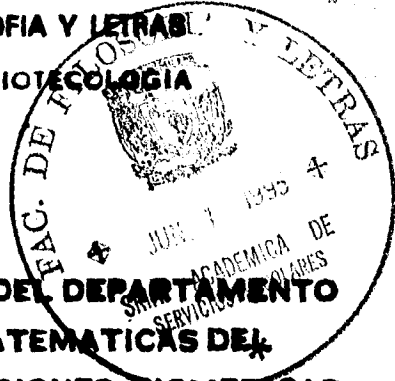




**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

6
25

**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE BIBLIOTECOLOGIA**



**PRODUCCION CIENTIFICA DEL DEPARTAMENTO
DE BIOFISICA Y BIOMATEMATICAS DEL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMEDICAS
DE LA UNAM**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADA EN BIBLIOTECOLOGIA
P R E S E N T A
DALIA CECILIA LOPEZ REYES**

ASESORA: DRA JUDITH LICEA DE ARENAS

MEXICO, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Vo. Bo. DRA. JUDITH LICEA DE ARENAS
Asesora de la tesis



Vo. Bo. LIC. HUGO A. FIGUEROA ALCANTARA
Coordinador del Colegio de Bibliotecología

Sinceramente nunca creí poder terminar esta tesis, pero lo logre y todo se lo debo a ese ser que ilumina mi vida y me da fuerzas para no darme por vencida y seguir adelante. Gracias Eduardo sin tí mi vida no tendría sentido.

Dedico esta tesis con todo mi amor a esa mujer que me ha dado todo sin pedirme nada, me ha levantado cuando he caído, me ha llenado de amor y sobre todo me ha enseñado a luchar por aquello que deseo, a tí Mamá esperando que te sientas muy orgullosa de mí.

Durante la realización de este trabajo nunca estuve sola siempre me acompañaron Lilia, Claudia, Yolanda, Daniel, Yamily y Michael mis amados hermanos.

Agradezco a la Dra. Licea el tiempo tan valioso que me dió, sin su ayuda tal vez no se hubiera logrado terminar este trabajo, pero más que a la asesora quiero agradecer al ser humano que siempre estuvo dispuesto a darme una mano amiga.

Quiero agradecer al Lic. Figueroa toda su ayuda y los valiosos comentarios y observaciones sobre este trabajo.

Muchas gracias a Elda, Isabel y Javier, porque todos y cada uno de ellos me ayudo a salir un poco de mi ignorancia y aportaron su granito de arena.

Señalar a todas aquellas personas que me ayudaron sería muy difícil y tal vez omitiera a alguna, por ello quiero hacer este agradecimiento extensivo a todos aquellos que de alguna manera me ayudaron a la conclusión de esta tesis.

INDICE

LISTA DE FIGURAS.....	3
INTRODUCCION.....	5
1. LA CIENCIA EN MEXICO	
Generalidades.....	9
1.1 México antiguo.....	10
1.2 Epoca colonial.....	12
1.3 México independiente.....	16
1.4 Epoca contemporánea.....	18
1.5 La comunicación en la ciencia.....	25
2. LA INVESTIGACION BIOMEDICA EN MEXICO	
Generalidades.....	36
2.1 Epoca prehispánica.....	40
2.2 Epoca colonial.....	42
2.3 Epoca contemporánea.....	46
2.4 La investigación biomédica en la UNAM.....	51
3. LA INVESTIGACION CIENTIFICA EN LA UNAM.....	61
4. EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMEDICAS.....	71
4.1 Organización y líneas de investigación actuales.....	84
4.2 El Departamento de Biofísica y Biomatemáticas.....	94
4.3 La biofísica y las biomatemáticas.....	98
5. BIBLIOMETRIA	
5.1 Historia.....	113
5.2 Características.....	116
5.3 Leyes bibliométricas.....	118
5.4 Índice de citas.....	124
5.5 El Science Citation Index.....	130
5.6 Análisis de citas.....	132

6. MATERIALES Y METODOS.....	142
7. RESULTADOS.....	149
8. DISCUSION.....	153
CONCLUSIONES.....	158

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Producción del Departamento de Biofísica y Biomatemáticas según el tipo de documentos.
- Figura 2. Idioma de los documentos generados en el Departamento de Biofísica y Biomatemáticas.
- Figura 3. Origen de los documentos generados en el Departamento de Biofísica y Biomatemáticas.
- Figura 4. Distribución de las publicaciones científicas y de divulgación.
- Figura 5. Distribución cronológica de los documentos del Departamento.
- Figura 6. Producción según tipo de documento y año.
- Figura 7. Distribución de la autoría individual y colectiva.
- Figura 8. Revistas en donde publicaron los investigadores del Departamento.
- Figura 9. Revistas científicas donde publicaron los investigadores de Departamento.
- Figura 10. Revistas de divulgación en donde publicaron los investigadores.
- Figura 11. Publicaciones nacionales en las que publicaron los investigadores.
- Figura 12. Publicaciones foráneas con trabajos del Departamento.
- Figura 13. Citas recibidas según el tipo de documento.
- Figura 14. Documentos citados según su año de publicación.
- Figura 15. Distribución de citas según el origen de la cita.
- Figura 16. Títulos de revistas que no fueron citados.
- Figura 17. Títulos de revistas que fueron citados.
- Figura 18. Títulos de revistas citadas según año de publicación y citas recibidas.
- Figura 19. Capítulos de libros citados según su año de publicación y citas recibidas.
- Figura 20. Citas recibidas según autoría individual y colectiva.
- Figura 21.1 Autores citados, citas y autocitas recibidas.
- Figura 21.2 Trabajos en autoría individual y colectiva de los autores citados.
- Figura 22.1 Autor citado, citante y número de citas (Alonso de F., F.)
- Figura 22.2 Autor citado, citante y número de citas (Ingling, C.R.)
- Figura 22.3 Autor citado, citante y número de citas (Jose, M.V.)

- Figura 22.4** Autor citado, citante y número de citas (Negrete M., J.)
- Figura 22.5** Autor citado, citante y número de citas (Ninomiya, J.G.)
- Figura 23.1** Revista citada y revista citante (Anat. Rec.)
- Figura 23.2** Revista citada y revista citante (Anal. Biochem.)
- Figura 23.3** Revista citada y revista citante (Nat. New. Biolo.)
- Figura 23.4** Revista citada y revista citante (Int. Arch. Allergy Appl. Immunol.)
- Figura 23.5** Revista citada y revista citante (J. Optical Society of America)
- Figura 24.1** Capítulo de libro citado y revista citante (Colour Vision: physiology and psychophysics)
- Figura 24.2** Capítulo de libro citado y revista citante (Limbic Epilepsy and the Dyscontrol Syndrome)

RESUMEN.

Se presenta un esbozo de la historia de la ciencia en México, así como algunos datos relevantes del desarrollo de la biomedicina. En el presente trabajo trata de señalarse la importancia que tiene la investigación dentro de las dependencias de la UNAM, dando énfasis a la investigación biomédica y más específicamente a la realizada en el Instituto de Investigaciones Biomédicas.

Nos permite observar lo pequeño que es el Departamento de Biofísica y Biomatemáticas del Instituto de Investigaciones Biomédicas, la variedad de tópicos que manejan los investigadores adscritos a este Departamento, la mínima citación que recibieron los trabajos realizados por ellos y las principales fuentes de publicación en las que aparecieron dichos trabajos.

