	1998	1999	2000	2001	2002	2002	2003	2003	2003	2003	2003
INDICADORES															
Indicadores de producción /trabajos / publicaciones.			X	X			X		X			X			
Indicadores de productividad				X							X				
Número de artículos científicos (por país, disciplina, autor)		X			X										
Número de publicaciones						X									
Número de publicaciones en revistas indizadas	X														X
Distribución de publicaciones	X					X									X
Características de las publicaciones											X				
Tasa de crecimiento de las publicaciones					X										
Potencial de publicaciones					X										
Colaboración en publicación					X										
Número y distribución de referencias de publicaciones científicas					X										
Número de revistas indizadas por el ISI														X	
Uso de revistas														X	
Perfil de revistas publicadas							X								
Primera, segunda, tercera y cuarta clase de revistas					X										
Media de referencias por artículo														X	
Volumen de investigaciones								X							
Disciplinas emergentes															
Áreas de conocimiento más estudiadas										X				X	
Temas predominantes								X							
Temas / descriptores (predominio, asociaciones, interdisciplinariedad)						X	X	X	X						
Análisis de palabras comunes															
Distribución geográfica									X						
Distribución de autores por género									X						
Número de autores y procedencia institucional y/o geográfica									X						
Procedencia institucional y/o geográfica de los autores															X
Número / media de autores por artículo							X							X	
Número de autores ocasionales															X
Productividad de autores					X	X									

CUADRO 2  
**Clasificación de los indicadores según varios autores**  
**(Continuación)**

AUTORES	Meis y Leta	Brisolla	Macías-Chapula	Rousseau	Solinak	Sancho	Rodrigues y otros	Murer, Pecequeiro	Pérez y otros	Filipo y Fdez	Leta y Cruz	Colimbra Jr.	Glanzel y otros	Zumutzo, Presmanes	Estrada Lorenzo y otros
AÑO DE PUBLICACION	1996	1998	1998	1998	1998	1999	2000	2001	2002	2002	2003	2003	2003	2003	2003
INDICADORES															
Productividad de autores según Lotka															X
Productividad individual / índice de productividad								X	X						
Conexión entre trabajos y autores															
Co-autoría / cooperación entre autores / índice de colaboración			X					X	X		X			X	
Redes de colaboración temática										X					
Número de artículos publicados con colaboración internacional															
Identificación del número de autores según grupos temáticos						X		X							
Índices de actividad, afinidad, atracción, consumo, diversidad, aislamiento, apertura,					X										
Apareo bibliográfico					X										
Factores de consumo, popularidad					X										
Índice de transitoriedad															X
Main response Time (MRT)													X		
Número de patentes internas		X													
Número de patentes externas		X													
Indicadores de impacto				X		X									
Citaciones de artículos científicos		X	X		X		X								
Co-citación					X	X									
Auto-citación					X										
Citación relativa (RCI)															
Número de citas (a publicaciones)								X	X						
Número de citas de la bibliografía internacional	X														
Factor de impacto				X											
Índice de impacto				X					X						
Impacto de citas															X
Impacto de artículos															X
Impacto de revistas															X
Vida media de las publicaciones					X										
Índice de inmediatez					X	X									
Uso de vocabularios					X										
Mapas de campos científicos, de países, geográficos e institucional			X				X								
Número de citas de patentes		X	X												

En resumen, los indicadores son útiles para medir, a través del tiempo, cambios o comportamientos de una entidad (investigador, tema científico, revista, etc.) e indagar sobre las particularidades del desarrollo de esas entidades. Es decir, son instrumentos

ventajosos para caracterizar un campo y posteriormente considerar esos elementos para identificar posibles problemas o errores del proceso general de la investigación como falta de correlación entre el presupuesto asignado a un proyecto con los resultados científicos obtenidos.

### **1.2.1. Limitantes de los indicadores bibliométricos**

Algunos autores advierten que los indicadores bibliométricos disponen de ciertas limitantes. Con respecto a lo anterior Filippo & Fernández (s. f.) señalan que los indicadores bibliométricos “brindan información cuantitativa sobre los resultados del proceso de investigación, su volumen, estructura y visibilidad, pero no informan acerca de los progresos del conocimiento”. Por su parte, Rey Rocha (1998), enumera los siguientes inconvenientes:

- La producción científica recogida en las publicaciones y utilizadas habitualmente para la obtención de los indicadores bibliométricos no representa en absoluto la totalidad del conocimiento científico producido. Por otro lado, la cantidad de conocimiento contenido en cada documento no es equivalente.
- Los indicadores bibliométricos basados en el recuento de publicaciones no proporcionan ninguna indicación de la calidad de las mismas.
- Las pautas de publicación varían con el tiempo en función de condicionantes políticos, sociales y económicos.
- Los indicadores se ven afectados por defectos de forma de las bases de datos bibliográficas utilizadas para obtenerlos.

Debido a sus características formales y de contenido, para realizar estudios bibliométricos, se contemplan los documentos pertenecientes a la literatura científica. Los agentes elementales son los investigadores, pero con frecuencia se calculan indicadores de producción asociados con instituciones, regiones, países o disciplinas.

Como se ha podido apreciar al realizar estudios bibliométricos y obtener resultados confiables se deben considerar tanto los alcances como las limitantes de los indicadores bibliométricos. Por otra parte, los indicadores al aplicarse deberán considerarse varias cuestiones como las peculiaridades del contexto donde se aplican como es el caso del

ICN y su comunidad académica. Estos indicadores bibliométricos pueden tener nexos con otros indicadores que se originan en la actividad económica – productiva, como los gastos de la investigación.

### **1.3. La bibliometría como herramienta de análisis del conocimiento científico**

El aspecto social de la Ciencia como organización dentro de una red más vasta de estructura social y conocimiento público, es el punto de partida para abordar el tema de la evaluación de la actividad científica y el conocimiento que genera. Asimismo, se entiende que los aspectos más relevantes en el desarrollo de la Ciencia dependen directamente de la comunidad científica que los produce, los difunde y los consume, por lo que se hace necesario saber cuáles son los procesos que producen ese conocimiento, procesos susceptibles de ser analizados a partir de métodos cuantitativos complementarios de otros.

El “Proceso de Producción de Conocimiento” es uno de los factores que sustentan los análisis métricos. Es decir, en el proceso de intercambio, comunicación y cooperación de los resultados científicos, los miembros de cada grupo de trabajo producen conocimientos certificados (evaluados por la comunidad científica). Los conocimientos certificados ponen a prueba la validez de los resultados y estimulan la competencia. Éstos conocimientos se transmiten generalmente de forma verbal (conferencias, exposiciones, paneles, etc.) y escritura (artículos, patentes, tesis, etc.). (Saavedra, Sotolongo & Guzmán, 2002)

Por tanto, se entiende que las publicaciones científicas son depositarias de los conocimientos de los científicos en cualquier campo del saber; y constituyen la vía fundamental para transmitir dichos conocimientos ya que la transmisión directa por quienes los poseen a cuantos los necesitan se hace prácticamente imposible (Saavedra, Sotolongo & Guzmán, 2002). Al respecto, la especialista Vessuri (1987), ha expresado lo siguiente: «La investigación científica que no está publicada no existe. La publicación en una revista de prestigio reconocido asegura la prioridad en la producción de un resultado, acrecienta el crédito académico de un científico, legitima su actividad y permite la existencia de sistemas de comunicación científica”.

A partir de la premisa que sitúa la investigación científica como actividad social, su análisis y evaluación va tomando cada día más importancia ya que se hace necesario conocer los recursos que la sociedad destina a este sector. Para Spinak (2001) el objetivo

de los procedimientos de evaluación es la obtención de medidas con respecto al logro de objetivos establecidos por la política científica de un país, sobre los factores que afectan a la promoción de dicho logro y sobre los cambios necesarios para mejorar en el futuro.

“La evaluación, cobra un especial interés en los países como México al contribuir a la valoración de la efectividad de sus políticas científicas en el desarrollo nacional, al tiempo que permite identificar los puntos débiles y fuertes de los actores implicados en dicha actividad y sirve como instrumento en el establecimiento de prioridades en la asignación de recursos para conseguir una rentabilidad máxima” (Bellavista, Guardiola, Méndez & Bordons, 1997).

El análisis del rendimiento de la actividad científica abarca tres procesos, según establecen Bellavista, et al. (1997): *La evaluación "ex ante" (appraisal), la evaluación del proceso y la evaluación "ex post"*.

La primera permite una aproximación a los aspectos económicos, sociales, científicos y tecnológicos de programas e instituciones, así como de centros de investigación o universidades. Requiere el análisis de resultados anteriores, juzgando las cualidades intrínsecas de un proyecto con anticipación de un grupo o de una persona, basándose en resultados anteriores. La evaluación "ex post" (evaluation) es la relativa a los procesos de investigación ya finalizados, y permite la discusión de los resultados científicos y tecnológicos, además de los económicos y sociales relacionados con éstos. La evaluación de proceso (monitoring) es importante "dada su capacidad de informar durante el desarrollo e implementación de un programa. De esta manera, permite efectuar cambios o tomar medidas correctoras en función de los resultados de la evaluación continua".

Cada una de estas formas de evaluación tiene aplicación sobre distintos tipos de objetivos (instituciones o investigadores) y con diferentes niveles de agregación: “micro”, “meso” y “macro”. Vinkler (1988) establece que en el nivel “micro” los datos sobre publicaciones y citas investigados están referidos a un artículo, proyecto o grupo; en el nivel “meso” a un grupo de publicaciones, sub-disciplina o institución y en el nivel “macro” se refieren a todas las publicaciones seleccionadas según puntos de vista dados, una disciplina en su conjunto o un grupo de países.

La evaluación científica se define, según Sanz (2004) como “...un instrumento para determinar la asignación de recursos, un mecanismo para cambiar estructuras organizativas y definir nuevos incentivos o, para evaluar los resultados en ciertas áreas científicas con relación a las necesidades nacionales.” Phelan (2000), coincide con Sanz –

Menéndez, en que la evaluación de la investigación, de manera general, es una forma de determinar la calidad de la investigación y su correspondencia con las líneas de investigación, que rigen las políticas científicas de cada país, institución o centro de investigación; con el objetivo de determinar la asignación de recursos financieros a los proyectos de investigación.

Geiser (2001), opina que “el asunto clave en el análisis de la investigación científica, es la combinación del proceso científico como un fenómeno complejo, y nuestro interés constante de cuantificar sus resultados”. Para lo cual plantea la necesidad de aplicar indicadores tales como: cuantificación de publicaciones, de citas y de la revisión de colegas, conocida como peer review. Según Weinber (citado en Mesa, 2002), los objetivos de la evaluación de la investigación consisten en “[...] establecer criterios a priori para evaluar la investigación por realizarse; también criterios para evaluar la investigación concluida o los centros de investigación que la realizaron”. La evaluación puede ser, tanto prospectiva como retrospectiva.

Por su parte Torralbo, Vallejo, Fernández & Rico (2004), resumen la importancia del desarrollo de la praxis evaluadora para:

1. Asegurar que la investigación se ajusta a las normas aceptadas en cada disciplina o campo disciplinar.
2. Valorar la calidad y viabilidad de proyectos de investigación, para la obtención de becas y ayudas.
3. Aumentar el control y la calidad de la producción de investigación.
4. Reorientar y fortalecer la capacidad del sistema de I + D de una nación o comunidad, para la toma de decisiones ante la propuesta de prácticas innovadoras.
5. Ayuda al crecimiento proporcional de una disciplina científica.

Se puede considerar a la ciencia como un sistema de producción de información, en particular información en forma de publicaciones, considerando publicación a cualquier "información registrada en formatos permanentes y disponibles para el uso común". Desde este punto de vista, entonces, la ciencia puede verse como una empresa con insumos y resultados. La medición de esas dos categorías — insumos y resultados — son la base de los indicadores científicos (Spinak, 1998).

La evaluación de la actividad científica y tecnológica a través de indicadores es una

práctica habitual en diferentes países, hoy en día se le presta especial atención a resultados como estos, ya que constituyen una fuente de análisis importante que permite visionar el desarrollo científico-técnico de cualquier país. Otras reflexiones obligadas en esta investigación son las referidas a lo que se estima hoy por productividad científica, que según Spinak (1996), es la cantidad de investigación producida por los científicos. La medición de esta constituye los indicadores científicos.

La medición de insumos (input) se utilizan más en las áreas económicas, estadísticas y administrativas, y para ello, ya existen metodologías establecidas de obligada referencia (Manual de Frascati, Manual de Oslo y Manual de Canberra) utilizados internacionalmente, que están normalizados hace más de tres décadas, para los cuales se utilizan los respectivos indicadores cuantitativos de inversiones de la ciencia y la tecnología como presupuesto, financiación, recursos humanos entre otros.

La medición de los resultados de la ciencia (output), se realiza a través de la cuantificación de la producción, evolución, desarrollo, aumento y difusión de la actividad científico-técnica, y se calculan a través de los indicadores bibliométricos.

La medición de resultados (output) a través de indicadores bibliométricos ha sido una de las tendencias actuales ya que permite evaluar el estado de la ciencia y la tecnología mediante el análisis de la literatura científica, independientemente del carácter intangible y los riesgos que esto pueda traer. Al respecto, Chinchilla (2004) plantea que hasta hace poco los indicadores estaban centrados fundamentalmente en la medición de input, sin embargo hoy en día el interés está dirigido cada vez más a la evaluación output, siendo esta una actividad que se dificulta sobre todo porque es más difícil medir la ciencia como cuerpo de ideas o entender su relación con el sistema económico y social, siendo aún más complicado cuantificar en términos económicos los resultados científicos y beneficios de esta actividad.

Este enfoque no es nuevo, Thomas S. Kuhn (1962), Derek J. de Solla Price (1963) y Crane (1972), presentaron modelos de crecimiento científico, los cuales han tenido implicaciones importantes en los estudios de comunicación de la ciencia. Por otra parte, otros estudios como los de Kadushin C., 1968; Mulkay, 1975 y Chubin & Restivo, 1983; revelaron la existencia de un tipo particular de estructura social que se reflejaba en la forma en que los científicos se comunican. En consecuencia, estos estudios tratan de identificar las redes sociales entre los científicos y proponen diversos métodos para lograrlo, todos ellos basados en el análisis de documentos escritos.

#### **1.4. Las Bases de Datos (BD) como fuentes del conocimiento certificado**

El auge de las publicaciones científicas cada vez más creciente y el incremento de las tecnologías de la información, propiciaron el marco conceptual idóneo para el surgimiento de las llamadas bases de datos, en sus inicios con el objetivo de almacenar electrónicamente y la recuperación de la información a niveles remotos. Sistemáticamente las bases de datos fueron incrementando el volumen de registros, ganando en organización y procesamiento de los contenidos especializados y multidisciplinarios. Actualmente se reconocen como gestoras para la evaluación del quehacer investigativo de la comunidad científica, a través de la aplicación de las técnicas para construir indicadores bibliométricos (Sánchez, Fleitas, & Álvarez, 2006).

Oz (2000), define una BD como un “conjunto de registros compartidos e interrelacionados, por lo general en más de un archivo. Es un método para administrar datos que facilita la entrada, actualización y manipulación de datos”. Mientras que Abadal (2005), señala que la BD “es un conjunto de informaciones sobre algún ámbito o dominio del conocimiento. A diferencia de otras estructuras de información, en una base de datos estas informaciones están tratadas de manera uniforme y sistemática, de modo que su explotación puede realizarse de forma óptima”.

En cuanto a la aplicación de las bases de datos en la bibliometría, Sánchez, 2008, señala que “El uso de la bibliometría utilizando BD se recomienda cuando se comprende como premisa la significación de las publicaciones científicas para estimar el cometido de la investigación científica, su relación directamente proporcional con las bases de datos bibliográficas, y cuando las bases de datos cumplan como condición la representación del conocimiento estructurado de la sociedad que se pretende valorar científicamente”

En la actualidad existen BD que abarcan la gran mayoría de las áreas del conocimiento; sin embargo, la validez del análisis dependerá en gran medida de una selección adecuada de la BD con el objeto de estudio. Se debe tener en cuenta que las BD difieren en aspectos como son la cobertura temática, los criterios de selección de revistas y/o documentos, sesgos geográficos y lingüísticos, periodos cronológicos, normalización de datos, entre otros; características que deben estudiarse de forma previa a la realización de un estudio.

Una de las bases de datos más utilizada en los estudios métricos es la *Web of Science* (WoS) producida por el *Institute for Scientific Information* (ISI) de Thomson Reuters en los Estados Unidos. Ésta BD se encuentra incluida en ISI Web of Knowledge y

ofrece una forma sencilla de adquirir y administrar información. Entre los factores que favorecieron su uso es: periodo de tiempo que cubre, la anotación de todos los nombres de autores que firman el documento, así como las instituciones de cada uno de éstos, además, recoge las citas de los artículos fuente. (Thomson Reuters, 2012). Esta BD ofrece la posibilidad de realizar búsquedas a todo el contenido relacionado con autores, artículos de revistas, patentes, actas de congresos así como datos químicos.

Entre las características principales del WoS se encuentran las siguientes:

- Contiene alrededor de 36 millones de registros
- Ofrece más de 1,5 millón de registros y más de 23 millones de referencias citadas por año de más de 230 disciplinas de la ciencia, las ciencias sociales, las artes y las humanidades
- Incluye información bibliográfica completa para todos los archivos, incluyendo referencias citadas
- Incluye archivos de Century of Science, que contienen 850.000 referencias de 262 revistas entre 1900 y 1944
- Se actualiza semanalmente.
- Brinda acceso completo a las siguientes ediciones:
  - *Science Citation Index Expanded*<sup>™</sup> 1900 – actualidad; resúmenes de autores disponibles a partir de 1991.
  - *Social Sciences Citation Index*<sup>®</sup> 1956 - actualidad; resúmenes de autores disponibles a partir de 1992
  - *Arts & Humanities Citation Index*<sup>®</sup> 1975 - actualidad; resúmenes de autores disponibles a partir de 2000
  - *Index Chemicus* 1993 – actualidad
  - *Current Chemical Reactions* 1985 - actualidad; más archivos de INPI de 1840 – 1985 (Thomson Reuters, 2012a)

Como herramienta de evaluación y análisis de la información, permite conocer aspectos tales como: citas recibidas a autores, índice de colaboración, factor de impacto, índice de inmediatez, recursos de gestión bibliográfica.

Otra característica importante, es que por su amplitud temática, abarca en gran parte, todas las áreas del conocimiento. Incluye alrededor de 8.850 revistas llamadas “de corriente principal”.

A pesar de esto, existe polémica en todo el mundo acerca de los criterios de selección de las revistas por ser incluidas en esta BD, debido a la falta de cobertura en publicaciones locales de otros países, y principalmente por la barrera idiomática, ya que muchas revistas al no ser el inglés su idioma nativo son excluidas o difícilmente aceptadas.

Sin embargo, estas bases de datos siguen siendo la única medida con la cual se puede comparar la producción nacional o regional con el resto del mundo. (Pratt, 2007).

### **1.5. Estudios bibliométricos relacionados con las ciencias nucleares en México**

Partiendo de un análisis realizado a la bibliografía identificada durante el proceso de búsqueda de información de la literatura relacionada con estudios bibliométricos en el área de las ciencias nucleares, se puede comentar que uno de los trabajos asociados a los estudios bibliométricos en el área de las ciencias nucleares en México fue realizado por Jorge Robles Glenn en 1971 y publicado en el Anuario de Bibliotecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Así mismo se identificaron estudios bibliométricos en distintas áreas del conocimiento, entre éstos se puede citar los trabajos de Narvaez-Berthelemot (1992), Delgado & Russell (1992), Macías Chapula (1993), Russell (1995), Licea & Castaños (2002), también se identificaron distintas tesis que se han interesado en esta línea de investigación, así como instituciones y organizaciones como ejemplo se puede mencionar los proyectos del Atlas de la Ciencia Mexicana (2012) y el Ranking de la Ciencia Mexicana (Laclette & Zúñiga-Bello, 2011).

En el contexto de las ciencias nucleares se encontraron trabajos que abordan varios aspectos, por ejemplo:

- Análisis métrico de la Revista de Mexicana de Astronomía y Astrofísica. (Mata, Jiménez & Gorbea, 1998).
- Análisis de los Grupos de Investigación Más Productivos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en el área de Física: 1990 a 1999 (Sierra-Flores & Russell, 2009)
- Estudios dedicados al tema de los objetos HH, es decir enfocado a la astronomía (Raga, et al., 2011).
- La física de partículas y la física en general, ha sido tema de interés de los estudios realizados por Collazo, et al. (2004, 2008 y 2010).

Después de la búsqueda bibliográfica realizada a través de distintas bases de datos relacionada con los estudios bibliométricos en el área de las ciencias nucleares, no se encontraron estudios publicados que analicen o muestren el conocimiento generado por el ICN a partir de la utilización de los indicadores bibliométricos. Por lo anterior, se puede decir que la presente investigación pretende compensar esta carencia.

## **CAPÍTULO 2**

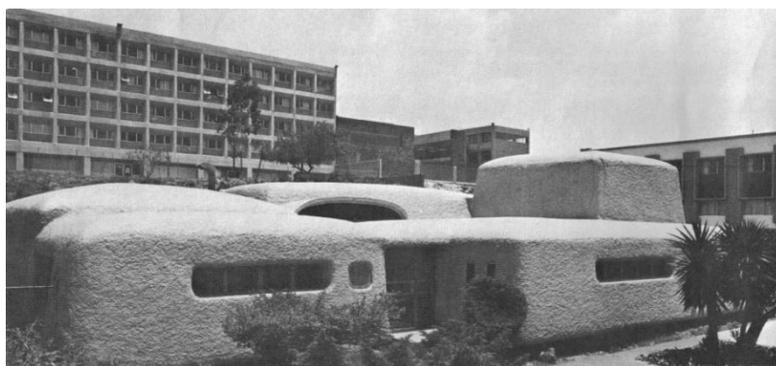
### **VISUALIZACIÓN DEL INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES**

El siguiente capítulo tiene como objetivo mostrar de forma general, el desarrollo histórico del Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Así como identificar y describir su estructura organizativa, sus áreas de estudio, su misión y visión, así como sus recursos humanos. Asimismo se presenta un grupo de indicadores que ofrecen una visión generalizada del ICN.

## 2.1. Antecedentes

El Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) tiene su origen en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Su antecedente fue el Laboratorio Nuclear, fundado el 1 de febrero de 1967, y ubicado en el piso 14 de la entonces “Torre de Ciencias” (actualmente Torre de Humanidades II). En sus inicios contaba con un laboratorio prestado por la Facultad de Química. Posteriormente, por acuerdo del Rector Javier Barros Sierra, en 1969 se fusionó con el Centro de Investigación en Materiales (CIM) (Instituto de Ciencias Nucleares, 2004). Dos años después se separa del CIM y el Laboratorio queda subordinado a la Coordinación de la Investigación Científica con partida presupuestal, personal y decisiones propias.

El 25 de septiembre de 1972, el Rector Pablo González Casanova acuerda que al Laboratorio Nuclear se le dé el nombre de Centro de Estudios Nucleares (CEN). Para el año de 1973, se terminó de construir el edificio que aloja, hasta la fecha, el irradiador GAMMABEAM 651 – PT de alta intensidad (Instituto de Ciencias Nucleares, 2012)



**Figura 1. Centro de Estudios Nucleares.** Fuente: Centro de Estudios Nucleares (s. f.)  
Memoria descriptiva de instalaciones físicas de la U.N.A.M.

Entre 1978 y 1979 se ampliaron y remodelaron las instalaciones físicas. Estas incluyeron laboratorios, cubículos y oficinas administrativas. Para 1980 y por acuerdo del Rector

Guillermo Soberón Acevedo, se modifican los objetivos y funciones del CEN. A partir de entonces, la dependencia tiene como objetivo principal *“contribuir al desarrollo de las ciencias nucleares, así como acrecentar el avance tecnológico y cultural del país.”* (Instituto de Ciencias Nucleares, 2011f)

En 1987, el CEN sometió a consideración de su Comité Técnico el proceso de transformación en Instituto; en esa época, el CEN estaba organizado en tres departamentos: Física y Matemáticas Aplicadas, Química, y Aplicaciones Nucleares. Ya para el año 1988 el CEN se constituye como Instituto de Ciencias Nucleares (ICN). Como impulsor del cambio se puede mencionar al hoy emérito Dr. Marcos Rosenbaum quien en ese entonces fungía como director.

En 1991, ya constituido como ICN, se brinda apoyo económico importante a través de la aprobación del Proyecto UNAM-BID cuyo objetivo es incrementar la capacidad científica y tecnológica de la UNAM (Instituto de Ciencias Nucleares, 1997) así como la ampliación de las instalaciones del instituto, la cual comprendía un auditorio, una biblioteca, 24 cubículos, una sala de investigadores, un salón de seminarios, una subplanta de energía eléctrica y una planta de emergencia (Instituto de Ciencias Nucleares, 2012a).

En junio de 1996, es designado como Director del ICN el Dr. Octavio Castaños Garza, quien en octubre de ese mismo año inaugura de manera oficial la ampliación. Bajo su período el Dr. Castaños llevó a cabo una re-estructuración interna, la cual dio lugar a la actual distribución organizacional. Las actividades de investigación se agruparon en cinco departamentos (Instituto de Ciencias Nucleares, 2011i), estos son:

- Estructura de la Materia.
- Física de Altas Energías.
- Gravitación y Teoría de Campos.
- Física de Plasmas y de Interacción de Radiación con Materia.
- Química de Radiaciones y Radioquímica.

Durante 1997 el ICN participó como entidad sede del programa de posgrado en ciencias físicas. El 7 de agosto de 1998, se inauguró el Auditorio Marcos Moshinsky. Este mismo año el ICN se incorpora como Entidad Sede del Programa de Posgrado en Ciencias Químicas (Instituto de Ciencias Nucleares, 2000).

En la década del 2000, se inaugura una nueva sala de estudiantes y de oficinas

para la Secretaría Administrativa (Instituto de Ciencias Nucleares, 2004) y en el 2002 se inicia la ampliación del edificio que resguarda el GAMMABEAM 651 – PT. Esta ampliación incluye laboratorios, cubículos, un salón de seminarios y un almacén de fuentes radioactivas (Instituto de Ciencias Nucleares, 2001). Un año después, se termina la remodelación de áreas para cinco laboratorios y una sala de investigadores posdoctorales.

Durante el período comprendido entre 2004-2010 y bajo la dirección del Dr. Alejandro Frank Hoeflich, son numerosas las actividades que se han llevado a cabo, entre las que destacan las siguientes:

- Se funda el Centro de Ciencias de la Complejidad (C3), cuyo propósito es buscar nuevas formas de hacer investigación en la UNAM.
- Se da inicio al Programa “Adopte un Talento” (PAUTA).
- Se termina la adecuación de las instalaciones eléctricas para que toda la dependencia tenga voltaje regulado
- Se organiza el evento “*Sinergias*”, conferencia que tuvo como objetivo crear nuevas estrategias para explotar las investigaciones realizadas en el ICN y vincularlas con otras instituciones de investigación (Instituto de Ciencias Nucleares, 2008) (Instituto de Ciencias Nucleares, 2011f).

## **2.2. Misión, objetivos y estructura organizacional**

Uno de los aspectos como entidad de docencia e investigación es aportar y crear información para el desarrollo de nuevos conocimientos, esto se ve reflejado tanto en su misión como en los objetivos institucionales. En el documento oficial de la Institución aparece definida la misión como:

*“La misión del ICN es contribuir al desarrollo de las ciencias nucleares para obtener una mejor comprensión del Universo, así como acrecentar el avance tecnológico y cultural del País.”*

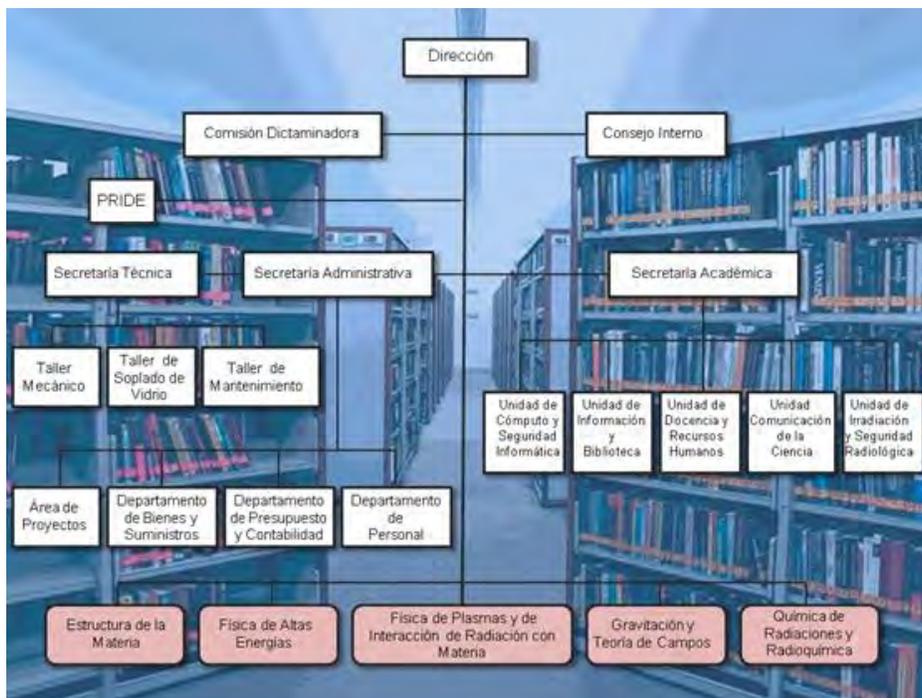
Es decir el Instituto reconoce explícitamente su aporte en el desarrollo tecnológico y cultural del país. Lo cual puede ser apreciado, con mayor detalle en la definición de sus objetivos generales. Estos son mencionados a continuación:

- Realizar investigación teórica, experimental y aplicada en los programas académicos siguientes: Estructura de la Materia, Física de Altas Energías, Física de Plasmas, Gravitación y Teoría de Campos, Interacción de la Radiación y Materia, Química de Plasmas, Química de Radiaciones, Radioquímica y Dosimetría.
- Contribuir a la formación de profesionistas e investigadores, mediante la impartición de cursos y la dirección de trabajos de tesis en los programas de licenciatura y posgrado de la UNAM que son afines a las especialidades del Instituto.
- Actuar como entidad participante del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Físicas, el Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas, el Posgrado en Astronomía, así como en otros programas en áreas afines a las especialidades del Instituto.
- Difundir los resultados de las investigaciones que se realizan en el Instituto, mediante la organización, promoción y participación en reuniones de trabajo nacionales e internacionales.
- Contribuir al desarrollo de las ciencias nucleares, promoviendo que los conocimientos generados en las áreas de investigación del Instituto, así como en otras instituciones afines, sean utilizados para impulsar el desarrollo tecnológico del País.
- Prestar servicios técnicos, en los asuntos de su competencia, a las diversas dependencias de la UNAM y a instituciones públicas y privadas. (Instituto de Ciencias Nucleares, 2011)

En resumen, tanto investigadores y estudiantes se integran en el ICN para trabajar en actividades de diversa índole como la divulgación de la ciencia, ofrecer servicios al país y a la comunidad académica, así como generar un nuevo conocimiento que influya en el desarrollo científico y técnico en el campo de las ciencias nucleares.

## 2.3. Estructura

Para lograr los objetivos de las investigaciones el ICN está constituido por cinco departamentos, cinco unidades y tres talleres. Para fines de esta investigación sólo se hará énfasis en los cinco departamentos, los cuales serán descritos más adelante.



**Figura 2. Organigrama ICN.**

Fuente: Instituto de Ciencias Nucleares (2012b).

*Organización interna.* Recuperado el 04 de enero de 2012, de

[http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=221&Itemid=114](http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com_content&view=article&id=221&Itemid=114)

### 2.3.1. Departamento de Estructura de la Materia

El objetivo primordial de este departamento es: comprender y describir las estructuras fundamentales de la materia y sus interacciones a bajas energías. Esto incluye a los hadrones, mesones, núcleos atómicos, átomos y moléculas, así como a sistemas de fotones, y a las interacciones entre ellos y con campos externos. El lenguaje común es la mecánica cuántica. La investigación experimental se centra en la óptica cuántica y la estructura nuclear.

Las líneas de investigación de este departamento son las siguientes:

- Modelos cuánticos de sistemas de muchos cuerpos basados en simetrías.
- Óptica cuántica y no lineal, información cuántica.
- Estructura y dinámica de:
  - a) Hadrones: modelos efectivos en cromodinámica cuántica, estructura del nucleón,
  - b) Núcleos: estructura nuclear, cúmulos nucleares, supersimetría, haces radiactivos, masas nucleares, decaimiento beta doble,
  - c) Átomos: sistemas de dos niveles, átomos en cavidades,
  - d) Moléculas: espectros de alta resolución, colisiones, comportamiento en campos magnéticos intensos, estabilidad coloidal,
- Sistemas complejos: algoritmos inteligentes, caos cuántico, campos pseudocomplejos. (Instituto de Ciencias Nucleares, 2011a)

### **2.3.2. Departamento de Física de Altas Energías**

Entre los objetivos que tiene este departamento se encuentran: Realizar investigaciones en aspectos teóricos, fenomenológicos y experimentales de física de altas energías. Efectuar estudios sobre teorías de norma, métodos de cuantización y teoría de cuerdas, física de astropartículas, rayos cósmicos ultraenergéticos, física matemática, física de neutrinos, colisiones de iones pesados relativistas, bariogénesis electrodébil y teoría térmica de campos. Participa en las colaboraciones internacionales Observatorio Pierre Auger y ALICE. La primera se propone determinar el origen y la naturaleza de los rayos cósmicos ultra-energéticos, mientras que ALICE empleará el acelerador LHC del CERN para estudiar la formación del plasma de quarks y gluones en las colisiones de iones pesados.

Las líneas de investigación de este departamento son (Instituto de Ciencias Nucleares, 2011b):

- Astropartículas,
- Campos y Cuerdas, y
- Materia en Condiciones Extremas.

### **2.3.3. Departamento de Gravitación y Teoría de Campos**

El departamento de Gravitación y Teoría de Campos tiene como objetivo *realizar investigación sobre la aplicación de diversos marcos conceptuales, entre los que se encuentran la teoría de campos, así como áreas de la física teórica como son: gravitación, mecánica cuántica, física estadística y sistemas complejos.* La mayoría de las investigaciones son de carácter interdisciplinario, pues incluyen desde el estudio de modelos cosmológicos en relatividad general, aspectos clásicos y cuánticos de hoyos negros y objetos extendidos, y gravedad cuántica, hasta el estudio del grupo de re-normalización, álgebras de Hopf y otros problemas en física matemática.

Sus líneas de investigación son las siguientes (Instituto de Ciencias Nucleares, 2011c):

- Relatividad numérica y física computacional
- Gravedad Cuántica
- Cosmología
- Sistemas Complejos y Biofísica
- Física-Matemática.

### **2.3.4. Departamento de Física de Plasmas y de Interacción de Radiación con Materia**

El objetivo primordial de este departamento es realizar investigación teórica y experimental en programas académicos (Instituto de Ciencias Nucleares, 2011d):

- Contribuir a la solución de problemas de equilibrio, estabilidad y transporte de plasmas confinados magnéticamente, en el contexto de la investigación de fusión nuclear controlada. En particular se estudian mecanismos que permitan mejorar el confinamiento de plasmas en aparatos de confinamiento toroidal, como son los tokamaks y los stellerators.
- Desarrollar códigos de fluidos y cinéticos para el estudio de los plasmas en el laboratorio y en astrofísica, particularmente en lo relativo a la simulación de chorros estelares.