INTRODUCCION

En comparación con países "desarrollados", en México la investigación científica ha tenido un crecimiento limitado. Esto no implica que no se realicen esfuerzos por hacer investigación científica, la cual se produce, esencialmente, en las universidades sobresaliendo la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

La medicina ha sido fruto de estudio desde tiempos remotos y dentro de ella la biomedicina ha logrado tener avances importantes; aunque no debe olvidarse que ésta es una rama relativamente joven, ya que en nuestro país tiene un poco más de 150 años de estudiarse.

El Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM es una de las dependencias nacionales con más arraigo científico. Fue fundado con otro nombre (Laboratorio de Estudios Médicos Biológicos) en 1940 y a lo largo de su historia ha cobijado a investigadores de diversas áreas, ya que no sólo se realizan trabajos en inmunología, SIDA, cáncer, cisticercosis, etc., sino también abarca tópicos como: las diversas formas de percepción y expresión, modelos matemáticos e inteligencia artificial, entre otros.

Todo trabajo de investigación requiere de los medios

adecuados de difusión, de tal forma que otros investigadores se enteren de los avances o descubrimientos obtenidos; esta difusión generalmente se hace a través de publicaciones periódicas.

En un principio se tenía contemplado realizar una tesis colectiva relativa a la producción científica del Instituto de Investigaciones Biomédicas. Sin embargo, se prefirió estudiar por separado cada uno de los departamentos que lo integran.

El objetivo de la presente tesis fue medir la actividad científica del Departamento de Biofísica y Biomatemáticas del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM. Para la realización de este trabajo se tomaron en cuenta aquellos documentos que fueron elaborados en el Departamento en el periodo de 1972 a 1991.

Para lograr la cuantificación de la producción científica de dicho Departamento fue necesario realizar, primero: la identificación, recopilación y organización de los documentos a considerar, segundo: las citas recibidas, las cuales se cuantificaron con base a técnicas bibliométricas.

El primer capítulo se refiere al desarrollo de la ciencia en México, en el que se trató de sintetizar los avances más relevantes, ya que profundizar en la ciencia en nuestro país se llevaría un número grande de investigaciones, debido a su riqueza.

En el segundo capítulo se enfoca a la investigación biomédica en México; en donde brevemente se presentan las técnicas y tratamientos que nuestros antepasados les daban a sus enfermedades. También, se señalan los antecedentes de la investigación

biomédica.

En la UNAM se realiza entre el 60 y 90 % de la investigación científica que se hace en México, gracias, en gran medida, al apoyo que dicha Institución da a este rubro, lo cual no quiere decir que el apoyo sea suficiente ya que existen muchas limitaciones, entre ellas, la crisis económica por la que atraviesa nuestro país. En el capítulo tres se encuentra la investigación científica en la UNAM.

El capítulo cuatro trata sobre la historia y desarrollo del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM, del cual forma parte el Departamento que aquí se estudia. El capítulo cinco se refiere a lo relacionado con la historia y desarrollo de la bibliometría, así como a las diversas herramientas que sirven de auxiliar en la elaboración de los estudios bibliométricos.

Se analizaron diversas variables tales como: año de publicación, tipo de documento (artículos, capítulos de libros, libros, participaciones en congresos, conferencias), títulos de revistas consideradas, idioma de publicación, autoría (individual o colectiva), división entre trabajos científicos o de divulgación, lugar de origen, citas y autocitas recibidas.

Posiblemente no todos los trabajos realizados por el personal de este Departamento fueron considerados, ya que o bien no se localizaron o no se identificaron, pero aún así se puede apreciar el desarrollo e impacto logrado por los investigadores de este Departamento mediante la cuantificación de las citas recibidas; aunque no debe pasarse por alto que muchos documentos no

citados son importantes, pero no tuvieron el medio de difusión adecuado para tener un mayor reconocimiento.

1 LA CIENCIA EN MEXICO

Generalidades.

La investigación científica ha tenido un desarrollo diferente en cada civilización. Diversos elementos han influido en ello, por ejemplo: los modos de producción, los cuales determinan las costumbres, cultura e ideología. Además, de que en los orígenes de la humanidad el conocimiento científico era privilegio de una minoría. Si se remonta en la historia, se tiene que no existía una distinción entre lo que era y representaba este conocimiento científico.

La ciencia puede definirse como "un conjunto de conocimientos verdaderos, relativos a un objeto determinado y deducidos de principios ciertos y evidentes" (1). La ciencia es un producto cultural y en ella se ve implícita la actividad científica, la cual se representa como un proceso social. En este sentido, la actividad científica es "un conjunto de determinados procesos de producción de conocimientos, unificados por un campo conceptual común, organizados y regulados por sistemas de normas e inscritos en un conjunto de aparatos institucionales y materiales" (2).

Hoy en día, la ciencia puede considerarse como el resultado o la suma total del conocimiento científico, no obstante, se sabe que la ciencia no es absoluta, sino relativa y que si bien, en un

principio se realiza un experimento y se "descubre" algún elemento o concepto, en el futuro será remplazado por otro, así, tenemos que la ciencia es infinita.

Por lo que respecta a la historia de la ciencia en México, se ve que es un pasado poco explorado y en muchas ocasiones hasta ignorado.

México tiene al igual que otros una historia secreta que permanecía oculta y subterránea y que pocos hombres han querido resucitar (3).

1.1 México antiguo.

En sus orígenes, los indígenas experimentaban y observaban "indagando el comportamiento de la naturaleza y el funcionamiento de la sociedad" (4), puesto que se dice que "entre los pueblos primitivos el conocimiento es el resultado directo de las actividades que el hombre ejecuta en la práctica de los oficios y de las artes" (5).

El inicio de la agricultura, junto con la alfarería, cestería e industria lítica, logró que el hombre nómada comenzara a ser sedentario; ésto hizo posible que la tecnología tuviera una base más sólida, en particular del cultivo; además de la productividad agrícola, dicho avance se puede palpar cuando se experimenta y comienza a emplear el sistema de riego.

Los indígenas tenían conocimientos de algunas funciones del

cuerpo humano; sabían mucho de minerales, vegetales y animales y más aún, de los movimientos de los astros; incluso contaron con gente que manejaba esbozos científicos que transmitían de generación en generación.

En el campo de las ciencias naturales: mineralogía, botánica, biología y medicina, los imperios mexica y tarasco conocían perfectamente los lugares donde se localizaban los metales preciosos, la forma de explotarlos y las técnicas metalúrgicas. Además, aprendieron a distinguir los diferentes tipos de reptiles, mamíferos y peces, algunos de los cuales fueron seleccionados por su utilidad; asimismo, la medicina en sus diversos tipos: mineral y animal, era semejante entre los diferentes indios cultos (sacerdotes y nobles).

De la ciencia indígena precortesiana se puede mencionar que el mayor adelanto científico se logró en la aritmética, así como en la cronología astronómica entre los mexicas y mayas.

La medicina prehispánica contaba con un rico acervo de plantas que contenían propiedades farmacológicas. A pesar de que las prácticas médicas se relacionaban con el pensamiento mágico-religioso, se diagnosticaban enfermedades. Si bien, la práctica de la medicina no fue esencialmente sintomática, los mexicas se ocuparon de causas y efectos. También, "el padre enseñaba al hijo sobre la manera de conocer las enfermedades a las cuales daba su denominación, de qué manera se curaba, bien a merced a actos de pequeña cirugía, o por medio de drogas que pertenecían regularmente a los reinos vegetal y animal, o bien por el uso de baños o de

otros medios de fisioterapia primitiva" (6).