- Estudiar la física molecular mediante espectroscopia de resonancia magnética láser (LMR), tanto en la región del infrarrojo lejano como del infrarrojo cercano, así como a través del empleo de fuentes de radiación.
- Realizar investigaciones experimentales sobre química de plasmas geofísicos y sobre atmósferas planetarias.

### **2.3.5. Departamento de Química de Radiaciones y Radioquímica**

En este departamento se estudian temas relacionados con los efectos químicos producidos por las radiaciones ionizantes, aspectos de la química de nanomateriales y nanociencia computacional.

Las áreas de investigación en este departamento son (Instituto de Ciencias Nucleares, 2011e):

- |  |  |
|--|--|
| • Cinética de radiólisis y posradiólisis | • Organización supramolecular y películas de Langmuir-Blodgett |
| • Dosimetría                             | • Química de radiaciones en reacciones oscilantes              |
| • Evolución química                      | • Nanomateriales autoensamblados                               |
| • Macromoléculas                         | • Nanociencia computacional                                    |

Asimismo, el ICN, cuenta con once laboratorios que colaboran en diferentes áreas de investigación nacional e internacional. Algunas de las líneas de investigación en las que trabajan estos laboratorios son el estudio de plasmas; la producción multifotónica y las propiedades de átomos; las mediciones de luminiscencia; también se realizan estudios en el campo de química de radiaciones y analítica, así como los diferentes aspectos atmosféricos y planetarios (Instituto de Ciencias Nucleares, 2011e).

A continuación se mencionan los once laboratorios con los que cuenta el ICN:

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| 1. Detectores         | 7. Radicales                                 |
| 2. Física de Plasmas  | 8. Química de Radiaciones en Macromoléculas  |
| 3. Átomos Fríos       | 9. Química de Plasmas y Estudios Planetarios |
| 4. Luminiscencia      | 10. Núcleos Exóticos                         |
| 5. Termoluminiscencia | 11. Seguridad Radiológica                    |
| 6. Óptica Cuántica    |  |

## 2.4. Recursos Humanos

En la investigación, la educación y la transferencia de conocimiento el recurso más importante son los recursos humanos. Junto a los investigadores del ICN se encuentra también el personal técnico académico, posdoctorales así como los estudiantes tanto a nivel licenciatura y de posgrado, todos, en su conjunto contribuyen al logro de la misión y objetivos del ICN.

La plantilla del personal académico que labora actualmente en el ICN está constituida por 58 investigadores y 16 técnicos académicos, distribuidos en los cinco departamentos que constituyen al instituto: 13 investigadores en Estructura de la Materia, 13 en Física de Altas Energías, 11 En Física de Plasmas y de Interacción de Radiación con Materia, 12 en Gravitación y Teoría de Campos y 8 en Química de Radiaciones y Radioquímica (Alcubierre, 2012). En la Figura 3, se puede apreciar el crecimiento del personal académico del ICN a través del tiempo.



**Figura 3. Personal académico del ICN.**

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los informes de actividad del Instituto de Ciencias Nucleares de 1970 a 2012, en la década de los 70 se contaba con 21 investigadores y no se reportó la figura de técnico académico, ésta se hizo presente en la década de los 80 así como su crecimiento con el transcurso del tiempo. La contratación de investigadores ha sido constante, pasaron de 21 investigadores en 1970 a 58 en año de 2012, es decir, hubo un

incremento del 276% en 42 años, un promedio de .8 investigador por año contratado en el ICN, lo que denota un incremento en la plantilla para esta categoría así como su fortalecimiento.

## **2.5. Aportación del ICN**

Los investigadores del ICN en su totalidad forman parte del Sistema Nacional de Investigadores, el cual reconoce y otorga el nombramiento de investigador nacional a las personas dedicadas a producir conocimiento científico y tecnología (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2011).

La producción científica de los investigadores del ICN es muy amplia ya que contribuyen con la publicación de libros, capítulos en libros o participando como editores; colaboran en conferencias, simposios, congresos y seminarios en los que presentan trabajos de investigación que son publicados en memorias de eventos tanto nacionales como internacionales.

En cuanto a la producción de artículos científicos, éstos son publicados en revistas arbitradas de carácter nacional e internacional que son consideradas de amplia circulación en la comunidad científica.

Por otra parte, los investigadores que laboran en el ICN, juegan un papel importante en la formación de recursos humanos a través de la docencia impartiendo clases y asesorando y graduando estudiantes a nivel licenciatura y posgrado.

Las aportaciones de la comunidad académica se resumen en el Cuadro 3.

**Cuadro 3**  
**Producción del ICN 1976-2011**

Año	Artículos en revistas arbitradas	Artículos en memorias	Artículos de divulgación y difusión	Artículos de docencia	Libros editados	Capítulos en libros	Libros publicados	Tesis de licenciatura	Tesis de maestría	Tesis de doctorado	Total por año
1976	6							13			19
1977	11	28						4			43
1978	7	36						2	1		46
1979	14	16					3	8	1		42
1980	5		1			1		3	2		12
1981	17	36									53
1982	26	12				2	5				45
1983	22	7				4	3	7	1		44
1984	18	5				6	2	6			37
1985	32	11				3					46
1986	32	17				1	2	4			56
1987	34	10				3	3				50
1988	11	21					2	3	1	2	40
1989	31	5						8		2	46
1990	27	10						13	2		52
1991	33	30				1		8	1	1	74
1992	7	2				1		10	8	7	35
1993	29	22	1			4	1	2	4		63
1994	48	23	1	4			2	1	2		81
1995	59	24	1	4		1	3	5			97
1996	60	16		1	17			12	3	2	111
1997	79	43			2			10	5	3	142
1998	90	46			5			10	4	2	157
1999	92	33			6			8	2		141
2000	90	43			1			8	4	1	147
2001	126	46	1		2	2		10	6	8	201
2002	144	46			2			12	4	2	210
2003	114	66			5			16	3	7	211
2004	141	77						12	6	5	241
2005	141	42	21	2			3	16	4	5	234
2006	19	10	14			8	2				53
2007	127	48	7			4	1	11	12	7	217
2008	164	67	6			14	6	13	15	3	288
2009	141	130	11	4	4	13		13	13	13	342
2010	210	64	8		3	9		19	10	14	337
2011	172	157	14		2	13	1	14	14	12	399
<b>Total por año</b>											<b>4412</b>
<b>Total</b>	<b>2379</b>	<b>1249</b>	<b>86</b>	<b>15</b>	<b>49</b>	<b>90</b>	<b>39</b>	<b>281</b>	<b>128</b>	<b>96</b>	<b>4412</b>

Fuente: Instituto de Ciencias Nucleares. *Informe de Actividades 1976-2011*

Las aportaciones realizadas por el ICN han sido reconocidas a nivel institucional, nacional e internacional, lo anterior se basa en los premios que su comunidad ha obtenido por sus actividades realizadas, tanto en investigación, docencia o por sus contribuciones al desarrollo de la ciencia.

En los cuadros 4 y 5 se pueden apreciar, en forma cronológica, los premios y reconocimientos que ha recibido el ICN a través de su historia.

Cuadro 4  
Premios nacionales

Premios Nacionales			
Fecha	Investigador	Premio otorgado	Institución que otorga el premio
1984	Sergio Hojman,	Medalla	Académica de la Sociedad Mexicana de Física.
1986	Alejandro Frank	Premio Puebla en Ciencias Exactas	Academia de la Investigación Científica (actualmente Academia Mexicana de Ciencias)
1986	Sergio Hojman	Premio en Ciencias Exactas	Academia de la Investigación
1989	Alejandro Frank	Premio en Ciencias Exactas	Academia de la Investigación Científica (actualmente Academia Mexicana de Ciencias)
1991	Alejandro Frank	Premio UNAM para jóvenes	Universidad Nacional Autónoma de México
1992	Virgilio Beltrán	Medalla académica	Sociedad Mexicana de Física
1993	Virgilio Beltrán	Premio UNAM en docencia en Ciencias Exactas	Universidad Nacional Autónoma de México
1993	Octavio Castaños	Medalla Marcos Moshinsky.	Universidad Nacional Autónoma de México
1993	Peter O. Hess	Premio UNAM para Jóvenes Académicos y el Premio en Ciencias Exactas	Academia de la Investigación Científica. (actualmente Academia Mexicana de Ciencias)
1996	Alejandro Frank	Medalla Marcos Moshinsky	Universidad Nacional Autónoma de México
1998	Rafael Navarro González	Premio Distinción Universidad Nacional a Jóvenes Académicos	Universidad Nacional Autónoma de México
2001	Alejandro Frank	Premio Universidad Nacional	Universidad Nacional Autónoma de México
2001	Christopher Stephens	Premio Jorge Lomnitz Adler	Universidad Nacional Autónoma de México
2001	Peter Hess	Medalla Marcos Moshinsky	Universidad Nacional Autónoma de México
2003	Peter Hess	Medalla Marcos Moshinsky	Universidad Nacional Autónoma de México
2004	Alejandro Frank	Premio Nacional de Ciencias y Artes	Secretaría de Educación Pública
2004	Peter Hess	Premio a la Investigación Científica	Sociedad Mexicana de Física

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4  
Premios nacionales  
(Continuación)

Premios Nacionales			
Fecha	Investigador	Premio otorgado	Institución que otorga el premio
2004	Daniel Sudarsky Saionz	Medalla Marcos Moshinsky.	Universidad Nacional Autónoma de México
2005	Christian Selene Coria Monroy	Diploma	Facultad de Química, UNAM.
2006	Emilio Bucio Carrillo	Medalla Alfonso Caso	División de Estudios de Posgrado, UNAM
2007	María Guadalupe Albarrán Sánchez	Medalla Sor Juana Inés de la Cruz	Universidad Nacional Autónoma de México
2008	Alejandro Frank Hoefflich	Premio SCOPUS México	Editorial Elsevier
2008	Alejandro Cristian Raga Rasmussen	Premio SCOPUS México	Editorial Elsevier
2009	Alejandro Cristian Raga Rasmussen	Medalla Marcos Moshinsky	Instituto de Física, UNAM
2009	Sofía Guillermina Burillo Amezcua	1er lugar en concurso de carteles en el 8o Congreso Internacional, 14o Nacional de Ciencias ambientales y 3er Congreso del Medio Ambiente	Universidad de Tlaxcala, Academia Nacional de Ciencias Ambientales y Centro de Investigación en Genética y Ambiente
2010	Alejandro Cristian Raga Rasmussen	Premio Universidad Nacional, Ciencias Exactas	Universidad Nacional Autónoma de México
2010	Miguel Alcubierre Moya	Medalla al Mérito en Ciencias	Asamblea Legislativa del Distrito Federal
2010	Gabriela Frías Villegas	1er lugar en la categoría Divulgación Medios Impresos del Primer Concurso Nacional de Periodismo y Divulgación Científica 2010, por el artículo "Ensalada con rayos gamma"	CONACyT
2010	Alberto Güijosa Hidalgo	Premio de Investigación en Ciencias Exactas	Academia Mexicana de Ciencias
2010	Alberto Güijosa Hidalgo	Premio al Mejor Documental Mexicano para Televisión	Festival DOCSDF
2010	Peter Otto Hess Bechstedt	Premio SCOPUS	Editorial Elsevier

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5  
**Premios internacionales**

<b>Premios Internacionales</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Investigador</b>	<b>Premio otorgado</b>	<b>Institución que otorga el premio</b>
1991	Alejandro Frank	Premio Manuel Noriega Morales	Organización de los Estados Americanos (OEA)
2007	Alberto Gúijosa Hidalgo	Premio Bachiller Álvaro Gálvez y Fuentes	Muestra Iberoamericana 2007 de Televisión y Video Educativo, Científico y Cultural.
2008	Alberto Gúijosa Hidalgo	1. XXI Premio Prisma Casa de las Ciencias a la Divulgación 2. Premio a la Mejor Película Iberoamericana.	1. Museos Científicos Coruñeses 2. XXV Bienal Internacional de Cine Científico el premio denominado
2008	Rafael Navarro González	Medalla Alexander Von Humbold	Unión Europea de Geociencias (EGU)
2009	María del Carmen V. Ortega Alfaro	Beca para las mujeres en la ciencia	L'Oreal-UNESCO-AMC
2009	Rafael Navarro González	Ciencias de la tierra	Academia de Ciencias para el Mundo en Desarrollo
2010	Alberto Gúijosa Hidalgo	Premio a la mejor divulgación científica y tecnología	Festival Pantalla de Cristal
2010	Rafael Navarro González	Ciencias de la Tierra	Academia de Ciencias para el Mundo en Desarrollo
2010	Alberto Gúijosa Hidalgo	Premio a la Mejor Película Científico-Técnica	XXVI Bienal Internacional de Cine Científico, Ronda, España
2010	Alberto Gúijosa Hidalgo	Premio a la Mejor Divulgación Científica y Tecnología	Festival Pantalla de Cristal
211	Alexander Turbiner Rosenbaum	Best Paper Prize 2011	Journal Physics A (IOP)
211	Guy Paic	JUCHIMAN de Plata	Journal Physics A (IOP)

Fuente: Elaboración propia

Como se ha podido apreciar a lo largo de la historia del ICN, desde sus inicios como Laboratorio, centro y hasta el día de hoy como instituto, ha sufrido cambios importantes tanto en sus instalaciones (edificio), como de personal académico (investigadores y técnicos académicos), docencia (participación en las licenciaturas y los posgrados de Astronomía, Ciencias (Física) y Ciencias (Químicas), formación de recursos humanos (graduación de estudiantes en los niveles de licenciatura y posgrado), así como en sus áreas de investigación. Los resultados de su labor se ven reflejados ampliamente en los premios y reconocimientos recibidos tanto a nivel nacional como internacional, en la producción científica identificada en las distintas bases de datos que incluyen a las revistas de corriente principal, su participación en proyectos internacionales así como a la formación de recursos humanos dentro y fuera de la UNAM.

## **CAPÍTULO 3**

### **ANÁLISIS Y VISUALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO GENERADO POR EL INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES DE LA UNAM**

En este capítulo se analiza y representa la producción de artículos científicos publicados durante 40 años de investigación en el Instituto de Ciencias Nucleares (ICN). Esta producción representa el recurso más importante del Instituto y contribuye a formar la imagen que se tiene en el exterior, sobre el desarrollo de las ciencias nucleares en la UNAM.

Se utilizarán herramientas automatizadas para identificar y analizar la producción de los artículos científicos (2,443 registros). El resultado se presentará en gráficas y mapas auto-organizados y redes. Se hará especial énfasis en la exploración de las líneas de investigación abordadas por los investigadores del ICN y su evolución en el tiempo. Igualmente, se analizarán los autores más productivos y las fuentes donde publican, así como las redes de co-autoría o co-citación.

Se identificarán los temas de investigación emergentes y los obsoletos, así como el surgimiento e influencia de nuevos métodos de investigación.

Los métodos y procedimientos utilizados en esta aplicación práctica son tratados en detalles a continuación.

### **3.1. Diseño metodológico del análisis**

La presente investigación se organizó de la siguiente manera: Diseño y aplicación de estrategias de búsqueda para formar la base de datos ProBiNu (Producción-Bibliográfica-Nuclear), seguida por la verificación de los indicadores analizados y la determinación de las herramientas de análisis empleadas.

#### **3.1.1. Base de datos**

La base de datos (ProBiNu), fue integrada con los registros resultados de la estrategia de búsqueda realizada en la Base de datos “Web of Science” (WoS) del Institute for Scientific Information (ISI) y distribuida por “Thomson Reuters”, fue consultada en su versión en línea, bajo la plataforma “Web of Knowledge”<sup>1</sup>, la cual cubre más de 16,000 revistas, libros y actas de eventos internacionales en las áreas de las ciencias, las ciencias sociales, las artes y las humanidades. (Testa, 2001)

El periodo que abarcó la búsqueda fue de 1971 a 2011. Para identificar las distintas variables para el Instituto de Ciencias Nucleares, se realizó una estrategia de

---

<sup>1</sup> La misión básica de ISI, como compañía publicadora de base de datos, es proporcionar cobertura a las investigaciones más importantes e influyentes realizadas en todo el mundo.

búsqueda a través del campo de dirección. Se emplearon 11 variables, empleadas en el estudio de Sierra-Flores (2005), que identifican la producción científica de la Universidad Nacional Autónoma de México en la base del Web of Science, asimismo se identificaron 11 variables del Instituto de Ciencias Nucleares las cuales pueden apreciarse en el Cuadro 6.

Cuadro 6

**VARIABLES IDENTIFICADAS EN LA WEB OF SCIENCE PARA LA UNAM  
Y VARIABLES PARA EL INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES**

Variables UNAM	Variables ICN
UNIV NAACL AUTONOMA MEXICO	LAB NUCL
UNIV NAACL AUTONOMA MEXICO	CTR ESTUDIOS
UNIV MEXICO	CENTRO ESTUDIOS NUCL
UNIV NAACL AUTONOMA MEXICO	CTR ESTUDIO NUCL
UNIV NAACL AUTONOMA MEXICO	CTR ESTUDIOS NUCL
UNIV NAACL AUTONOMA MEXICO	CTR ESTUD NUCL
NATL AUTONOMOUS UNIV MEXICO	CTR ESTUDIOS NUCL
NATL AUTONOMOUS UNIV MEXICO	CTR ESTUDOS NUCL
CIUDAD UNIV MEXICO	CTR ESTUDIOS NUCL
UNIV NAACL AUTONOMA MEXICO	CTR ESTUDIOS NUCL
NATL AUTONOMOUS UNIV MEXICO	INST CIENCIAS NUCL

A continuación se muestra la estrategia de búsqueda realizada en el campo "Address" la cual permitió identificar y obtener 2,443 registros los que constituyen la producción científica del periodo analizado y se encuentra constituida por artículos publicados en revistas arbitradas con impacto internacional.