Estudiaban los posibles remedios vegetales de diversas enfermedades, clasificaban los síntomas de los mismos y las agrupaban en cuadros clínicos específicos que facilitaban la identificación del padecimiento. Algunos de estos medicamentos todavía resultaban eficientes en el tratamiento de varias afecciones, aunque otros no eran sino curas a base de embrujamientos y hechicerías a través de piedras preciosas y partes de animales, que revelaban la índole tanto mágica como científica de la medicina prehispánica.

1.2 Epoca colonial.

A partir del siglo XVI con la conquista y colonización de México se amplió enormemente la perspectiva de la ciencia europea por medio del conocimiento y el estudio de los avances realizados por las culturas autóctonas en ese campo. En Mesoamérica los conquistadores se toparon con grupos de alto nivel cultural; aunque lograron imponer su civilización y su dominio, a pesar de la fusión violenta de las dos culturas, la ciencia prehispánica logró impresionar fuertemente las mentes de los recién llegados. Los códices y los monumentos que sobrevivieron, así como las crónicas primitivas dan una idea del alto grado de evolución alcanzado por las producciones científicas y técnicas (7).

En términos de desarrollo tecnológico los españoles

introdujeron nuevos cultivos, prácticas agrícolas y ganaderas; no obstante, que en dichos campos los precortesianos ya tenían grandes adelantos.

En general, la ciencia que se desarrolló en América Latina y particularmente en México tuvo un carácter práctico. Roche (8) ha señalado que: las motivaciones de la ciencia hispanoamericana en el período colonial fueron eminentemente prácticas, y esto se ve ejemplificado por el proceso de amalgamar en el siglo XVI, las expediciones botánicas, los estudios antropológicos de Bernardino de Sahagún, la adaptación de muchas especies de plantas y animales procedentes de Europa, la fundación del Real Colegio de Minería de México, en el siglo XVIII, y la expedición que trajo la vacuna contra la viruela a comienzos del siglo XIX.

Un factor de gran importancia en la introducción de la ciencia occidental, aunque tamizado por la religión fue el esfuerzo de las órdenes religiosas, especialmente en la educación en los territorios españoles y portugueses durante el siglo XVII y parte del XVIII en que fueron expulsados. El interés en promover una educación superior y una formación científica, que derivó en la fundación de muchos colegios y universidades, tenían claros nexos con su estrategia general de "conquista espiritual" (9). Los jesuitas se apoderaron del monopolio de la educación en los colegios, a través de los cuales introdujeron el acceso al sistema universitario, en cuyas disciplinas y métodos lograron influir.

La secularización de la enseñanza se inició en México en el año de 1767, con la apertura del Colegio de las Vizcaínas, escuela

de artes y oficios de carácter estrictamente laico y por completo independiente de la tutela eclesiástica. A dichas fundaciones siguieron pronto las de otros establecimientos igualmente laicos: la Real Escuela de Cirugía, que comenzó sus actividades en 1770 y que fue bien conocida por la aptitud de los cirujanos romancistas que preparaban en sus cátedras; la Academia de las Artes de San Carlos -hoy Escuela de Artes Plásticas de la UNAM-, en 1781, que fue el primer centro educativo en el cual se suprimió la instrucción religiosa; el Jardín Real Botánico de México --establecido en el Palacio Nacional inaugurado en 1788, en el cual se volvió a establecer el estudio sistemático de la botánica; y en 1792, el Real Seminario de Minería-- Reales Ordenanzas de Minería para Nueva España de merecida fama por sus enseñanzas científicas, sus investigaciones de laboratorio y sus exploraciones técnicas. Con el establecimiento de la Escuela de Minas se perfiló, por lo tanto, la fisionomía laica que iba a adquirir el desarrollo científico de México cuando triunfó el movimiento liberal de la Reforma, de modo que durante los últimos años de la Colonia hubo un mayor adelanto en materia cultural, tecnológica y de educación científica. No obstante, existía un subdesarrollo general del avance científico, pues mientras que Europa se encontraba en plena revolución industrial, España se afianza al pasado, trayendo como consecuencia el atraso de la Nueva España.

La inevitable decadencia de las nuevas instituciones coloniales en la educación científica se vieron afectados tanto en su organización administrativa como en el nivel de las

investigaciones que realizaban, ésto último debido, en gran medida, al creciente aislamiento a que quedaron sometidas por causas políticas, lo cual provocaba que se recibiera poca información científica del exterior (10).

Durante la primera década del siglo XVIII, la Nueva España quedó sumida en el atraso científico y no fue sino hasta que Benito Jerónimo Feijoo, inició la introducción de sus ideas, logrando así que, la Nueva España saliera del letargo en donde se encontraba.

Al igual que con Feijoo la obra de los modernos escritores europeos pertenecientes al movimiento cultural y científico conocido como ilustración, llegó a nuestro territorio a través de sus libros. Una de las figuras destacadas de esta época fue José Antonio Alzate, quien se preocupó tanto de divulgar la ciencia, como de vincularla con la vida práctica.

Como consecuencia de la difusión y el fomento de la ciencia durante la época de la ilustración aumentó el interés por el estudio de las "cuestiones científicas".

En este sentido, se puede hablar de la iniciación en México de un movimiento científico que recibió su impulso de las ideas francesas de la ilustración, pero que no por ello dejó de contribuir a la formación de la conciencia científica del país (11).

De esta manera, "la difusión de las nuevas ideas y técnicas, la modernidad experimentada en el terreno pedagógico y académico y en general el nuevo espíritu crítico, son algunos de los factores

que entraron en juego para darles ese toque peculiar a la investigación científica y al desarrollo técnico de ese periodo" (12).

1.3 México independiente.

Trabulse (13) considera que en el lapso de 1521-1580 se dió la aclimatación de la ciencia europea en México. La influencia de Aristóteles, Ptolomeo y Galeno apoyada en la tecnología cristiana se hizo presente en estudios botánicos, zoológicos, geográficos, médicos, etnográficos y metalúrgicos. De 1580 a 1630 la situación varió levemente con la aparición de textos que incluían teorías astrológicas y alquimistas. Asimismo, aparecieron obras apoyadas en las teorías mecanicistas que buscaban leyes que explicaran los fenómenos del mundo físico.

En el período de 1630 a 1680 creció el interés por los estudios matemáticos, astronómicos, astrológicos; tratados filosóficos, obras de alquimia, de física y psicología y tuvieron mayor difusión las teorías de Hermes, que dieron impulso definitivo a la ciencia mexicana. Inmediatamente después, entre 1680 y 1750, hubo un aumento sensible en el ritmo científico de la Nueva España. El mecanismo empezó a tomar ventajas sobre las diversas teorías de Hermes y frente a una marcada decadencia de la tradición escolástica, pero se consolidó hasta el siguiente período que va de 1750 a 1810, época de gran auge científico en las

áreas de química, metalúrgia, geología, medicina, geografía, botánica y zoología. Adoptándose también las concepciones newtonianas.

Sin embargo, la violenta crisis de 1810-1821 frenó el ritmo de la labor científica; aunque no logró extinguirla. En el transcurso subsecuente, de 1822 a 1850 la ciencia mexicana vivió el vigoroso empuje ilustrado.

Durante el período de 1823 a 1833, los liberales encabezados por José María Luis Mora, continúan el movimiento científico, así, el pensamiento de Mora marca el inicio de una corriente llamada positivista; no obstante a éste no se le puede adjudicar en un sentido estricto dicho calificativo. Durante estos años, a pesar de la inestabilidad política la producción científica, no desapareció, pues se continuó trabajando en diferentes niveles de investigación, se hicieron estudios descriptivos de la realidad nacional y se crearon principalmente sociedades científicas que publicaron sus memorias.