**ADDRESS=** LAB NUCL OR CTR ESTUDIOS OR CENTRO ESTUDIOS NUCL" OR "CTR ESTUDIO NUCL" OR "CTR ESTUDIOS NUCL" OR "CTR ESTUD NUCL" OR "CTR ESTUDOS NUCL OR INST CIENCIAS NUCL

Con la finalidad de verificar que los registros cubrieran la mayor cantidad de la producción científica del ICN y eliminar homónimos institucionales, se realizó otra estrategia de búsqueda a través del campo de "AUTHOR", tomando como referencia sólo a los investigadores pertenecientes a la Institución (en el anexo I aparece el listado completo de los investigadores del ICN)

Author= (Burillo\*) AND Address=(Inst Ciencias Nucl)

Es importante señalar que al ser interés de este estudio, analizar sólo la producción científica del ICN y su visibilidad, se usaron los siguientes criterios de exclusión:

- Publicaciones realizadas cuando el investigador laboraba fuera del ICN, es decir tenía otra afiliación.
- Publicaciones que no incluían la dirección del ICN.

Las estrategias de búsqueda utilizadas permitieron identificar y recuperar 2,443 registros, con los cuales se constituyó la muestra total de la producción científica del ICN a analizar.

En el siguiente apartado se explican los métodos seguidos para eliminar los duplicados y la normalización de los autores.

### **3.1.2. Metodología**

La metodología comprendió de 6 etapas, las cuales se describen a continuación.

*Etapas 1. Comprensión del objetivo y el problema.* Es importante, para el descubrimiento de conocimientos, la comprensión del problema a solucionar en cada proyecto y sobre todo conocer a fondo la necesidad que le dio origen y los objetivos que se desean alcanzar. En esta etapa, se trabajó en unión con otros especialistas de la rama del conocimiento a la cual se asocia la problemática.

*Etapas 2. Identificación y selección de datos.* En este proceso se realizó la captura y creación de una base de datos sobre el problema a analizar. Se consideró la estructura

de las fuentes de información y sus características, ya que éstas pueden cambiar el diseño del proceso y sus resultados. En el caso del WoS los campos de los registros han cambiando con el transcurso de los años, por ejemplo, el campo que corresponde a la dirección.

*Etapa 3. Pre-procesamiento.* Consistió en la depuración de los datos almacenados y su tratamiento. Se aplicaron operaciones básicas como la limpieza del “ruido” o datos innecesarios. Registro de la información de secuencias en el tiempo y cambios conocidos. Este paso, llamado también “normalización”, es considerado uno de los más complicados y puede tomar más del 80% del tiempo total del proceso. En esta etapa se utilizó la herramienta del ViBlioSOM que facilita el proceso de normalización de datos.

*Etapa 4. Minería de Datos y Textos.* Se llevó a cabo la extracción de información implícita y potencialmente útil. Aplicando algoritmos matemáticos y estadísticos a los datos o indicadores métricos, la información fue identificada y agrupada en patrones con regularidades en los datos. El énfasis, para hacer investigación por medio de la minería de datos, radica en el descubrimiento de patrones que sean lo suficientemente fuertes para realizar predicciones que puedan ser interpretados visualmente. En esta etapa, se elaboraron matrices o series de datos, donde la interface de representación de los datos minados, es fundamental para realizar inferencias y descubrimientos de conocimientos.

*Etapa 5. Visualización e interpretación de resultados.* Los datos obtenidos a partir de la aplicación de uno o varios indicadores necesitan ser interpretados. Una manera adecuada es a partir de su representación visual. En esta etapa se identificaron e interpretaron los patrones minados con el apoyo de especialistas en el área de investigación.

*Etapa 6. Producto y distribución de los resultados.* En los análisis métricos, una vez obtenido e interpretado el resultado es necesario trasladarlo al usuario de forma clara y entendible para que pueda ser utilizado de forma efectiva y bajo un entorno real de trabajo. Este proceso de transferencia se incluye la distribución y la forma en que deben ser reportados los productos (alertas, informes, presentaciones orales, etc.), pues el usuario puede no comprender completamente los resultados expuestos o llegar a ellos de forma no adecuada. Si toda la metodología fluye adecuadamente, pero los resultados no

llegan de la forma y en el momento oportuno al usuario, se puede decir que todo el esfuerzo fue en vano. Es por ello que esta etapa es considerada parte fundamental de la metodología.

### **3.1.3. Indicadores**

Se utilizó el indicador de co-ocurrencia de palabras para obtener los mapas del conocimiento. Estos están definidos como la aplicación de algoritmos matemáticos que permiten analizar y visualizar el conocimiento que se encuentra reflejado en las publicaciones científicas, es decir, el conocimiento almacenado en las bases de datos o en Internet. Otra acepción son los “mapas de dominios del conocimiento”, usado por Chaomei Chen (citado en Guzmán, 2009). Otros profesionales, como Börner, Chen, Boyack (2003) también se basan en el análisis de co-ocurrencia de palabras para modelar y representar estructuras intelectuales. (Díaz, 2010).

Se utilizó el indicador de actividad (artículos-años y autores-frecuencia) y los relacionales como la co-autoría.

### **3.1.4. Herramientas de software**

En el desarrollo de esta investigación se utilizaron distintos software designados o adaptados para los estudios bibliométricos. Cada software cumple determinado propósito, desde la recolección y normalización de datos para crear la base de datos, hasta llegar a la visualización de los resultados obtenidos.

A continuación se hace una breve descripción de cada uno ellos.

#### **3.1.4.1. ProCite**

Para la elaboración de la Base de Datos ProBiNu (Producción-Bibliográfica-Nuclear) se utilizó el software ProCite, el cual permite la gestión de datos bibliográficos. Es producido por el ISI ResearchSoft y está diseñado tanto para el investigador como para el documentalista o incluso para los estudiantes en tesis. Una de las ventajas que tiene para el análisis de información es que dispone de una variedad de plantillas que permite la importación de datos con diversos formatos, esto facilita la importación de los datos descargados del ISI con gran facilidad.

ProCite es utilizado en los estudios bibliométricos debido a que permite la

normalización de registros y conteos de información, así como el análisis y la gestión de bases de datos bibliográficas. Se considera de gran efectividad para la gestión de las referencias bibliográficas con las que trabaja el investigador, ya que pueden importarse directamente desde el procesador de textos, tanto para insertar citas en el texto, como para elaborar una bibliografía al final del mismo. También es adecuada para mantener una base de datos de referencias bibliográficas en línea o editarla en CD-ROM. (Guía ProCite 5.0)

Otra característica que destaca en este software es que permite la organización de referencias y crear bibliografías automáticamente desde un procesador de textos. Asimismo, se pueden realizar búsquedas, descargar, organizar y presentar referencias bibliográficas en el estilo deseado. (Biblioteca Universitaria, 2006)

#### **3.1.4.2. TooLinf**

Es una macro para trabajar sobre la plataforma Windows, específicamente con el sistema Microsoft Excel del paquete Microsoft Office. La macro funciona como parte del mismo en forma de barra de herramientas, cuyos botones activan formularios donde se introduce toda la información necesaria para ejecutar una operación específica.

Este software ha sido desarrollado por “Consultoría Biomundi/IDICT, permite automatizar una parte importante del procesamiento de la información, fundamentalmente de información bibliográfica, mediante opciones de conteo e identificación de datos, clasificación de registros y creación de matrices de co-ocurrencia”. (Duarte, s. f.)

Es de fácil manejo y sólo requiere de conocimiento básicos de Windows y de Microsoft Excel. Cuenta además, de una ayuda que le permite al usuario familiarizarse rápidamente con el mismo.

Permite automatizar procesos necesarios en el análisis de información bibliográfica como conteos de frecuencias. Dos de sus características importantes son la utilización de tesauros para realizar la minería de textos en título o resumen, y la creación de matrices de co-ocurrencia.

#### **3.1.4.3. Viscovery SoMine**

Viscovery SoMine, es una aplicación que permite la realización de minería de datos, su

análisis en agrupamiento visual, creación de perfiles estadísticos, la segmentación y la clasificación basada en la auto-organización de mapas (SOM) y estadísticas clásicas en un ambiente de trabajo intuitivo. (Viscovery, 2012)

Es un software desarrollado por la compañía Eudaptic, de Austria, que ha automatizado el modelo SOM (Self-Organizing-Map o Mapas Auto-Organizados) y aunque no se ha creado para los propósitos específicos de los análisis bibliométricos, ha sido adaptado y redimensionado para éste tipo de análisis.

El Viscovery SoMine permite obtener mapas científico-tecnológicos. En estos mapas, cada documento ocupa un lugar en el espacio en relación a sus contenidos temáticos. “Cada área del mapa refleja un contenido específico y los tópicos van variando suavemente a lo largo del mismo. Es decir, se establece una correspondencia entre la información de entrada y un espacio de salida de dos dimensiones, los datos de entrada con características comunes activarán zonas próximas en el mapa”. (Sotolongo-Aguilar, Guzmán-Sánchez, Carrillo, 2002).

#### **3.1.4.4. ViBlioSOM**

La metodología **ViBlioSOM** (Visualización Bibliométrica mediante el SOM), permite asociar la información en “redes neuronales artificiales, basadas en el algoritmo de los mapas auto-organizados, con el objetivo de lograr representaciones visuales de los datos que resultan de la aplicación de los indicadores bibliométricos”. (Sotolongo-Aguilar, Guzmán-Sánchez, Carrillo, 2002). Es un modo de hacer con un enfoque sistémico porque se ha diseñado bajo el criterio de que el análisis de información métrica (Bibliométrica, Informétrica, Cienciométrica y Patentométrica) y sus resultados deben ser vistos como un todo, es decir, como un conjunto de elementos teóricos y prácticos los cuales se relacionan entre sí hasta alcanzar un resultado.

ViBlioSOM está creado como una jerarquía organizada en módulos, los cuales van alcanzando mayor nivel de complejidad. Un módulo interactúa con el otro dándole un sentido de continuidad al modelo. Se considera, además, como un sistema que funciona bajo un proceso de retroalimentación en forma de cascada, por lo que si se detecta un error en alguna de las etapas, el analista puede volver a la etapa anterior para corregirlo, lo cual permite mejoras continuas y no esperar al final del proceso para realizar la retroalimentación.

Una característica del ViBlioSOM es que permite realizar el análisis de correlación entre variables o datos complejos y en la clasificación de información, esto permite realizar filtrajes de cluster y profundizar en el análisis de las variables que lo componen. Una de las ventajas al utilizar este método es que facilita organizar visualmente la información bibliométrica y patentométrica. (Sotolongo-Aguilar, Guzmán-Sánchez, Carrillo, 2002).

#### **3.1.4.5. NodeXL**

NodeXL es un software de código abierto diseñado para Excel 2007 y 2010 de Microsoft. Permite la visualización y exploración de datos a través de redes gráficas. (NodeXL, 2012)

### **3.2. Análisis de la producción científica del ICN**

El crecimiento de la producción científica en México ha ido en aumento, así lo señalan los cifras reportadas en los Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas (2011) en donde muestran cómo la producción año con año ha ido creciendo en todas las disciplinas. Por ejemplo, en el 2004, en el campo de la física se publicaron 846 artículos; en el 2007, 985 artículos y para el 2011 se publicaron un total de 1,128 artículos, un comportamiento similar se presentó en el área de la química.

A nivel institucional y en particular para el caso de la UNAM, el comportamiento es semejante, es decir, la producción científica ha ido en asenso, así lo señala el “Ranking” elaborado por el grupo SCIMAGO “Institutions Rankings” (SCIMAGO, 2012) quien le otorgó la segunda posición en la categoría de Universidades Iberoamericanas y antecedida por la Universidad de Sao Paulo. Lo anterior, muestra el aporte de la investigación científica en la UNAM (Ver Cuadro 7).

En el Cuadro 7, se relacionan los indicadores de colaboración internacional (CI), Calidad Científica Promedio (CCP) o impacto y la publicación en el primer Cuartil (1Q) para referirse al número de artículos que se encuentran en el primer grupo de revistas del JCR. En este caso se puede apreciar cómo indicadores de impacto y colaboración aún representan cifras desfavorables para la UNAM.

Dentro del contexto de la UNAM, el Instituto de Ciencias Nucleares, desde su creación ha tenido una tendencia al crecimiento en su producción científica, destacando a

partir de 1990, en donde claramente su dinámica de progresión es mucho mayor. Lo anterior se puede apreciar en la Figura 4, en donde se observa que el promedio de artículos al año (entre 1973 y 1990) fue de 20 contribuciones. A partir de esa fecha, el crecimiento prácticamente se duplicó año con año.

Cabe señalar que estos datos están estrechamente relacionados con la contratación de personal académico en el ICN, que pasó de 20 investigadores en el año de 1970 a 58 investigadores en el 2012 (Figura 3).

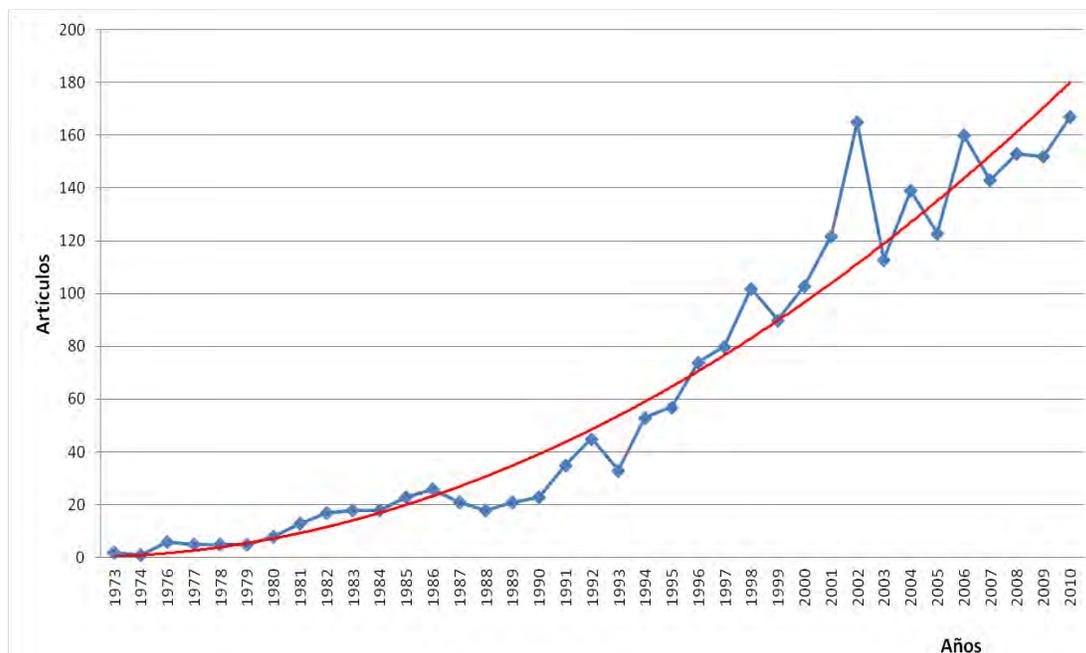
Cuadro 7.

### Universidades con mejores indicadores de producción científica de Iberoamérica

IBE	LAC	Universidad	País	PC	PC%	CI	CI%	CCP	CCP%	IQ	IQ%
1	1	Universidade de Sao Paulo	BRA	40.192 ↑ 9,4	24,8 ↓ -1,3	0,8 ↓ -2,5	39,4 ↓ -4,0				
2	2	Universidad Nacional Autonoma de Mexico	MEX	17.622 ↑ 5,0	40,5 ↓ -1,1	0,8 ↓ -1,3	47,2 ↓ -4,0				
3	3	Universidade Estadual de Campinas	BRA	14.994 ↑ 7,1	21,9 ↓ -0,3	0,8 ↓ -3,7	37,0 ↓ -5,3				
4		Universitat de Barcelona	ESP	14.630 ↑ 7,3	44,5 ↑ 2,9	1,4 ↑ 2,8	63,0 ↓ -1,1				
5	4	Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho	BRA	13.043 ↑ 12,8	16,4 ↓ -1,6	0,7 ↓ -1,5	30,6 ↓ -4,2				
6	5	Universidade Federal do Rio de Janeiro	BRA	12.340 ↑ 7,9	26,6 ↓ -1,9	0,8 ↓ -3,8	38,3 ↓ -4,6				
7		Universidad Complutense de Madrid	ESP	12.212 ↑ 6,2	35,1 ↑ 3,3	1,1 ↑ 1,9	52,6 ↓ -2,1				
8		Universitat Autonoma de Barcelona	ESP	11.973 ↑ 10,6	41,0 ↑ 3,1	1,4 ↑ 1,5	59,0 ↓ -2,0				
9	6	Universidad de Buenos Aires	ARG	10.843 ↑ 5,2	46,0 ↓ -0,5	0,9 ↓ -2,2	51,4 ↓ -2,7				
10		Universitat Politecnica de Catalunya	ESP	10.175 ↑ 8,4	40,9 ↑ 2,7	1,2 ↓ -0,9	38,2 ↓ -1,1				
11		Universitat de Valencia	ESP	10.103 ↑ 7,3	42,8 ↑ 2,9	1,2 ↑ 0,8	54,5 ↓ -3,7				
12	7	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	BRA	9.748 ↑ 10,7	25,1 ↓ -2,6	0,8 ↓ -3,7	38,7 ↓ -5,1				
13		Universidad Autonoma de Madrid	ESP	9.677 ↑ 6,7	41,9 ↑ 1,7	1,3 ↓ -0,8	59,3 ↓ -3,4				
14		Universidade do Porto	PRT	9.477 ↑ 12,9	43,1 ↑ 1,1	1,3 ↑ 0,8	52,5 ↓ -2,4				
15		Universidade Tecnica de Lisboa	PRT	9.264 ↑ 8,9	44,3 ↓ -0,2	1,2 ↓ -2,4	45,9 ↓ -3,6				
16	8	Universidade Federal de Minas Gerais	BRA	8.661 ↑ 11,0	25,1 ↓ -2,2	0,8 ↓ -2,4	38,0 ↓ -4,2				
17		Universidad de Granada	ESP	8.154 ↑ 9,8	36,4 ↑ 1,8	1,1 ↑ 4,4	48,2 ↓ -0,9				
18	9	Universidade Federal de Sao Paulo	BRA	7.791 ↑ 10,7	19,2 ↑ 1,0	0,8 ↑ 2,5	40,3 ↓ -2,4				
19	10	Universidad de Chile	CHL	7.353 ↑ 7,3	46,2 ↓ -0,2	0,9 ↓ -1,1	45,8 ↓ -3,9				
20		Universidad Politecnica de Valencia	ESP	7.307 ↑ 12,0	29,8 ↑ 2,0	1,2 ↓ 0,0	43,5 ↓ -0,6				

Leyenda: PC – Producción científica, CI – Colaboración internacional, CCP – Calidad Científica Promedio, IQ – Publicación en I cuartil. Fuente: IR: Scimago Institutions Rankings, 2012. [www.scimagoir.com](http://www.scimagoir.com)

Las investigaciones que se desarrollan en el ICN son fundamentalmente en las áreas de las Ciencias Nucleares, por lo que los resultados medidos en la producción científica es la demostración de su aporte al conocimiento científico del país y por ese indicador son evaluados a nivel de CONACYT y de la UNAM. Los artículos, las presentaciones en eventos científicos y en otros medios de divulgación es una muestra importante de los resultados del trabajo realizado. En definitiva, el conocimiento es hoy por hoy el nuevo paradigma de la economía y el ICN es evaluado anualmente a través de este indicador.



**Figura 4. Producción científica del ICN**

Fuente: Elaboración propia.

En esta investigación se trabajó con un acumulado 2,443 registros (distribuidos como aparecen en la Figura 4), lo que hace que represente 3.11 artículos por investigador al año. Nuevamente, se debe acotar que la cifra total no representa la actividad por investigador sino la general del ICN.

### 3.2.1. Nivel de actividad por Departamento e individual

En el capítulo dos se expuso la estructura organizacional actual del ICN, así como las líneas de investigación de cada departamento. Como se explicó, la institución está conformada por cinco departamentos (Estructura de la Materia, Física de Altas Energías, Física de Plasmas y de Interacción de Radiación con la Materia, Gravitación y Teoría de Campos, y Química de Radiaciones y Radioquímica). Es importante señalar que esta organización a lo largo de su historia ha tenido cambios, y en consecuencia su comunidad académica también ha modificado sus áreas de especialidad así como su población. Por ejemplo, en 1972 el ICN estaba constituido como Centro de Estudios Nucleares (CEN) y su organización constaba de tres departamentos: Física y Matemáticas Aplicadas, Química y Aplicaciones Nucleares. En el año de 1988 el CEN se constituyó como Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) reestructurando sus áreas de especialidad. El departamento

de Química cambia por el de Química de Radiaciones y Radioquímica, de igual forma, el departamento de Aplicaciones Nucleares cambia por el de Gravitación y Teoría de Campos. El departamento de Física y Matemáticas Aplicadas no presentó cambios.

Para el año de 1997, el ICN nuevamente modifica su estructura organizacional, desaparece el departamento de Matemáticas Aplicadas y se crean tres departamentos: Estructura de la Materia, Física de Altas Energías y Física de Plasmas y de Interacción de Radiación con la Materia. Los departamentos de Gravitación y Teoría de Campos así como el de Química de Radiaciones y Radioquímica no presentaron cambios.

Junto con la reestructuración institucional vino el incremento en la contratación de investigadores, así como cambios de áreas o departamentos. Lo anterior se resume a continuación:

Cuadro 8.

Cambios en la estructura organizacional del ICN

Departamento	Física y Matemáticas Aplicadas	Química	Aplicaciones Nucleares
1976	12 investigadores	12 investigadores	5 investigadores
1986	11 investigadores	7 investigadores	6 investigadores

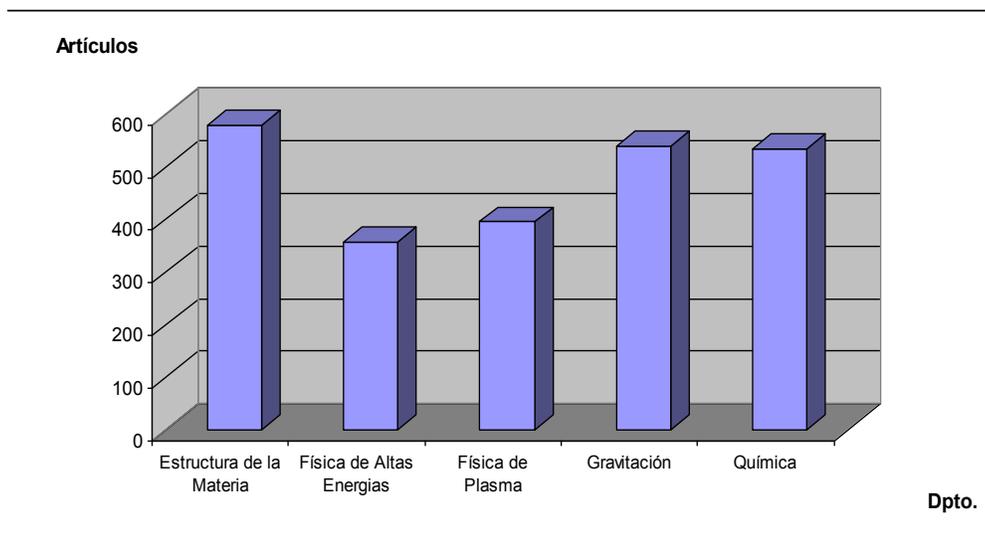
Departamento	Física y Matemáticas Aplicadas	Química de Radiaciones y Radioquímica	Gravitación y Teoría de Campos
1988	15 investigadores	11 investigadores	16 investigadores

Depto.	Estructura de la Materia	Física de Altas Energías	Física de Plasmas y de Interacción de Radiación con la Materia	Química de Radiaciones y Radioquímica	Gravitación y Teoría de Campos
1997	10 investigadores	8 investigadores	8 investigadores	9 investigadores	15 investigadores
2012	13 investigadores	13 investigadores	11 investigadores	8 investigadores	12 investigadores

Con la actual estructura organizacional, el ICN realiza investigación teórica, experimental y aplicada en ciencias nucleares para comprender y conocer los constituyentes e interacciones fundamentales de la materia, desde los núcleos, los átomos y las moléculas, hasta la física de muy altas energías, en estrecha relación con el origen y evolución del Universo (Frank, 2008).

Partiendo de lo anterior, la producción de artículos por departamento se puede observar en la Figura 5. El total de artículos arbitrados y publicados en revistas identificadas en la base de datos del "Web of Science" (WoS) del Institute for Scientific Information (ISI) fue de 2,443. Debido a la desaparición y conformación de los departamentos, los artículos se analizaron a nivel individual (por investigador) y se agrupó

de acuerdo a los cinco departamentos que conforman actualmente al instituto.



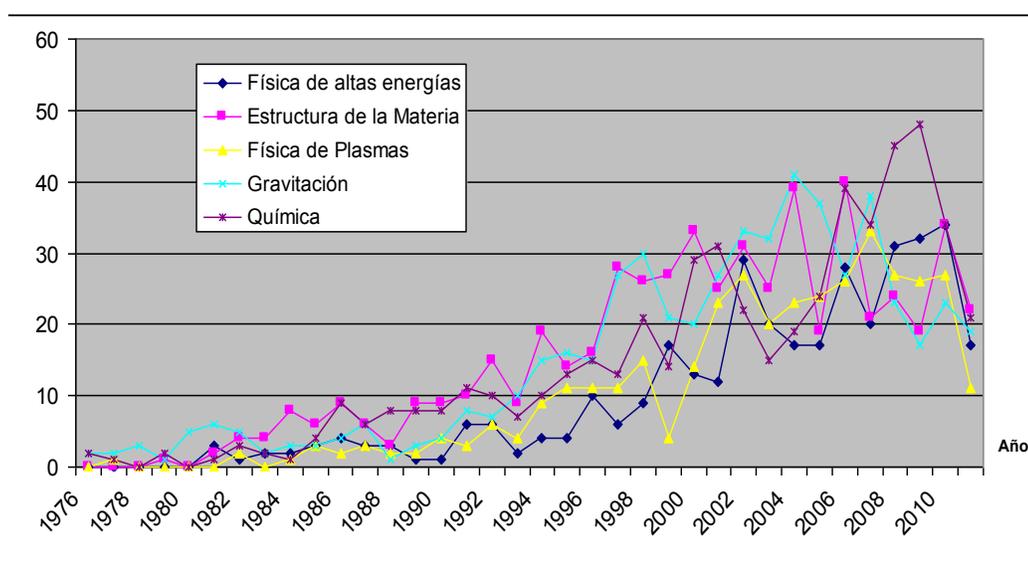
**Figura 5. Producción de artículos por departamento.** Fuente: Elaboración propia.

Como se observa (Figura 5), los tres departamentos más productivos son: Estructura de la Materia, Gravitación y Teoría de Campos, así como Química de Radiaciones y Radioquímica; de igual manera éstos son los tres departamentos de mayor tradición en el ICN, es decir, tienen sus orígenes con la estructura organizacional en los años 70 y 80. De acuerdo a los datos obtenidos en los informes de actividad de los años 1976, 1986 y 1988, la comunidad que integraba el departamento de Física y Matemáticas Aplicadas y la producción de los investigadores se sumó al de Estructura de la Materia; al Departamento de Gravitación y Teoría de Campos se sumó la producción de los investigadores que pertenecían al Departamento de Aplicaciones Nucleares, y al departamento de Química de Radiaciones y Radioquímica se le sumó la totalidad de la producción del Departamento de Química (Cuadro 8).

De igual manera, en la Figura 5, se aprecia la producción de los departamentos de Física de Altas Energías y del departamento de Física de Plasmas. Es importante aclarar que ambos surgen con la reestructuración del año de 1997, fecha en la que inicia formalmente la producción en estas áreas y que para el 2011 ya aparecen bien ubicadas en la producción del ICN. En estos tres departamentos se observan mayor producción, pero se debe considerar la relación que hay con la fecha de su creación, y que de acuerdo a los informes anuales de actividad del ICN surgen al inicio de los años 70.

Otro factor importante a considerar es el número de investigadores asociados a cada departamento. El Departamento con mayor número de contrataciones de investigadores es el de Gravitación y Teoría de Campos, seguido del Departamento de Estructura de la Materia. Por otro lado, el de menor número de contrataciones es el Departamento de Química, el cual en la década de los 70 llegó a tener 12 investigadores y que actualmente sólo cuenta con 8 profesionistas.

Para solventar el problema de la evolución histórica de los departamentos, se hizo un análisis de la producción de estas áreas por años (Figura 6). Esto permitiría fijar fechas y momentos en los niveles de actividad de cada área.



**Figura 6.** Evolución histórica de la producción científica por departamento  
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6, se observa la producción del ICN a través del tiempo. Por departamento el comportamiento es distinto. El Departamento de Gravitación y Teoría de Campos ha disminuido notoriamente su producción científica en los últimos 4 años (2007-2010), incluso en el año 2009 fue el de menor producción de artículos. Mientras que el departamento Estructura de la Materia, que era el de mayor productividad total ha descendido su producción a partir del 2005. Por otro lado, el Departamento de Química de Radiaciones y Radioquímica que es otro de mayor tradición en el ICN, en la última década ha mantenido e incrementado su producción. Los dos departamentos creados en el año de 1997 han incrementado su producción en distinta proporción. La producción del Departamento de Física de Plasmas a partir del año 2001, ha incrementado su producción e

incluso se observa que ha superado departamentos de mayor tradición como el de Estructura de la Materia así como al de Gravitación y Teoría de Campos. Finalmente el Departamento de Altas Energías que aparece como el de menor producción por varios años, logra colocarse a partir del año 2008 como uno de los de mayor producción (es importante aclarar que a partir del año 2006, éste departamento inicia la participación en grandes colaboraciones como *Alice Collaboration* y *Miniboone Collaboration* y el incremento en la producción de artículos es notorio a partir de esa fecha). De forma general, los niveles de actividad han ido en aumento desde la creación de los departamentos.

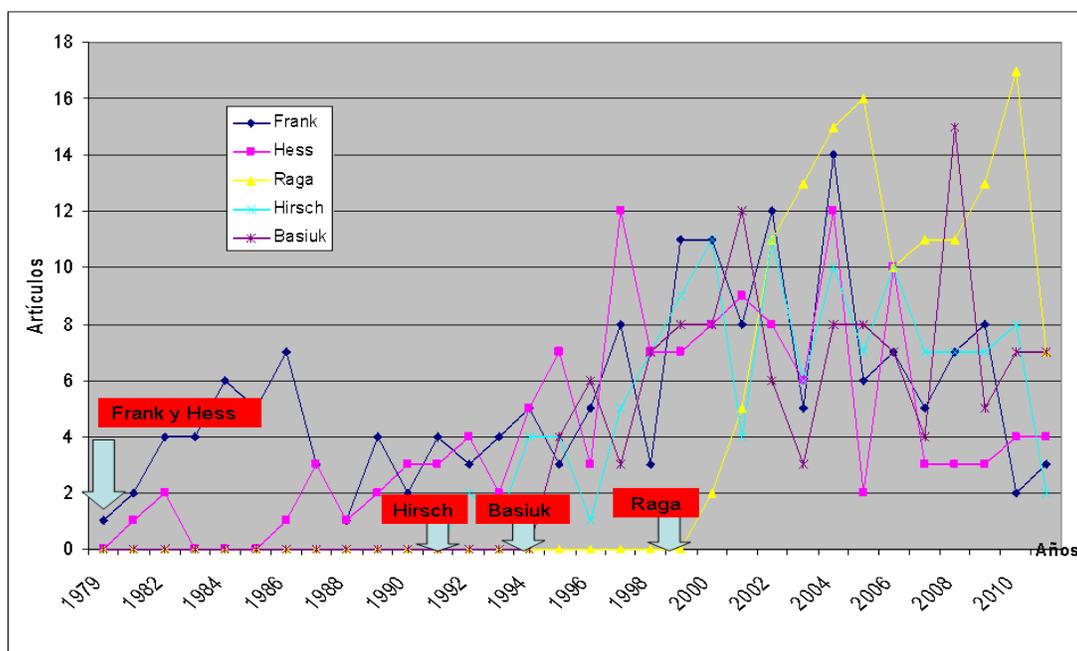
Si se analiza la investigación a nivel individual se podrá apreciar que existen líderes que acumulan más del 47% de toda la investigación realizada en el instituto en el período estudiado. Tal como se aprecia en el Cuadro 9, en este sólo se presenta a los primeros 10 investigadores con mayor producción científica.

Cuadro 9

**Los 10 autores más productivos del ICN.**

	<b>Autores</b>	<b>Artículos</b>
1	Frank, A.	170
2	Hess, P. O.	136
3	Raga, A. C.	130
4	Hirsch, J. G.	123
5	Basiuk, V. A.	118
6	Burillo, G.	112
7	Negron-Mendoza, A.	105
8	Navarro-Gonzalez, R.	87
9	Ramos-Bernal, S.	83
10	Castanos, O.	82

Al igual que en el análisis de los departamentos del ICN (Figura 6) es interesante apreciar no las cifras totales de la producción científica de los investigadores, sino su permanencia como líderes a través de los años y el momento en que cada uno de ellos entra a la institución (Figura 7).



**Figura 7. Nivel de la producción científica de los 5 investigadores más productivos por año.** Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 7, se aprecia que los dos primeros investigadores (Alejandro Frank y Peter Hess) y que encabezan el listado de la Tabla 7, son los de mayor antigüedad en el ICN, han firmado desde 1973 artículos bajo esa afiliación y su producción cubre un período mayor en tiempo. Por otro lado, se observa que investigadores como Jorge Hirsch, Vladimir Basiuk y Alejandro Raga ingresaron a la institución años después. En los tres casos no se considera el total de su producción, sólo los artículos publicados a partir de la fecha de ingreso al ICN, es decir, sólo los artículos con filiación del Instituto.

En este análisis se aprecia que Alejandro Frank inició como el investigador más productivo (Figura 7), sin embargo desde el 2005 disminuyó su nivel de productividad. Por otro lado, se observa que el líder actual en la producción de artículos es Alejandro Raga, además de ser el último en ingresar al ICN. También se observa que Jorge Hirsch ha mantenido su nivel de producción, pero no así Vladimir Basiuk.