A partir de 1850 el impulso positivista abrió a la ciencia mexicana una nueva época de riqueza y productividad, la cual se ha mantenido hasta nuestros días con altibajos provocados por las crisis sociales y políticas, entre otras causas.

La característica de este tiempo fue el enfoque positivista, lo cual indudablemente dió un empuje a la enseñanza, al mismo tiempo que se establecieron en México las condiciones elementales para el cultivo de la ciencia moderna.

Es así como en cuarenta años, "los seguidores del

positivismo en México lograron dar una vuelta de ciento ochenta grados y regresar casi a la situación inicial, pero esta vez con la "ayuda" de las ideas científicas. Esto generó una violenta reacción contra el "partido científico" y de modo indirecto contra las propias ideas científicas, a pesar de que los herederos de la Reforma Liberal habían abandonado hacía tiempo los principios básicos del positivismo, reduciendo la enseñanza de las ideas científicas a un mero ejercicio formal" (14).

Ya en 1833 se había fundado la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, pero durante el último tercio del siglo se vió aparecer muchas instituciones como: el Observatorio Astronómico (1863), el Instituto de Geología (1891), la Comisión de Parasitología Agrícola (1900) que propició investigaciones en biología aplicada y el Instituto de Bacteriología (1906). También, florecieron sociedades científicas como la de Química (1849), la de Historia Natural (1868) y la Sociedad Científica Antonio Alzate (1884), academias como la Nacional de Medicina (1873) y la de Ciencias Exactas (1890), (15).

1.4 Epoca contemporánea.

La situación científica general en los decenios que precedieron a la Independencia de México tuvo su inicio con la introducción de las orientaciones científicas y tecnológicas extranjeras. Los "administradores borbones españoles alentaron la

instrucción científica y técnica, a la vez que los científicos europeos, llegados para investigar los fenómenos naturales del territorio, despertaron el interés científico de algunos pobladores locales. En los últimos dos decenios del periodo colonial, con el apoyo de la corona hubo dedicación a la investigación científica -especialmente a la recopilación de datos sobre el medio ambiente- y a la difusión del conocimiento científico moderno en la sociedad" (16).

La Revolución Francesa produjo para España intentos de cortar el flujo de las ideas revolucionarias, pero la independencia de las colonias americanas estaba ya originándose y estos intentos fueron en vano. Sin embargo, la introducción de ideas no se redujo significativamente, a pesar de que los franceses e ingleses cobraron nueva influencia en las Américas; además, las guerras de independencia resultaron un marco agitado para la incipiente comunidad científica. Como resultado, el trauma y el triunfo de las guerras de independencia afectaron el desarrollo de una élite científica y tecnológica. Durante el siglo XIX "la actividad científica recibió aprobación formal, pero ningún apoyo institucional. La inestabilidad política privó a la república de los recursos necesarios para apoyar la investigación o la instrucción científica en grado significativo. Pocos individuos pudieron seguir carreras científicas, y carecieron del esfuerzo de una comunidad de pares" (17).

La segunda mitad del siglo XIX contempló la expansión del comercio, de las comunicaciones, de los descubrimientos científicos

y geográficos, de la tecnología, de la literatura y el arte. Pero también, inconteniblemente, de las desigualdades sociales, de los contrastes dolorosos entre ricos y pobres, entre dominantes y dominados, entre los imperios y sus colonias.

Los conocimientos que aportaba el quehacer científico se introdujeron en la conciencia de las élites dominantes. La literatura y la filosofía abrieron sus puertas a la ciencia y se pone de moda la corriente filosófica del positivismo.

Los industriales y el gobierno de cada país, atentos a los descubrimientos científicos que pudieran aprovechar, no dudaban en fomentar la libre actividad científica, realizada muchas veces en laboratorios casi artesanales.

Cuando el ritmo del desarrollo industrial se aceleró, la expansión de la economía se tradujo en la conquista de mercados internacionales; la posesión de materias primas se hizo vital para mantenerse en la cúspide del poder entre las naciones, el capitalismo entró de lleno en su fase imperialista y los científicos y laboratorios casi artesanales, al estilo de los Curie, Pasteur y Cajal, pasaron a los grandes laboratorios industriales y universitarios perfectamente dotados y equipados (18).

En nuestro país, para el año de 1900, "la ciencia, que había sido sin duda uno de los elementos integrantes del programa de la Reforma Liberal en México, estaba reducida a su enseñanza muerta y era empleada como un elemento mágico dentro de la política del llamado "partido científico". Y es más, se había transformado en

parte conformante de la concepción religiosa de una nueva organización eclesiástica que los positivistas "ortodoxos" pretendían neciamente formar" (19). Sin embargo, "independientemente del escaso influjo que pudo tener este intento de volver a la Edad Media a través de un positivismo eclesiástico, lo cierto es que la ciencia positivista sirvió al régimen porfirista como arma en contra del pueblo y como instrumento para mantenerlo bajo la hegemonía de la burguesía nacional y extranjera. De este modo, al igual que la ciencia positivista había arrebatado el rayo de manos de la religión, asimismo la dictadura de Díaz -que trataba de justificarse con el positivismo- arrancó el orden del poder de la iglesia y los utilizó como ingrediente de su propio poder. En cuanto al progreso, se afirma que únicamente podría lograrse dentro del orden establecido. Se le presentaba como una lenta evolución gradual, de la cual se excluía, de modo necesario, hasta la posibilidad más remota de una revolución" (20).

Durante la primera década del siglo XX se continúa con el movimiento científico mexicano, sus ideas se centran en la renovación de ideas humanísticas y sociales.

La influencia de la generación del Ateneo de la Juventud fue decisiva para el pensamiento científico de nuestro país, sus obras y actividades dieron resultados concretos, como la instalación de la Escuela de Altos Estudios fundada por Justo Sierra, que junto con otros formaron la nueva Universidad. Vasconcelos (21) en su Ulises Criollo concluye: "no había ambiente para un trabajo

sistemático de estadista, y menos pudo haberlo para un florecimiento intelectual que hubiese dado al Ateneo un papel en nuestra vida pública, tan necesitada de elevados incentivos".

Entre los logros conseguidos al fundarse la Escuela de Altos Estudios, se encuentra que se intentó "concretar la enseñanza y la investigación científica en las áreas de las humanidades, las ciencias sociales y las naturales, con un especial impulso a la investigación filosófica, y si bien sus actividades tropezaron con la incomprensión política propia de una época en la que era inminente la caída del régimen porfirista amplió su importancia y amplió sus tareas" (22).

Pasada la Revolución Mexicana (1910-1918) "fueron integrándose los cuadros científicos aunque con grandes dificultades por falta de recursos y porque durante el porfiriato estuvo siempre presente el esquema social de una estrechísima capa culta, superpuesta a una masa analfabeta o que no tenía una escolarización mayor a cuatro años. A partir de 1929 el Estado fue ampliando la educación popular creando así lentamente, mejores condiciones para un verdadero desarrollo científico y tecnológico" (23).

No obstante, el inicio de la industrialización a fines del siglo XIX, y comienzos del XX, y la situación de la ciencia en América Latina no habían logrado aún constituirse en actividades bien establecidas. Las causas fueron varias y complejas e impidieron el desarrollo acumulativo de una tradición científica, incluyendo el surgimiento de un medio ambiente favorable para el cultivo de la misma.