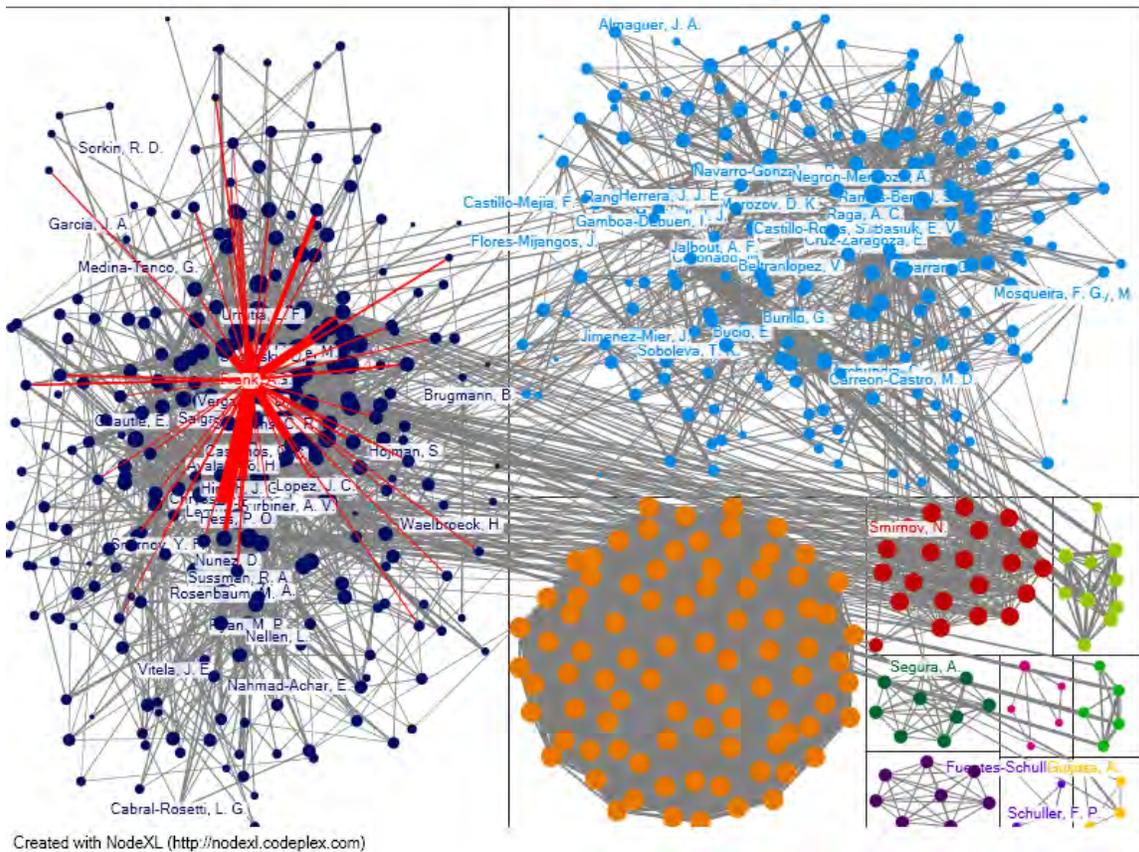
### 3.2.2. Colaboración científica

En el análisis de las redes de colaboración científica, se considera que un investigador está conectado a otro si han escrito un trabajo conjunto. Este tipo de conexiones son

construidas mediante el análisis de las firmas de autores que aparecen en los artículos a las cuales se les aplica un indicador de co-ocurrencia. En estos análisis se presupone, por tanto, que la Red se origina como producto de recolectar lazos suministrados por los mismos autores en sus artículos científicos. La idea de construir una red de co-autoría no es nueva, estas teorías están basadas con el concepto de teoría de grafos de Paul Erdős y son la base de lo que hoy se llama una red social. Paul Erdős y Alfréd Rényi en 1959 sugirieron que estos sistemas “podían modelarse eficazmente interconectando sus nodos mediante enlaces distribuidos al azar.” (Perianes-Rodríguez, Olmeda-Gómez, & Moya-Anegón, 2008).

Según Kurt Lewin (citado en Lozares, 1996), “la percepción y el comportamiento de los individuos y la misma estructura del grupo al que pertenece se inscriben en un espacio social formado por el grupo y su entorno creando un campo de relaciones. Estas relaciones del campo social pueden ser analizadas formalmente por procedimientos matemáticos”. Esto es lo que se pretende con una Red de colaboración obtenida con algoritmos matemáticos y software automatizados.

En la Figura 8, se observa cómo se encuentra estructurada la colaboración del ICN, organizada en 11 subconjuntos y en cada uno de ellos se ubican los investigadores que se hallan más cercanos y fuertemente conectados entre sí con respecto al resto de los integrantes de la red. La red refleja la interacción profesional real entre los científicos. El investigador Alejandro Frank, forma parte del núcleo de uno de los grupos y se encuentra conectado a un conjunto de colaboración más grande y homogénea. La configuración homogénea de la red, también es un indicador de cohesión del tema que se investiga o analiza. Junto a él se encuentra otro grupo de investigadores del ICN.

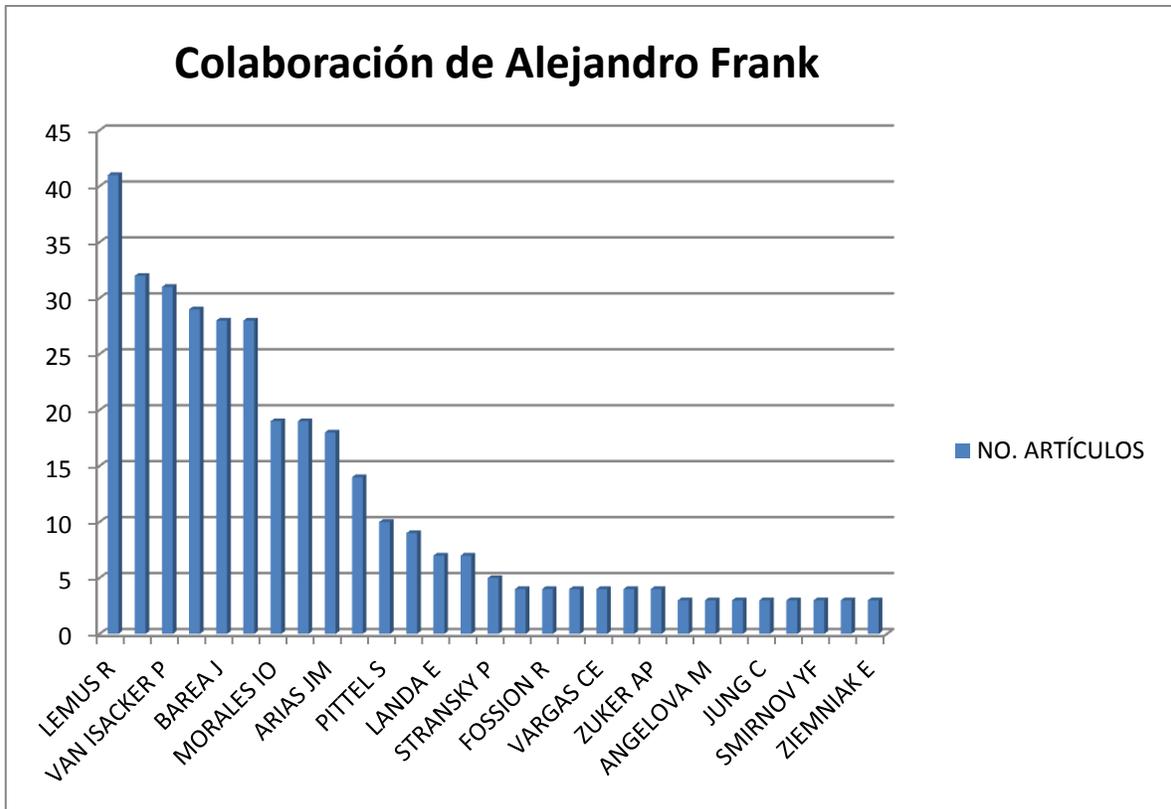


**Figura 8. La Red de colaboración del ICN.**

**Sobresale la Red de colaboración del investigador Alejandro Frank**

Fuente: Elaboración propia.

Una de las limitantes de esta técnica de visualización se presenta en los casos que incluyen más de 100 etiquetas o variables (como en este caso) donde la colaboración no puede ser observada y la vinculación se solapa quedando debajo de la nube de puntos. Con la finalidad de subsanar esta deficiencia y poder identificar los detalles, se creó una gráfica que corresponde a Alejandro Frank (Figura 9).



**Figura 9. Colaboración de Alejandro Frank**

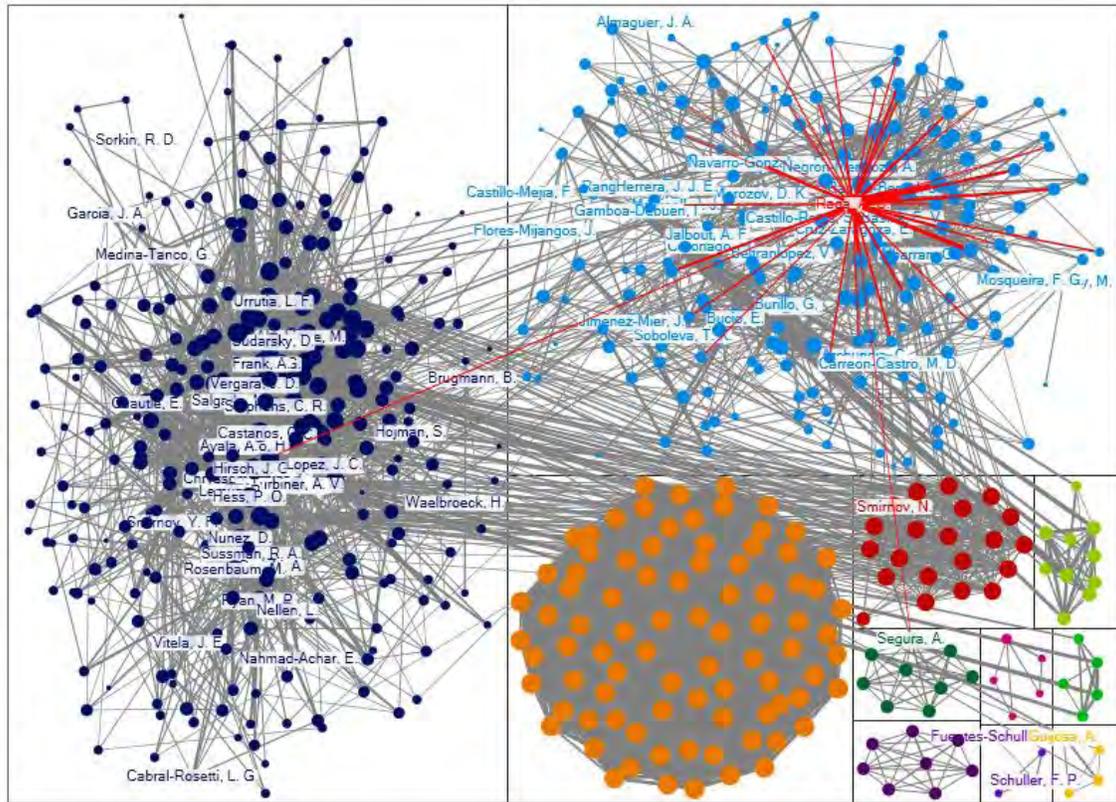
Fuente: Elaboración propia.

A partir de los datos filtrados, se obtiene la colaboración de Alejandro Frank, en ésta, se muestran los investigadores que mantienen mayor colaboración (frecuencia mayor de 3). Lo cual coincide con su tabla de colaboradores (ver anexo II)

En la Figura 10, se muestra otro grupo de colaboración fuertemente ligado y que tiene como núcleo a investigadores productivos como es el caso de Alejandro Raga.

Observando las Figuras 8 y 10, y considerando la filosofía de las redes implica:

- La cercanía entre dos nodos, indica a cuánta distancia podemos estar de otra persona en la red, a través de un colaborador, podríamos contactar con la persona deseada, y la aplicación podría mostrarnos los caminos.
- La importancia de un nodo, puede mostrar qué nodos “influyen” sobre los que están a su alrededor. (Sánchez, 2006)



Created with NodeXL (<http://nodexl.codeplex.com>)

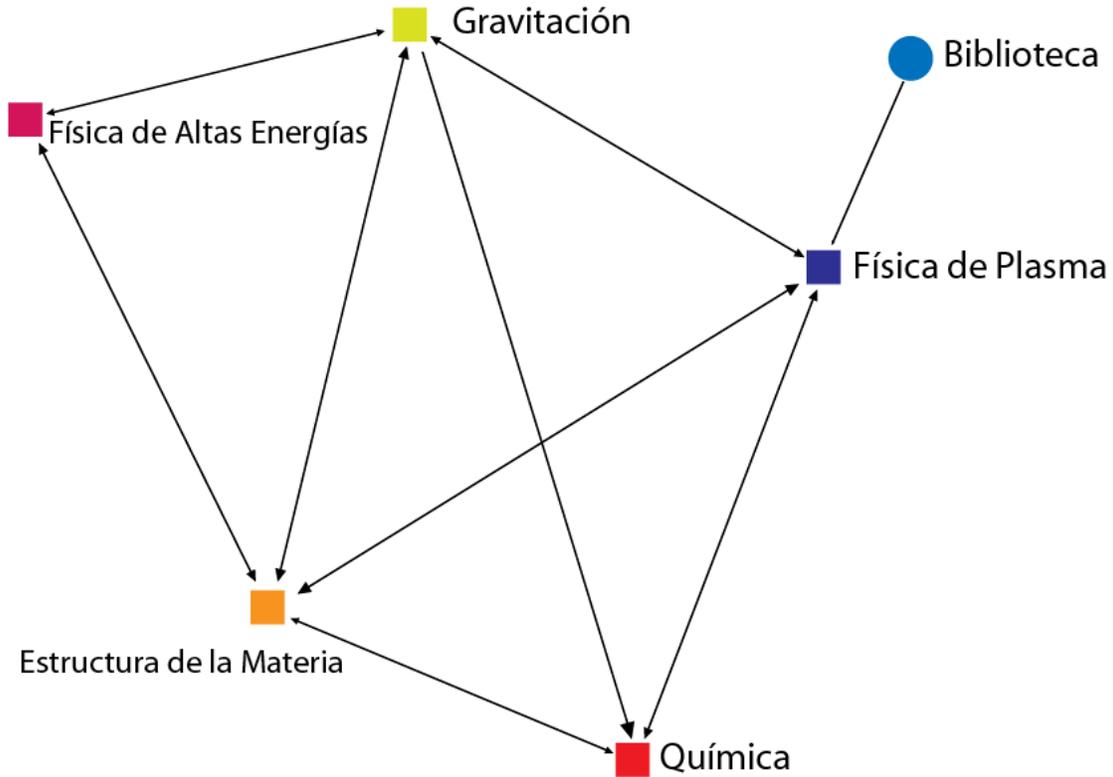
**Figura 10. La Red de colaboración internacional del ICN.**

**Red de colaboración Nodo Alejandro Raga**

Fuente: Elaboración propia.

Se podría decir que hay dos grupos muy influyentes dentro de la red de investigación del ICN, mientras que los nodos de ambos grupos son los que más influyen en el resto de los grupos de la Red, incluso se puede apreciar como Alejandro Raga (Figura 10) influye en uno de los grupos pequeños.

La transferencia de conocimientos especializados es una actividad reconocida en el ámbito de una comunidad científica. En el caso del ICN existe una red de intercambio recíproco (Figura 11). Dentro de esta estructura, se observa que existe una fuerte colaboración interinstitucional. Se observan departamentos con mayor colaboración que otros, como por ejemplo el Departamento de Física de Plasma se observa con mayor vínculo de colaboración con Gravitación, estructura de la Materia, Química y la Biblioteca (Figura 11). Asimismo, el departamento de Estructura de la Materia colabora con los departamentos de Física de Altas Energías, Gravitación, Química y Física de Plasmas.



**Figura 11. Colaboración interna en el ICN.**

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el departamento con menor colaboración interinstitucional es el Departamento de Física de Altas Energías, se observó que únicamente ha colaborado con los Departamentos de Gravitación y Estructura de la Materia (Figura 11).

### 3.2.3. Mapa del conocimiento del ICN

La comunicación científica está relacionada con el proceso de generar conocimiento. Los investigadores reducen sus artículos a palabras claves que representan conceptos. Estas palabras encierran un significado para el investigador y es una manera de transmitir su trabajo escrito y por tanto su conocimiento. Por ello, a los entornos en que se generan a partir del análisis de las palabras claves, se les llama mapas del conocimiento.



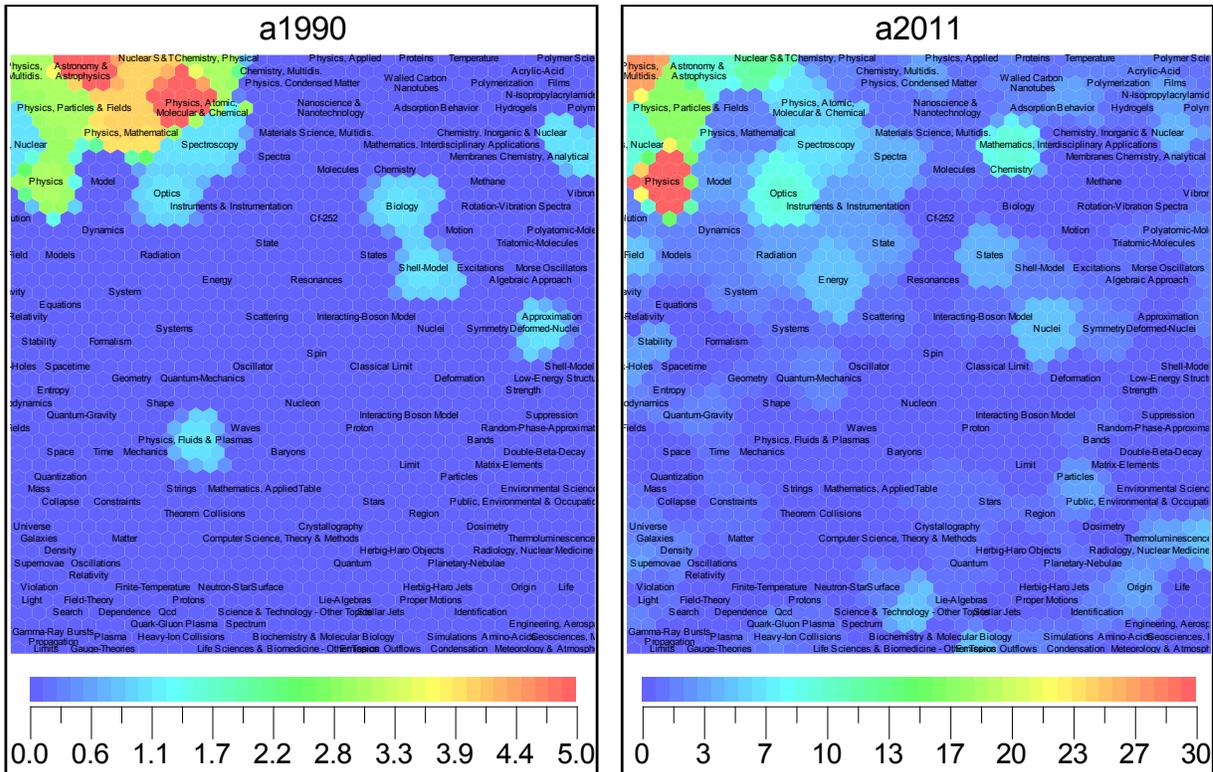
Si se analiza la dinámica de las publicaciones del ICN a través de los artículos publicados en revistas incluidas en el Science Citation Index de la Web of Science se percibe la diversidad en las grandes áreas. Por orden en el número de publicaciones hasta los años 90's. Las publicaciones estaban centradas en la Física, Astronomía y Química. Para los años del 2000 y hasta el 2012 se han impulsado otras áreas, tales como: Tecnología en Ciencia Nuclear, Óptica, Ciencia de Polímeros, Espectroscopia entre otras, así como incursionado en nuevas como Ciencias Materiales, Instrumentación de Instrumentos y Salud Pública del Trabajo ambiental (Cuadro 10)

Cuadro 10

**Áreas de especialidad del ICN en dos períodos:  
Desde su fecha de creación y hasta 2012**

<b>Áreas de Especialidad</b>	<b>Artículos publicados hasta 1999</b>	<b>Artículos publicados hasta 2012</b>
Física	485	1692
Astronomía y Astrofísica	125	618
Química	83	311
Tecnología en Ciencia Nuclear	52	213
Ciencias Materiales		109
Óptica	30	84
Ciencia de Polímeros	19	71
Espectroscopia	18	69
Ciencia, Tecnología otros temas	10	65
Instrumentación de Instrumentos		53
Matemáticas	11	53
Geología	6	52
Ciencias de la Vida, Biomedicina, otros temas	18	49
Radiología, Medicina Nuclear, Imágenes Médicas	7	40
Ciencias de la Computación	10	33
Ingeniería	9	33
Meteorología, Ciencias de la Tierra	6	30
Ecología, Ciencias del Ambiente	6	28
Salud Pública del Trabajo ambiental		21
Bioquímica, Biología Molecular	5	11
Cristalografía		11
Educación, Investigación Educativa	5	9
Biología Computacional....		5
Farmacología		5

Fuente: Web of Science



**Figura 13. Cambio en las líneas de investigación a través de los años.**

**Comparación 1990 con 2011. Fuente: Elaboración propia.**

Parece ser que una estrategia del ICN es diversificar su investigación. Si se observa el Cuadro 10 y la Figura 13, se puede apreciar el incremento en los temas, así como la consolidación en otros.