Una de las causas fue la ausencia de demanda social para la ciencia, por lo tanto, no hubo un aliciente para que los más capaces asumieran empresas de carácter científico y tecnológico. Como consecuencia, se estableció una incapacidad para crear una base para los insumos científicos y tecnológicos. Por otra parte, la inestabilidad política y económica de los países latinoamericanos no permitió formar una identidad cultural que ayudara al desarrollo de la ciencia. Por otro lado, la difusión del conocimiento científico y tecnológico, que se manifiesta en la adopción de innovaciones técnicas y formas más eficaces de producción y consumo, no se realiza a través de cursos formales impartidos en escuelas, centros de capacitación y universidades.

Aunque se ha advertido que en sus etapas iniciales la Revolución mostró un marcado sesgo anticientífico, también hay que considerar que rompió la dura estratificación social que venía desde la conquista y contribuyó así a crear condiciones favorables para la puesta en marcha de procesos masivos de urbanización, educación y capacitación formal e informal del pueblo (24).

Para comprender como se asumieron las nuevas tecnologías y como se modernizaron las instituciones en México, se tiene que remontar a las etapas de la Revolución que desarraigó de sus lugares de origen a millones de campesinos.

El lema del porfiriato era "orden y progreso". El progreso se manifestó en las acciones bélicas de la Revolución que, gracias al ferrocarril, tuvieron una modalidad táctica y estratégica desconocidas hasta entonces. Desde el punto de vista militar la

Revolución Mexicana fue una acción sorprendentemente mecanizadas que obligó a miles de hombres a familiarizarse con ferrocarriles, máusers, telégrafos y numerosos productos y técnicas de la era industrial (25).

Debido a la acelerada urbanización en México, a partir de la Revolución, se gestó un proceso educativo, político y social; cuando campesinos y ejidatarios abandonaron el campo y vinieron a la capital, sufriendo un cambio a medida que pasaban de trabajos marginales a ocupaciones relativamente especializadas. Por este motivo, la llegada a México de inmigrantes con preparación científica y tecnológica avanzada, tuvo un gran significado para nuestro país. Entre estas inmigraciones destacan: la francesa, durante la segunda mitad del siglo XIX, la numerosa inmigración judía, sobre todo durante los años de la persecución nazi, y la inmigración republicana española. Además las recibidas de países de América Latina constituidas principalmente por técnicos y profesionales clasificados.

En suma, las causas del avance científico y tecnológico registrados en México durante lo que va del siglo son: los cambios sociales producidos por la Revolución Mexicana que rompió la rígida estructura de castas heredadas de las épocas prehispánica y colonial; las masivas migraciones del campo a las ciudades y a las nuevas zonas de riego; la creación de nuevas universidades; unas buenas y otras no tanto, y de instituciones y centros de investigación; el paso de varios miles de mexicanos por universidades extranjeras, y la llegada al país de miles de

inmigrantes altamente calificados que buscaban refugio de las persecuciones nazi y franquista. Todos estos sucesos contribuyeron poderosamente al desarrollo de una ciencia y una tecnología producidas en México, sin las cuales no podría explicarse la expansión y el auge que con altibajos mostró la economía mexicana hasta la crisis mundial de 1970 (26).

1.5 La comunicación en la ciencia.

Para conocer el desarrollo de las publicaciones científicas es necesario remontarse al año de 1539, en el cual llega a la Nueva España Juan Pablos (Giovanni Paoli) trayendo consigo la imprenta.

Se cree que el primer libro impreso en América fue la obra Escala Espiritual de San Juan Clímaco, traducida del latín al español por Fray Juan Estrada O.P. en 1539; en ese mismo año se publicó el primer impreso realizado en la Ciudad de México: La breve y más compendiosa Doctrina Christiana en lengua mexicana y castellana.

En lo referente a los libros médicos y científicos mexicanos tenemos que en 1570 el impresor Pedro Ocharte (Ochart) publica Opera Medicinalia del doctor Francisco Bravo -considerado como el primer libro de medicina impreso en América- la segunda obra de divulgación médica fue impresa por Pedro Balii en 1598: Dolores oculorum de Fernando Rangel.

Entre 1570 y 1576 Antonio Ricardo (Ricardi o Ricciardi) imprimió los primeros libros americanos de cirugía: SUMA Y recopilación de cirugía (1576) de Alonso López de Hinojosos, así como el Tractado breve de anathomia y chirugia (1579) de Agustín Farfán.

La escasez de publicaciones médicas en la Nueva España del siglo XVI se debe quizá a la tardía implantación de las cátedras de Medicina, sin embargo los médicos aumentaban en calidad y en cantidad en el siglo siguiente.

"Se comienza con la publicación del texto elaborado en el hospital de la Santa Cruz de Huastepac (Oaxtepec), por Fray Francisco Ximenez O.P., con base en los apuntes del protomédico Francisco Hernández y en observaciones personales. A través del Tesoro de medicinas... redactado en el mismo hospital por el Venerable Gregorio López, de la Verdadera Medicina... de Juan de Barrios (1607) y del ensayo ecológico de Diego Cisneros sobre el Valle de México (1618), se llega al tratado anatómico del doctor Diego Ossorio y Peralta, primer texto americano de anatomía" (27).

El quehacer intelectual que se registra en las publicaciones periódicas de carácter especializado es el que hace posible la generación de una elevada cantidad de artículos científicos.

Estos documentos, eruditos por naturaleza, representan hoy en día uno de los principales canales formales de comunicación entre la comunidad científica mundial.

Licea (28) define al artículo científico como: la publicación primaria que suele proporcionar la información suficiente, la cual

permite a los colegas determinar observaciones, repetir experimentos y evaluar el proceso intelectual.

El artículo científico, tal y como lo conocemos hoy en día, se comenzó a generar en 1665, "año en que nacieron tres revistas que todavía se publican: The Philosophical transactions of the Royal Society, la London gazette y Le journal des savants. Antes de que estas aparecieran, el principal medio de comunicación entre los científicos era la correspondencia personal. Los científicos escribían extensas cartas describiendo sus investigaciones y descubrimientos a otros científicos conocidos por trabajar en los mismos campos afines de la ciencia" (29).

Dichas revistas presentaban contribuciones originales sobre determinados descubrimientos, experimentos y observaciones, los componentes fundamentales eran los resúmenes o extractos de libros y nuevos informes.

Como ya se mencionó anteriormente la vía que imperó en ese tiempo para conocer el quehacer de los hombres de ciencia fue la carta científica, ésta quizá debe de considerarse como uno de los antecedentes del artículo científico. De modo que el artículo científico generado por el hombre de ciencia, con las características que hoy tiene, fue producto de las necesidades de información y protección de la propiedad intelectual que la comunidad científica experimentó con el paso de los años; esto es, con el avance de la ciencia se generó mayor información, lo que trajo como consecuencia la búsqueda de nuevos y eficientes medios de comunicación escrita. El producto de este fenómeno social fue

la aparición, desde hace más de un siglo, del artículo científico, el cual transita actualmente en todas las esferas del conocimiento que el hombre ha creado a través del uso del método científico.

La ciencia sufrió en el siglo XVII "un proceso de divulgación sin precedentes, que se puso de manifiesto en la publicación de seminarios, gacetas, diarios y en general revistas y periódicos de divulgación científica y técnica. Aún los periódicos de carácter no científico destinaban alguna sección a informar a los lectores acerca de algunos de los descubrimientos recientes, glosando o extractando dichas noticias de obras especializadas. Estas obras de divulgación son con frecuencia textos de temática plural y heterogénea. En México la primera obra de este género fue la Gaceta General, que data de 1666" (30).

Dentro de los antecedentes de la primera revista científica conviene resaltar que algunos de los precursores más destacados de la documentación son españoles, como Hernando Colón y Nicolás Antonio. También podríamos añadir que el primer "servicio de documentación" tal y como hoy se concibe, se debe a Hernando Colón en cuya biblioteca el Libro de los Epítomes constituye un auténtico repertorio de resúmenes. Es curioso comprobar, a éste respecto, que la moderna polémica sobre si los resúmenes pueden sustituir a la lectura del documento original, o bien servir como ayuda para decidir que documentos han de leerse completos, tienen ya aquí un precedente e incluso una toma de posición correcta (31).

En nuestro país con el impulso que se le dió a las ciencias durante los primeros siglos coloniales se logra una brillante

evolución en el siglo XVIII (32).

La aparición de las nuevas instituciones científicas laicas en el México del último tercio del siglo XVIII permitió que fuera recogida y aprovechada esa herencia científica criolla de los decenios anteriores, lo que favoreció incluso el surgimiento de una nueva y brillante comunidad científica, la perteneciente a los años del virreinato (33).

En lo que respecta al origen de la publicación científica en México, se sabe que el Diario Literario de México (1768) de José Antonio Alzate da inicio en la Nueva España a la prensa científica literaria. En este material, de periodicidad semanal, se publicaron extractos de libros y periódicos importantes; se promovió el desarrollo de ciertas actividades económicas de la época; se divulgaron técnicas y artes útiles y se descubrió la geografía americana. La aparición de únicamente ocho números de esta publicación, el último correspondiente al 10 de mayo de ese año, se debió a la suspensión del Marqués de Croix, entonces Virrey de la Nueva España.

Otra publicación con rasgos científico-médico fue el Mercurio Volante de José Ignacio Bartolache, fundada en octubre de 1772. Este material llegó a incluir noticias importantes sobre varios asuntos de física y medicina, destinados a la defensa del método experimental y ajeno totalmente a las tareas literarias, se dejó de editar en febrero de 1773 (34).

Los contenidos informativos de los periódicos científicos de Alzate y de Bartolache son los que posiblemente dieron lugar al

nacimiento de las publicaciones periódicas especializadas (35).

De acuerdo con el punto de vista de varios autores, entre los que cabe mencionar a García y a Couture (36), el artículo científico se consideró como un documento primario.

Un conjunto de artículos científicos, previamente seleccionados, calificados y ordenados, forman un volumen de una revista especializada. Desde esta perspectiva, el artículo científico es la unidad documental primaria de toda publicación periódica científica, la que a su vez también se estima como un soporte de información de primera mano.

El objetivo fundamental del artículo es comunicar los resultados del quehacer de uno o varios investigadores, generalmente, de manera corta y sintética, a través de una revista especializada, de gran prestigio y de absoluta seriedad científica, esto es, de amplia circulación y con arbitraje internacional (37).

Algunas revistas tienen como norma someter a los artículos a un consejo editorial, es decir, a un arbitraje que examina la estructura temática y teórica del artículo que va a ser publicado.

Los llamados árbitros son científicos de reconocido prestigio a los que se les encarga la evaluación de artículos remitidos para su publicación, se dice que "las revistas científicas publican los artículos con dos años de atrasó" (38).

Esto se debe al tiempo transcurrido desde el término de la investigación, la redacción del informe, el envío del artículo y el arbitraje.

Barahona (39) manifiesta que el objetivo del artículo

científico es comunicar con claridad, concisión, tecnicismo y fidelidad los descubrimientos realizados en una investigación, no como parte de una monografía, sino como un todo determinado y con una estructura interna.

En el ámbito científico existen varios tipos de publicaciones a través de los cuales la comunidad da a conocer los avances o productos de sus investigaciones. Estos pueden estar en borradores, publicaciones mimeografiadas, textos fotocopiados, libros y publicaciones periódicas.

En relación a las funciones del documento primario se puede mencionar a las siguientes:

- a) Satisfacer la necesidad de fijar prioridades en los documentos científicos.
- b) Comunicar los nuevos enfoques o avances significativos de la ciencia.
- c) Asegurar la difusión rápida y sistemática de los resultados de la investigación.
- d) Hacer extensivos los estudios científicos.
- e) Permitir el desarrollo de escritos sobre tópicos que difícilmente llenarían el espacio de una monografía.

REFERENCIAS

- 1.- BRAVO UGARTE, J. La ciencia en México: algunos de sus aspectos con una introducción sobre los orígenes y desarrollo en el mundo. -- México: Jus, 1967. -- p. 5.
- 2.- PACHECO MENDEZ, T. "La institucionalización de la investigación científica". -- p. 45. -- Ciencia y Desarrollo. -- Vol. 79, No. 77 (1987).
- 3.- GIRON HURTADO, E. "Pasado científico olvidado: historia secreta". -- p. 11-13. -- Información Científica y Tecnológica. -- Vol. 10, No. 142 (1988).
- 4.- GORTARI, E. de. La ciencia en la historia de México. -- México: Fondo de Cultura Económica, 1963. -- p. 61.
- 5.- Ibid.
- 6.- BARQUIN, C., M. Historia de la medicina: su problemática actual. -- 5a. ed. -- México: Francisco Méndez Oteo, 1980. -- p. 77-78.
- 7.- TRABULSE, E. Historia de la ciencia en México: estudio y textos: siglo XVI. -- México: CONACyT, Fondo de Cultura Económica, 1983. -- p. 70.
- 8.- SAGASTI, F.R. Ciencia, tecnología y desarrollo latinoamericano: ensayos. -- México: Fondo de Cultura Económica, 1981. -- p. 140.
- 9.- Ibid.
- 10.- (7) Op. cit. p. 170.

- 11.- (7) Op. cit. p. 70.
- 12.- (7) Op. cit. p. 74.
- 13.- (7) Op. cit. p. 26.
- 14.- (8) Op. cit. p. 147.
- 15.- ROJAS GARCIDUEÑAS, M. Introducción a la historia de la ciencia. -- México: AGT, [19--]. -- p. 197-198.
- 16.- (8) Op. cit. p. 143.
- 17.- Ibid.
- 18.- GARCIA FERNANDEZ, H. "La ciencia prisionera del siglo XX: debates". - p. 11-14. -- Información Científica y Tecnológica. -- Vol. 10, No. 144 (1988).
- 19.- (8) Op. cit. p. 147.
- 20.- (4) Op. cit. p. 307-308.
- 21.- MONSIVAIS, C. "Notas sobre la cultura mexicana en el siglo XX". -- p. 1393. -- En Historia General de México / Daniel Cosío Villegas, coord. -- México: El Colegio de México, Harla, 1988. 2 v.
- 22.- RODRIGUEZ SALA DE GOMEZ GIL, M.L. El científico en México: su imagen entre los estudiantes de enseñanza media. -- México: UNAM, 1977. -- p. 69.
- 23.- (15) Op. cit. p. 198-199.