## Conclusiones

La presente investigación se ha dedicado al estudio de la producción científica generada por el personal académico que ha laborado o se encuentra laborando en el Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) de la UNAM en el periodo de 1970-2011. Para el análisis y visualización de las contribuciones al conocimiento del Instituto, se han utilizado indicadores bibliométricos en combinación con la base de datos de la Web of Science (para la identificación y obtención de datos), herramienta de extracción como es el ProCite (desarrollado como gestor bibliográfico, cuyo objetivo es extraer la información en su mayoría bibliográfica permite realizar estadística básica a través de cálculo de frecuencias, permite conservar su formato e identifica duplicados). TooLinf, el cual permitió la automatización y análisis de la información bibliográfica a partir de conteos de frecuencias. El Viscovey SoMine, software con el cual fue posible la realización de minería de datos y su análisis en agrupamiento visual o mapas de auto-organización, esto hizo posible una apreciación distinta a las gráficas, aunque también se observó que su limitante es en etiquetas mayores de 100 dado que no permitió observar con precisión. El ViBlioSOM con el cual se logró representar visualmente los datos derivados de la aplicación de los indicadores bibliométricos, por medio de módulos o cluster jerarquizados y finalmente el NodeXL, que al igual que los dos anteriores, permitió la visualización y exploración de redes gráficas. Las anteriores herramientas fueron seleccionadas por considerar que estas eran las adecuadas para identificar la producción y presentar los resultados en forma visual y ofrecer una apreciación distinta de los datos.

En el desarrollo de esta investigación se han alcanzado los objetivos inicialmente planteados en cuanto a:

- Visualizar al ICN como institución de investigación científica
- Identificar la productividad científica de los investigadores del ICN a nivel institucional, departamental e individual.
- Identificar las redes de colaboración del ICN.
- Identificar el conocimiento de mayor impacto del ICN
- Elaborar un mapa del conocimiento del ICN, donde se muestre el liderazgo temático y las líneas de investigación del instituto.

Se logró identificar la producción científica de cada uno de los investigadores del ICN en el período 1970-2011, la cual está compuesta por artículos en revistas arbitradas, artículos en memorias, artículos de divulgación y difusión, artículos de docencia, libros editados, capítulos en libros, libros publicados, tesis de licenciatura, tesis de maestría y tesis de doctorado; con un resultado total de 4,412 documentos. Cabe mencionar que uno de los puntos fuertes de las publicaciones han sido los artículos en revistas arbitradas con un total de 2,443; seguido de los artículos en memorias con 1,249 documentos. Como se pudo apreciar en la Figura 4, la producción científica del ICN ha ido en aumento desde su fundación hasta la fecha. Por otra parte, se identificaron a los 10 autores más productivos del ICN (Cuadro 9) estando a la cabeza Alejandro Frank Hoeflich, con 170 artículos seguido por Peter Otto Hess Bechstedt con 136, ambos investigadores también son los de mayor permanencia en el ICN, (Alejandro Frank ingresó al ICN en 1974 y Peter Hess en 1984). Asimismo, se observó (Figura 5) la producción de artículos por departamento, siendo Gravitación y Teoría de Campos, Estructura de la Materia y Química de Radiaciones y Radioquímica los de mayor antigüedad y en consecuencia los de mayor número de producción científica, no obstante tanto el Departamento de Física de Plasmas como el de Altas Energías cuentan con una producción importante basado en el número de años de su origen (1997).

Se identificó las redes de colaboración de los investigadores del ICN por departamento, utilizado el software NodeXL, con lo que se demostró que de los cinco departamentos con los que cuenta el Instituto, sólo el Departamento de Física de Altas Energías colabora con dos de sus similares, mientras que los otros cuatro departamentos colaboran entre sí, incluyendo al Departamento de Física de Altas Energías. Un dato trascendental es la colaboración que ha tenido la Biblioteca con el Departamento de Física de Plasmas, lo cual muestra su importancia en la investigación y generación de conocimiento.

A través del Viscovery SoMine, se identificaron las líneas de investigación con mayor impacto. De igual manera, se pudo apreciar la evolución del ICN con respecto a sus áreas de investigación (Cuadro 10 y Figuras 12 y 13). En los resultados obtenidos se pudo observar, que los temas relacionados con la Física se han incrementado. Asimismo, se pudo apreciar las áreas de mayor importancia e impacto de investigación que se han mantenido desde los inicios del ICN.

Finalmente, con los datos obtenidos, se pudo elaborar un mapa del conocimiento (Figura 12) el cual manifestó los cambios que se han dado en las áreas temáticas de

investigación del período analizado. Siendo la Astronomía y Astrofísica, la Física matemática, la Física Nuclear y la Química, las áreas que se han mantenido desde los inicios del ICN. Cabe destacar que las Nanotecnologías, a pesar de ser un área de reciente investigación, ya se ven reflejadas y se encuentran en incremento en uno de los clúster de este mapa.

El presente estudio permitió determinar a través de la producción científica del ICN, las áreas de investigación con las que inició, las que se han mantenido y las que se han ido generando con el paso del tiempo. Esto permitirá establecer parámetros necesarios para el fortalecimiento de áreas de investigación inherentes a la institución.

Por lo anterior podemos dar respuesta afirmativa a la pregunta planteada al inicio de la investigación: ¿El análisis de la producción científica del Instituto de Ciencias Nucleares a partir del estudio bibliométrico de la información y la visualización de sus resultados, permite analizar y visualizar sus contribuciones al conocimiento?

Por último, se espera que este trabajo contribuya al conocimiento de una institución de investigación, especializada en las áreas de las ciencias nucleares, para aquellos interesados en su desarrollo y estructura. Asimismo que sea una pauta para la realización de investigaciones futuras de bibliotecólogos, que actualicen por ejemplo, el período de estudio, que integren nuevas técnicas para el tratamiento de los datos o que en dado caso amplíen y profundicen sobre la importancia de la colaboración científica.

## **Recomendaciones**

Con base a los resultados obtenidos con el presente estudio bibliométrico, se presentan las siguientes recomendaciones a considerar:

- Realizar continuamente este tipo de estudios para mantener actualizados los datos relacionados con la actividad en las áreas de investigación del ICN, con el propósito de determinar fortalezas y debilidades.
- Aplicar los estudios bibliométricos por departamentos que integran el ICN, con la finalidad de establecer parámetros en sus áreas de investigación que indiquen la situación en la que se encuentra cada departamento entre sus similares.

## ANEXO I

### Variables en los nombres de los investigadores del ICN.

En el anexo I se observa, por grupos de colores, las variables en los nombres de los investigadores que laboraron o se encuentran laborando en el ICN, cada color representa el nombre de un investigador. En la columna 2 se puede apreciar el número de veces con la que se encontró cada variable.

Es importante mencionar que el cuadro sólo incluye los nombres de los investigadores del ICN que presentaron distintas variables en sus firmas. Los investigadores que han registrado sus artículos de manera consistente no se encuentran en el cuadro.

VARIABLES EN LOS NOMBRES DE LOS INVESTIGADORES DEL ICN	NÚMERO DE VECES OBSERVADAS	VARIABLES EN LOS NOMBRES DE LOS INVESTIGADORES DEL ICN	NÚMERO DE VECES OBSERVADAS	VARIABLES EN LOS NOMBRES DE LOS INVESTIGADORES DEL ICN	NÚMERO DE VECES OBSERVADAS
Almaguer, J. A.	4	De Buen, I. G.	2	Negron-Memdoza, A.	1
Almaguerandrade, J. A.	1	Gamboa, I.	3	Negronmendoza, A.	38
Basiuk V.A.	117	Gamboa-Debuen, I.	35	Negron-Mendoza, A.	67
Basiuk, V.	1	García, J.A.	17	Perezbernal, F.	5
Basiuk, V. V.	1	Zenteno, A. G.	1	Perez-Bernal, F.	6
Beltran, V.	4	Herrera, J.	2	Raga, A.	9
Beltranlopez, V.	10	Herrera, J. E.	1	Raga, A. C.	119
Beltranlopez, V.	19	Herrera, J. J. E.	23	Bernal, S. R.	3
Beltran-Lopez, V.	5	Herrera-Velazquez, J. E.	1	Ramos, B. S.	1
Bijker, R.	65	Herrera-Velazquez, J. J. E.	8	Ramos, S.	15
Bijkwe, R.	1	Hess, P.	6	Ramosbernal, S.	5
Amezcuca, G. B.	1	Hess, P. O.	111	Ramos-Bernal, S.	67
Burillo, C.	1	Hirsch, J.	1	Rangel, J.	12
Burillo, G.	107	Hirsch, J. G.	99	Rangel-Gutierrez, J.	3
Burillo, S. G.	1	Hojman, S.	19	Rosenbau.m	2
Carreon, C. M. P.	1	Hojman, S.A.	6	Rosenbaum, M.	50
Carreon, M.D.	4	Jabout, A.F.	1	Ryan, M.	4
Carreon, M.P.	7	Jalbout, A.F.	26	Ryan, M. P.	41
Carreon, P.	2	Jimenez, J.	1	Stephens C. R	51
Carreon-Castro, M. D.	10	Jimenezmier, J.	12	Stephens Christopher R.	1
Carreon-Castro, M. D. P.	1	Jimenez-Mier, J.	18	Stephens, C.	2
Carreon-Castro, M. P.	3	Lopez, J. C.	19	Turbiner, A.	15
Castanos, O	71	Lopez-V, J. C.	1	Turbiner, A. V.	44
Castanos, Q.	1	Lopez-Vieyra, J. C.	4	Turbiner, A. Y.	1
Castillo, F.	11	Lopez, R.	5	Urrutia, L.	7
Castillo-Mejia, F.	2	Lopezpena, R.	12	Urrutia, L. F.	62
Castillo, S	1	Lopez-Pena, R.	11	Vergara, J. D.	52
Castillorojas, S	4	Martinell, J.	2	Vergarax, J. D.	1
Castillo-Rojas, S.	5	Martinell, J. J.	25	Vitela, E. J.	2
Cho, I.	2	Medina-Tanco, G.	8	Vitela, J.	10
Cho, I. Y.	1	Medina-Tanco, G. A.	3	Vitela, J. E.	17
Corchi, A.	1	Tanco, G. M.	1		
Corichi, A.	45	Mosqueira, F. G.	10		
Cruz, E.	7	Mosqueira, G. F.	1		
Cruz-Zaragoza, E.	40	Mosqueira-Ps, G. F.	1		
D'Olivo, J. C.	20	Mosquiera, F. G.	1		
Dolivo, J. C.	27	Nahmadachar, E.	5		
Dakin, V.	2	Nahmad-Achar, E.	5		
Dakin, V. I.	5	Navarro-Gonzales, R.	1		
Defernandez, M.V.G.	1	Navarrogonzalez, R.	22		
Defernandez, Qfbmvg	1	Navarro-Gonzalez, R.	63		
Fernandez, M. V. G.	2	Alicia, N.M.	1		
Fuentes-Schuller, I.	5	Negm-Mendoza, A.	1		
Buen, I.G.D.	1	Negron, A.	4		

## ANEXO II

Colaboración con Alejandro Frank Hoeflich (frecuencia igual o mayor de 3).

COAUTORES	NO. ARTÍCULOS
LEMUS R	41
BIJKER R	32
VELAZQUEZ V	29
BAREA J	28
HIRSCH JG	28
VAN ISACKER P	27
MORALES IO	19
PEREZ-BERNAL F	19
ARIAS JM	18
VIEYRA JCL	14
PITTEL S	10
CASTANOS O	9
LANDA E	7
MENDOZA-TEMIS J	7
STRANSKY P	5
CARVAJAL M	4
FOSSION R	4
RECAMIER J	4
VANISACKER P	4
VARGAS CE	4
WOLF KB	4
ZUKER AP	4
ALONSO CE	3
ANGELOVA M	3
JAUREGUI R	3
JUNG C	3
LEYVRAZ F	3
SMIRNOV YF	3
SMIRNOVA NA	3
ZIEMNIAK E	3

## Referencias

1. Abadal Falgueras, E. (2005). *Bases de datos documentales: características, funciones y método*. Madrid: Síntesis.
2. Alcubierre, M (2012). *Plan de trabajo para la dirección del Instituto de Ciencias Nucleares 2012-2016*. 34p.
3. Arroyo, N. (2005). Cibermetría. Estado de la cuestión. En *9as Jornadas Españolas de Documentación*. Recuperado de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/4296/1/R-17.pdf>
4. Atlas de la Ciencia Mexicana. (2012). *Atlas de la Ciencia Mexicana*. México. Recuperado de <http://www.atlasdelacienciamexicana.org/es/principal.html>
5. Bellavista, J.; Guardiola, E.; Méndez, A. & Bordons, M. (1997). Evaluación de la investigación. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas. (Cuadernos metodológicos, nº. 23).
6. Biblioteca Universitaria. (2006). *ProCite. Gestión de referencias bibliografías*. Recuperado de [http://bib.us.es/aprendizaje\\_investigacion/publicar\\_citar/herramientas/common/procite.pdf](http://bib.us.es/aprendizaje_investigacion/publicar_citar/herramientas/common/procite.pdf)
7. Börner, K., Chen, C., & Boyack, K. W. (2003). Visualizing knowledge domains. *Annual Review of Information Science and Technology*, 37, 179-255.
8. Canales Becerra, H. (s. f.) *Bibliometría, informetría, cienciometría: su etimología y alcance conceptual*. Recuperado el 22 de febrero de 2012, de <http://www.bibliociencias.cu/gsdll/collect/eventos/archives/HASH0160.dir/doc.pdf>
9. Centro de Estudios Nucleares. (s. f.). *Memoria descriptiva de instalaciones físicas de la U.N.A.M.* [México]: UNAM, Subdirección de proyectos D.G.O
10. Chen, C. & Paul, R. J. (2001). Visualizing a knowledge domain's intellectual structure. *Computer*, 34(3), 65-71
11. Chinchilla Rodríguez, Z. (2004). *Análisis del dominio científico español: 1995-2002*. Recuperado de [http://www.scimago.es/zaida/tesis\\_analisis\\_bibliometrico\\_dominio\\_cientifico\\_esp\\_a%C3%B1a.pdf](http://www.scimago.es/zaida/tesis_analisis_bibliometrico_dominio_cientifico_esp_a%C3%B1a.pdf)
12. Chubin, D. & Restivo, S. (1983). The mooring of science studies: research programmes and science policy. En Knorr-Cetina & Mulkay (Eds.), *Science Observed*. London: Sage.
13. Collazo-Reyes, F., Luna-Morales, M. E. & Russell J. M. (2010). Enriching knowledge production patterns of Mexican physics in particles and fields. *Scientometrics*, 85(3), 791-802
14. Collazo-Reyes, F., Luna-Morales, M. E. & Russell, J. (2004). Publication and citation patterns of the Mexican contribution to a "Big Science". *Scientometrics*, 60(2), 131-143
15. Collazo-Reyes, F., Luna-Morales, M. E., Russell, J. M., & Pérez-Angón, M. A. (2008). Publication and citation patterns of Latin American & Caribbean