- 24.- Programa Nacional de Ciencia y Tecnología: 1978-1982. -- México: CONACYT, 1980. -- p. 14.
- 25.- Ibid.
- 26.- Ibid.
- 27.- MICHELI, A. de. "Las publicaciones médicas en la Nueva España". -- p. 48-49. -- Revista de la Facultad de Medicina. -- Vol. 33, No. 1 (1990).
- 28.- LICEA DE ARENAS, J. Las publicaciones en la ciencia. -- México. -- México: Facultad de Filosofía y Letras, 1984. -- p. 18.
- 29.- SUBRAMANYAN, K. "La revista científica: estudio de las tendencias actuales y de las perspectivas futuras". -- p. 205. -- Boletín de la UNESCO para las bibliotecas. - No. 4 (1975).
- 30.- (7) Op. cit. p. 73.
- 31.- PEREZ ALVAREZ-OSORIO, R. Introducción a la información y documentación científica. -- Madrid: Alhambra, 1988. -- p. 6.
- 32.- (7) Op cit.
- 33.- (7) Op. cit. p. 73.
- 34.- RUIZ, M.C. "El periodismo como apoyo a la literatura". -- p. 15-18. -- Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales. -- No. 109 (1982).

- 35.- LOMBARDO, I. "Las publicaciones especializadas del siglo XIX". -- p. 39-54. -- Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales. -- No. 109 (1982).
- 36.- MENESES TELLO, F. "El artículo científico". -- p. 29. -- Libros de México. -- No. 16 (1989).
- 37.- Ibid p. 31.
- 38.- CASANOVA DEL ANGEL, F., B.M. Parra Mosqueda. "La publicación de los errores cometidos en el proceso de la investigación científica". -- p. 78. -- Ciencia y Desarrollo. -- No. 81 (1988).
- 39.- (36) Op cit. p. 31.

2 LA INVESTIGACION BIOMEDICA EN MEXICO

Generalidades.

La medicina en la actividad humana aparece al mismo tiempo que las manifestaciones de malestar, incapacidad y en especial al tener la certidumbre del tránsito mortal, ya que las necesidades básicas de alimentación y reproducción han sido dominantes. La racionalidad del ser humano se llevó "desde los albores mismos de su organización grupal más primitiva a procurar alivio para sus dolores, molestias, a curar sus heridas, luchar y dominar sus temores y angustias y a enfrentar, con esperanza, la experiencia última de la vida: la muerte" (1).

La curiosidad ha dado pie a que el hombre esté siempre a la expectativa de las expresiones del curso de ciclo vital, y ante el asombro de las variantes del estado de salud y de las manifestaciones de la enfermedad, "la vivencia de cualquier padecimiento con sus acompañantes: dolor, fiebre, anorexia, hemorragia, tos, disnea, diarrea, vómito..., fueron y son experiencias de primer orden en la vida de todos los seres humanos" (2).

La enfermedad fue considerada de origen sobrenatural, castigo divino y producto de una intención inescrutable; los médicos no se diferenciaron y compartieron funciones con los sacerdotes, shamanes, adivinos, brujos, sin embargo, "los enfermos y

responsables de su cuidado simultáneamente iniciaron la búsqueda de remedios para los males. La prueba y el error, el empirismo y la tradición sirvieron para que, desde los principios mismos de la civilización, se probaran todos los productos disponibles: raíces, hojas, frutos, flores, sustancias minerales, órganos, vísceras, líquidos animales, solos o en combinación" (3).

La búsqueda de productos naturales con acción terapéutica fue un enfoque intuitivo, debido a que, en el ambiente debían encontrarse los remedios para las enfermedades regionales, por lo tanto, las similitudes que existían entre nuestros ancestros con esta búsqueda, son en cierto modo equivalentes a las indagaciones que se llevan a cabo en los laboratorios.

En el siglo VI a. C. Pitágoras propone que el Cosmos de la vida es el resultado de la interacción entre los cuatro elementos: tierra (seca); aire (frío); fuego (caliente) y agua (húmedo). Como consecuencia, el cuerpo humano está gobernado por cuatro humores: la sangre (húmeda y caliente); la bilis amarilla (seca y caliente); la flema (húmeda y fría) y la bilis negra (seca y fría). La reciprocidad entre los cuatro elementos condicionarían personalidad, capacidades y el estado de salud y enfermedad.

Esta posición pitagórica satisface y domina la medicina durante 24 siglos, pues fue determinante para el manejo terapéutico; las purgas, enemas, sangrías, diuréticos, etc., fueron una consecuencia lógica de un esquema fisiopatológico. Pero el abuso de éstas, en enfermedades como sarampión, diarreas, tuberculosis o rabia, resultaban fatales. Entonces, surge el

naturalismo, la homeopatía y las curaciones por la fe; manteniéndose ante los excesos irracionales del humoralismo.

Posteriormente, aparece la astrología como una nueva línea explicatoria médica; se creía que la conjugación de varios astros podía explicar el inicio de la Muerte Negra en 1348, pues el 20 de marzo de 1345 a la una de la tarde, ocurrió la conjugación de Marte, Júpiter y Saturno bajo el signo de Acuario, atribuyéndosele como causa de la peste.

Superadas estas creencias se retoma la experimentación y los hechos como la declinación de la fe, la caída de Constantinopla, la imprenta, los viajes, las traducciones de los clásicos, etc., motivaron a los médicos a explorar el cuerpo humano, sus reacciones y manifestaciones.

La primera consecuencia de lo anterior "fue la práctica de las disecciones... que describen, descubren y rectifican estructuras y conceptos que se consideraban inmutables desde Galeno. La experimentación fisiológica y la correlación anatomopatológica fueron consecuencia natural y esperada de las observaciones anatómicas" (4). El progreso tecnológico no se hizo esperar aparecieron el microscopio, los fórceps (instrumento de dos ramas para la presión o compresión, pinzas), etc.

Hasta mediados del siglo pasado "no había paradigmas casuales ni modelo patológico general. Se discutía la generación espontánea, no se conocía la etiología microbiana ni las enfermedades por carencias nutricionales, ni la función de las glándulas de secreción interna. Las leyes de la herencia eran

desconocidas y la cartografía cerebral no se vislumbraba después del desprestigio de la frenología de Gall" (5).

La observación clínica, o sea la curiosidad por conocer los mecanismos patogénicos y la necesidad de aliviar el dolor o curar la enfermedad han sido determinantes para generar acciones médicas que han conseguido científicamente resolver numerosos problemas médicos.

La investigación clínica ha facilitado "conocer la historia natural de las enfermedades; diferenciar cuadros clínicos proclives a confusión, descubrir signos, síndromes y enfermedades nuevas; percibir asociaciones clínicas nocivas o benéficas que han beneficiado el manejo terapéutico; desarrollar métodos o sistemas de exploración más sensibles y reproducibles; a través del ensayo clínico controlado, obtener la prueba definitiva del valor terapéutico de medicamentos e intervenciones médicas" (6).

Anteriormente se entendía a la medicina como un todo: el arte y la ciencia de conocer, identificar, curar, aliviar o evitar las enfermedades y restaurar al máximo las capacidades biológicas, anímicas y sociales de los enfermos. Pero en 1947, la entonces naciente Organización Mundial de la Salud (OMS), difunde un nuevo concepto: "en vez de orientar a la medicina hacia la enfermedad, se habrá de poner énfasis en la salud. Esta, a su vez, no sólo es ausencia de enfermedad sino que consiste en el equilibrio orgánico, psíquico y social del individuo" (7).

2.1 Epoca prehispánica.

En México la medicina ha tenido, a través de su historia, tantas expresiones y variados contenidos de diversas herencias culturales, principalmente de los pueblos del Anáhuac, quienes tenían una inclinación por la botánica vinculada con la medicina, cuyo interés máximo era la aplicación farmacológica de las plantas.

El fructífero suelo y el clima semitropical favorecieron enormemente la aparición de una gran variedad de especies de flora. Entre las plantas de acción medicinal se encontraban: la jalapa, el guayacán, la zarzaparrilla, el ricino, la valeriana, el toloache, la papaya, el tamarindo, la árnica y el yalauxóchtli.