- journals in the SCI and SSCI from 1995 to 2004. *Scientometrics*, 75(1), 145-161
16. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2011). *Sistema Nacional de investigadores*. Recuperado el 8 de junio de 2011, de <http://www.conacyt.mx/sni/paginas/default.aspx>
  17. Crane, D. (1972). *Invisible colleges: diffusion of knowledge in scientific communities*. Recuperado de <http://garfield.library.upenn.edu/classics1989/A1989AU43700001.pdf>
  18. Dávila Rodríguez, M. (2009). Bibliometría: conceptos y utilidades para el estudio médico y la formación profesional, *Salud Uninorte*, 25(2), 319-330.
  19. Delgado, H. & Russell, J. M. (1992). Impact of studies published in the international literature by scientists at the National University of Mexico. *Scientometrics*, 23(1), 75-90
  20. Díaz Pérez, M. (2010). *Visualización del análisis del dominio tecnológico de Cuba: 1997-2008*. (Tesis doctoral). Recuperado de <http://0-hera.ugr.es/adrastea.ugr.es/tesisugr/19562755.pdf>
  21. Diego Camps, M. D. (2008). Limitaciones de los indicadores bibliométricos en la evaluación de la actividad científica biomédica. *Colombia Medica*, 39 (1), 74-79
  22. Dirección General de Planeación, UNAM (2012). *Publicaciones de la dirección general de Planeación*. Recuperado de <http://www.planeacion.unam.mx/Publicaciones/>
  23. Duarte Montero, E. (s. f.). *Los estudios de tendencias como herramienta para la inteligencia empresarial*. Recuperado de <http://www.bibliociencias.cu/gsdll/collect/eventos/index/assoc/HASH624e.dir/doc.pdf>
  24. Ferreiro Aláez, L. (1993). *Bibliometría: análisis bivariante*. Madrid: EYPASA.
  25. Filippo, D. & Fernández, M. T. (s. f.). Bibliometría: importancia de los indicadores bibliométricos. Recuperado el 8 de abril de 2012, de <http://www.science.oas.org/ricyt/interior/difusion/pubs/elc/10.pdf>
  26. Frank, A. (2012). *Plan de trabajo (2008-2012)*. México: UNAM, ICN.
  27. Furner, Jonathan. (2003). Little book, big book: before and after Little science, big science: a review article, Part I. *Journal of librarianship and information science*, 35(2), 115-125
  28. Geiser, E. (2001). The mires of research evaluation. *The scientist*, 15(10)
  29. Guía ProCite 5.0. Recuperado de [http://sabus.usal.es/site\\_med\\_2006/site\\_med/descargas/Manual\\_ProCite50\\_Julio%20Alonso.pdf](http://sabus.usal.es/site_med_2006/site_med/descargas/Manual_ProCite50_Julio%20Alonso.pdf)
  30. Gupta, BM., Dhawan, SM. (2006). *Measures of progress of science in india : an analysis of the publication output in science and technology*. Recuperado de [http://psa.gov.in/writereaddata/11913286541\\_MPSI.pdf](http://psa.gov.in/writereaddata/11913286541_MPSI.pdf)
  31. Guzmán Sánchez, M. V. (2009). ViBlioSOM: Metodología para la visualización métrica con mapas. Recuperado de <http://revistas.mes.edu.cu/greenstone/collect/repo/import/repo/20120531/71205082210.pdf>
  32. Guzmán, M. V., Carrillo, H., Jiménez, J. L. & Villaseñor, E. (2010). Bioinformetric studies in TB vaccines researches. En Norazmi, M. N., Acosta, A., Sarmiento, M.

- (eds). *The Art and Science of Tuberculosis Vaccine Development*. UK: Oxford University Press.
33. Guzmán, M.V. & Sotolongo, G. (2002). Mapas Tecnológicos para la Estrategia Empresarial. El caso de la Neisseria meningitidis. *ACIMED*, 10(4). Recuperado de <http://bvs.sld.cu/revistas/aci/>
  34. Guzmán-Sánchez, M. V., Carrillo-Calvet, H. (s. f.). *La Bibliometría como una herramienta de la Bioinformática*. Recuperado de <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/eventos/archives/HASH0164/499444cf.dir/doc.pdf>
  35. Hassan, S., Haddawy, P., Kuinkel, P., Degelsegger, A. & Blasy, C. (2012). A Bibliometric study of research activity in ASEAN related to the EU in FP7 priority areas. *Scientometrics*, 91(3), 1-46
  36. Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *PNAS*, 102(46), 16569–16572. Recuperado de <http://www.pnas.org/content/102/46/16569.full.pdf+html>
  37. Hulme, E. W. (1923). *Statistical Bibliography in Relation to the Growth of Modern Civilization*. London, Butler & Tanner
  38. *Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas; edición de bolsillo (2011)* México, SEP: CONACYT. pp.62-64
  39. Instituto de Ciencias Nucleares. (1997). *Primer informe de Actividades 1996-1997*. México: UNAM, ICN.
  40. Instituto de Ciencias Nucleares. (2000). *Cuarto Informe de Actividades 1999-2000*. México: UNAM, ICN.
  41. Instituto de Ciencias Nucleares. (2001). *Informe de Actividades 2000-2001*. México: UNAM, ICN.
  42. Instituto de Ciencias Nucleares. (2004). *Informe de Actividades 2003-2004*. México: UNAM, ICN.
  43. Instituto de Ciencias Nucleares. (2008). *ICN: detrás está la gente*. México: UNAM, ICN.
  44. Instituto de Ciencias Nucleares. (2010). *Informe de Actividades 2009-2010*. México: UNAM, ICN.
  45. Instituto de Ciencias Nucleares. (2011). *Instituto de Ciencias Nucleares*. Recuperado el 16 de mayo de 2011, de [http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=220&Itemid=110](http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com_content&view=article&id=220&Itemid=110)
  46. Instituto de Ciencias Nucleares. (2011a). *Estructura de la materia*. Recuperado de [http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=53&Itemid=72](http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=72)
  47. Instituto de Ciencias Nucleares. (2011b). *Física de altas energías*. Recuperado de [http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=55&Itemid=76](http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=76)
  48. Instituto de Ciencias Nucleares. (2011c). *Gravitación y teoría de campos*. Recuperado de [http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=57&Itemid=77](http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=77)

49. Instituto de Ciencias Nucleares. (2011d). *Física de plasmas y de interacción de radiación con materia*. Recuperado de [http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=56&Itemid=78](http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com_content&view=article&id=56&Itemid=78)
50. Instituto de Ciencias Nucleares. (2011e). *Química de radiaciones y radioquímica*. Recuperado de [http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=58&Itemid=80](http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com_content&view=article&id=58&Itemid=80)
51. Instituto de Ciencias Nucleares. (2011f). *Semblanza histórica*. Recuperado de [http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=219&Itemid=113](http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com_content&view=article&id=219&Itemid=113)
52. Instituto de Ciencias Nucleares. (2012). *Instalaciones*. Recuperado de [http://www.nuclecu.unam.mx/icn2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=214&Itemid=112](http://www.nuclecu.unam.mx/icn2/index.php?option=com_content&view=article&id=214&Itemid=112)
53. Instituto de Ciencias Nucleares. (2012a). *Breve historia*. Recuperado de <http://www.nucleares.unam.mx/home/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=39>
54. Instituto de Ciencias Nucleares. (2012b). *Organización interna*. Recuperado de [http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=221&Itemid=114](http://www.nucleares.unam.mx/icn2/index.php?option=com_content&view=article&id=221&Itemid=114)
55. Kadushin, C. (1968). Power, Influence and Social Circles: A New Methodology for Studying Opinion-Makers. *American Sociological Review*, 33(5), 685-699.
56. Kuhn, T. S. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Recuperado de [http://www.icesi.edu.co/blogs/antro\\_conocimiento/files/2012/02/kuhn.pdf](http://www.icesi.edu.co/blogs/antro_conocimiento/files/2012/02/kuhn.pdf)
57. Lacleste, J. P. & Zúñiga-Bello, P. (2011). Ranking de Producción Científica Mexicana. Recuperado de [http://www.foroconsultivo.org.mx/libros\\_editados/ranking\\_por\\_institucion\\_2011.pdf](http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/ranking_por_institucion_2011.pdf)
58. Licea Arenas, J. & Castaños Lomnitz, H. (2002) Significant Mexican research in the health sciences: A bibliometric analysis. *Scientometrics*. 53(1) p. 39-48
59. Licea Arenas, J. & Santillán-Rivero, E. G. (2002). Bibliometría ¿para qué?. *Biblioteca Universitaria Nueva Epoca*. 5(1)
60. Lotka, Alfred. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 16(12), 317-323
61. Lozares, C. (1996). La teoría de las redes sociales. *Papers*. 48
62. Macías Chapula, C. (1993). Barreras, ventajas y desventajas en la utilización de bases de datos como recursos de apoyo a la investigación en bibliometría, cienciometría e informetría. En *Primer Congreso Norte-Sur de Información, Online 93: sistemas, redes y tecnología* (pp. 244-249). México: UNAM, Centro de Investigación Científica y Humanística.

63. Macias-Chapula, C. A. (1998). Papel de la informetría y de la cienciometría y su perspectiva nacional e internacional. *Acimed*. 9 (suplemento, 2001)
64. Maltrás Barba, B. (2003). *Los indicadores bibliométricos: Fundamentos y aplicación al análisis de la ciencia*. España: TREA.
65. Mata-Acosta, V., Jimenez-Fragozo, M. E. & Gorbea-Portal, S. (1998). *Bibliometric behavior of the Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica (1989-1995)*. Recuperado de <http://www.stsci.edu/stsci/meetings/lisa3/reprints/matav.pdf>
66. Mesa Fleitas, M. E. (2002). Aplicación de las herramientas métricas de la información en la construcción de los indicadores de la ciencia e innovación tecnológica. En Tarango, J., Ascencio, G. & Murguía, P. (Comp.), *Información sin fronteras : compartición de experiencias sobre bibliotecas y centros de información* (pp. 168-183). Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Chihuahua
67. Miranda Arguedas, A. (1990). Bibliometría. *Bibliotecas*, 8(1), 1-11
68. Moed, H. F. & Raan A. F. J. van. (1988). Indicators of research performance: applications in university research policy. En *Handbook of quantitative studies of science and technology*. (pp. 177-192). Amsterdam, North-Holland.
69. Morales, M. & Cruz, A. (1995). La Bibliotecología, la Cienciología y la Ciencia de la Información y sus disciplinas instrumentales. Su alcance conceptual. *Ciencias de la Información*, 26(2), 70-88.
70. Moravcsik, M.J. (1989). ¿Cómo evaluar la ciencia y a los científicos?. *Revista Española de Documentación Científica*, 12(3), 313-25
71. Mulkay, M. J. (1975). Three Models of Scientific Development. *Sociological Review*, 23, 509-526
72. Nacke, O. (1983). Informetría: un nuevo nombre para una nueva disciplina. definición, estado de la Ciencia y principios de desarrollo. *Revista Española de Documentación Científica*, 6(3), 183-203
73. Narvaez-Berthelemot, N. (1992). International scientific collaboration in Latin America. *Scientometrics*, 24(3), 373-92
74. NodeXL. [2012]. *NodeXL: Network Overview, Discovery and Exploration for Excel*. Recuperado de <http://nodexl.codeplex.com/>
75. Nonaka, I. & Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-creating Company*. USA: Oxford University Press.
76. Omelianovsky, M. (1981). *La dialectica y los metodos científicos generales de investigación*. La Habana: Editorial Ciencias Sociales.
77. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos. (2012). *Manual de OSLO : Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. Recuperado el 15 de febrero de 2012, de <http://browse.oecdbookshop.org/oecd/pdfs/free/9205114E.PDF>
78. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos. (2012). *Manual de Frascati 2002*. Recuperado el 15 de febrero de 2012, de [http://www.cuaed.unam.mx/puel\\_cursos/cursos/d\\_gcfe\\_m\\_ocho/modulo/modulo\\_8/m8-7.pdf](http://www.cuaed.unam.mx/puel_cursos/cursos/d_gcfe_m_ocho/modulo/modulo_8/m8-7.pdf)
79. Oz, E. (c2000). *Administración de sistemas de información*. México: Thomson Learning
80. Pérez Matos, N. E. (2002). La bibliografía, bibliometría y las ciencias afines.

- ACIMED, 10(3). Recuperado de <http://eprints.rclis.org/bitstream/10760/5141/1/bibliografia.pdf>
81. Perianes-Rodríguez, A., Olmeda-Gómez, C., & Moya-Anegón, F. (2008). Introducción al análisis de redes. *El profesional de la información*, 17(6), 664-669.
  82. Phelan, T. (2000). Evaluation of scientific productivity. *The scientist*, 14(19)
  83. Polanco, X. (1996). *Infometría e Ingeniería del Conocimiento: Exploración de Datos y Análisis de la Información en vista del Descubrimiento de Conocimientos*. Recuperado de <http://www.oei.es/salactsi/polanco4.htm>
  84. Potter, W. G. (1981). Lotka's Law revisited. *Library Trends*, 30(1), 21-39
  85. Pratt, AM. (2007). Aplicación de los indicadores para medir y caracterizar la internacionalización de la ciencia y la tecnología de los países. En *VII Congreso de Indicadores de Ciencia y Tecnología, San Pablo, Brasil, 23 a 25 de Mayo de 2007*. Recuperado de <http://www.ricyt.org/interior/difusion/pubs/elc2003/8.pdf>
  86. Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics?. *Journal of Documentation*, 25(4), 348-349
  87. Raga, A. C., Reipurth, B., Cantó, J., Sierra, M. M. & Guzmán, M. V. (2011). An overview of the observational and theoretical studies of HH 1 and 2. *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, 47, 425-437
  88. Rey Rocha, J. (1998). *La investigación en Ciencias de la Tierra en el marco del Sistema Español de la Evaluación Científica: análisis bibliométrico*. (Tesis de doctorado). España: Universidad Autónoma de Madrid.
  89. Russell, J. (1995). The increasing role of international cooperation in science and technological research in México. *Scientometrics*, 34, 45-61.
  90. Saavedra, O., Sotolongo, G. & Guzmán, M. V. (2002). Contribución al estudio de las revistas de América Latina y el Caribe mediante el mapeo auto-organizado. *ACIMED*, 10(3). Recuperado de [http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol10\\_4\\_02/aci010402.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol10_4_02/aci010402.htm)
  91. Sánchez, A. (2006). *Redes sociales: definiciones*. Recuperado de <http://www.alexsanchez.info/redes-sociales-definiciones/>
  92. Sánchez, M. Paloma & Castrillo, R. (2006). La tercera edición del manual de OSLO: Cambios e implicaciones. *Revista I+D*. 35, 1-16
  93. Sánchez, Y. R. (2008). Trilogía para la visión científica: las publicaciones científicas, las bases de datos y la bibliometría. *Biblios*. 31
  94. Sánchez, Y. R., Fleitas, M. E. M., & Álvarez, E. S. (2006). Cubaciencia y Cumed: dos fuentes para la obtención de indicadores bibliométricos en el área de la salud. *ACIMED*, 14(5)
  95. Sancho, R. (1990). Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. *Revista Española de Documentación Científica*, 13(3-4), 842-865
  96. Sanz Menéndez, L. (2004) Evaluación de la investigación y sistema de ciencia. *Boletín SEBBM*, 140
  97. SCIMAGO Institutions Rankings. [2012]. Recuperado de <http://www.scimagoir.com>
  98. Setién, E. & Gorbea, S. (1990). Conceptos métricos de las disciplinas bibliotecoinformativas. *Actualidades de la Información Científica y Técnica*, 21(156), 3-17

99. Sierra, MM, Guzmán, M. V., Raga, A.C. & Pérez, I. (2009). The productivity of Mexican astronomers in the field of outflows from young stars. *Scientometrics*, 81(3), 765-777
100. Sierra-Flores, MM. & Russell, J. (2009). Análisis de los grupos de investigación más productivos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en el área de la Física: 1990 a 1999. *Bibliotecológica*, 23(48), 127-155
101. Sierra-Flores, MM. (2005). Identificación y estudio de los principales grupos de investigación en el campo de la física de la UNAM a través de indicadores bibliométricos. (Tesis de Maestría). México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras.
102. Solla Price D. J. (1963). *Little science, big science*. New York: Columbia University Press
103. Sotolongo-Aguilar, G, Guzmán-Sánchez, MV, Carrillo, H. (2002). ViBLIOSOM: visualización de información bibliométrica mediante el mapeo autoorganizado. *Revista Española de Documentación Científica*, 25(4), 477-484
104. Spinak, E. (1996). *Diccionario enciclopédico de Bibliometría, Cienciometría e Infometría*. Caracas: UNESCO.
105. Spinak, E. (1998). *Indicadores cientiométricos*. Recuperado de [http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol9\\_s\\_01/sci07100.pdf](http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol9_s_01/sci07100.pdf)
106. Spinak, E. (2001). Indicadores cientiométricos. *Acimed*, (9) Supl. p. 42-49.
107. Tague-Sutcliffe, J. (1994). Introducción a la informetría. *ACIMED*, 3(2), 26-35
108. Testa, J. (2001). Las bases de datos del ISI y su proceso de selección de revistas. Documento en línea. *ACIMED*. 9(suppl.4), 138-140. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/aci/v9s4/aci23100.pdf>
109. Thomson Reuters. (2012). *ISI Web of Knowledge*. Recuperado de <http://ip-science.thomsonreuters.com/es/productos/wok/>
110. Thomson Reuters. (2012a). *Web of Science*. Recuperado de <http://ip-science.thomsonreuters.com/es/productos/wos/>
111. Torralbo Rodríguez, M., Vallejo Ruiz, M., Fernández Cano, A. & Rico Romero, L. (2004). Análisis metodológico de la producción española de tesis doctorales en educación matemática (1976-1998). *RELIEVE*. 10(1) 41-59. Recuperado de [http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1/RELIEVEv10n1\\_3.pdf](http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1/RELIEVEv10n1_3.pdf)
112. Vessuri, H. (1987). La revista científica periférica. El caso de Acta Científica Venezolana. *Interciencia*, 12(3), 124-134
113. Vinkler, P. (1988). An attempt of surveying and classifying bibliometric indicators for scientometric purposes. *Scientometrics*, 13(5-6)
114. Viscovery. [2012]. Viscovery SOMine 5.2. Recuperado de <http://www.viscovery.net/somine/>