Los aztecas aprendieron a diferenciar enfermedades como la bronquitis de la tuberculosis pulmonar y el asma; el delirio, la locura y la epilepsia; la indigestión aguda y la dispepsia; las diarreas y las disenterías; el reumatismo y probablemente la gota. A las enfermedades infecciosas les dieron el nombre genérico de "calenturas"; también distinguieron enfermedades de la piel como la cloasma, la sarna, la tiña y el mal del pinto; agentes exteriores como el frío, el viento y la humedad le atribuían los estados catarrales y el reumatismo; para ello tomaron en cuenta el mes, las fases de la luna, la dirección o intensidad de los vientos, la temporada de lluvias, los eclipses, y en general, todos los fenómenos meteorológicos, telúricos y cósmicos que pudiesen ocurrir para realizar sus curaciones. En caso de ocurrir

una epidemia aislaban a sus enfermos; y entre sus recursos terapéuticos estaban la sangría, masajes, baños termales, drogas, dietas de atole, fricciones, lavativas y purgantes.

En relación a la cirugía supieron reducir luxaciones, sanar fracturas, inmovilizar miembros ajustando férulas y vendajes, abrir abscesos o flemas con bisturís de obsidiana para dar salida al pus; saturar heridas usando el cabello como hilo. En la obstetricia llevaron a cabo la vigilancia de la embarazada y cuando era necesario hacían el acomodo del producto.

Los nahuas tuvieron "un sentido de anatomía artística que aplicaron en sus obras de escultura que se observaban en los detalles precisos de los cráneos y en los huesos largos que tallaron y esculpieron en bajos relieves" (8). Les dieron "nombre a las principales articulaciones de los miembros y a los diferentes segmentos del cuerpo, y a algunos órganos y vísceras colocados profundamente como la faringe, esófago, estómago, intestinos, peritoneo, bazo, tiroides, etc. Entre los líquidos y los humores que conocían se encontraban la bilis, la saliva, el semen y la orina" (9). Entre sus medicamentos más usuales para curar las heridas infecciosas estuvieron "ciertos emplastos hechos con tortillas de maíz afectados de fungosis, tópicos que aplicaban a la parte enferma cuando se iniciaba la proliferación de hongos microscópicos en dichas tortillas, aprovechando las propiedades curativas de los hongos.

En tortillas de maíz guardadas húmedas dentro de un trapo, se formaban manchas de hongos o una especie de lama, propiciada por

la humedad, el abrigo del aire y de la luz, que utilizaban para confeccionar emplastos que aplicaban sobre las infecciones superficiales de etiología piógena. En la actualidad se sabe que esos hongos de las tortillas de maíz son productores de antibióticos" (10).

La religión y la hechicería obtuvieron una fuerte influencia en las prácticas médicas y así, la enfermedad fue un castigo de los dioses, el "mal de ojo" fue hecho por los hechiceros o bien, efecto de los cometas y eclipses. Contrariamente, hubo dioses que los protegían de tales maleficios: Tezcatlipoca castigaba con males cutáneos u oculares; Quetzalcóatl era invocado para el alivio del reumatismo y cura de la esterilidad; Xoalticiti protegía a los niños. En varias ocasiones para calmar la ira de estos dioses, se practicaran sacrificios, ruegos, ofrendas, danzas y sahumerios en su honor.

2.2 Epoca colonial.

Después de la conquista, los fundamentos de la práctica médica han variado a través de los años; al principio fue una profesión de raíces eminentemente mágico-religiosas, posteriormente, obtuvo sus bases en la experiencia empírica y sociocultural, y es hasta el último siglo y medio cuando se le dio un sólido apuntalamiento científico, ya que la investigación biomédica ha resuelto más problemas de salud en los últimos 150

años que en toda la historia de la humanidad.

En la Nueva España cayó una de las plagas más devastadoras que afligieron al México Colonial, fue llamada por varios nombres de origen azteca y atacó únicamente a los indios; comenzó con un intenso dolor de cabeza seguido por una creciente fiebre que parecía consumir los cuerpos de las víctimas. Por lo general, antes de que transcurriese una semana la muerte acababa con el paciente, tan intensamente se extendió la peste que se estimó en dos millones la cantidad de nativos que perecieron antes que la mitigara la temporada de lluvias del año siguiente.

Los esfuerzos sistemáticos para combatir la terrible plaga de 1576-1577 fueron muchos e ineficaces, aunque seis años antes, Felipe II procuró incrementar el conocimiento científico de la medicina y velar por la salud pública, sometiendo la práctica médica al control del Estado. En 1570 nombró médicos generales, emitiendo amplias instrucciones para reglamentar la profesión en el Nuevo Mundo; el jefe de estos hombres era el "protomédico", cuya principal obligación consistió en reunir los datos posibles sobre hierbas, árboles y plantas medicinales; recabar, detalles sobre el cultivo y utilización de esa flora y formar una colección de especímenes. El primer funcionario que nombró Felipe II para ese cargo fue uno de sus propios médicos el Dr. Francisco Hernández, originario de Toledo, que aún estaba en México en 1576, quien empleó seis años de su labor científica viajando continuamente y pasando grandes penalidades en la búsqueda de su material para hacer la historia natural del reino. En ese mismo año complementó

16 volúmenes de texto y dibujos sobre plantas, animales y experimentos que llevó a cabo en hospitales locales para demostrar la eficacia de ciertas especies.

Al mismo tiempo, otros personajes estuvieron haciendo importantes aportaciones a la ciencia médica, como el padre Agustín Farfán, fraile agustino, que fue profesor de medicina en la Universidad Real, quien impulsado por la peste que desoló al país escribió su Tratado breve de medicina (1579), primer trabajo, en su género, publicado por un autor mexicano.

Otro personaje fue el doctor Juan de la Fuente, el cual durante la peor época de la plaga reunió a sus colegas en conferencia e hizo la autopsia a uno de los indios que había muerto a consecuencia del misterioso mal. Dos años más tarde fue el primero en impartir la cátedra de medicina que acababa de establecerse en la Universidad.

Hacia 1802 se creó lo que daría origen a la Academia Nacional de Medicina, la que se desprendió de la Sección de la Comisión Científica Literaria y Artística de México. Tuvo como objetivo primordial promover la investigación en la patología geográfica del país. Debido a los problemas que las epidemias ocasionaban, se envió a Ignacio Alvarado, profesor de fisiología, al puerto de Veracruz con los entonces elevados viáticos anuales de cuatro mil doscientos pesos aportados por la Academia.

Se puede decir que la Academia Nacional de Medicina fue la primera institución en México y acaso en América Latina, que reconoció oficialmente en remunerar decorosamente al investigador

para que no se dedicase a cualquier otra ocupación por lucrativa que sea.

Por otro lado, las epidemias que entonces azotaron al país obligaron a las autoridades a consultar a aquellos que en ese momento acopiaron el conocimiento médico. La Academia aprovechó la coyuntura y solicitó el reconocimiento oficial, pidió un local para sus sesiones y archivo, además de un subsidio de seis mil pesos, parte del cual dedicó para premiar los mejores trabajos sobre problemas de salud, como "Desagüe del Valle de México" y la desecación de todas las lagunas que rodearon a la ciudad.

A finales del siglo XIX la Academia fue, según expresa Fernández del Castillo, (11) "un delicado receptor de toda vibración en el campo de la ciencia en México y transmitía el resultado de sus trabajos y discusiones lo mismo a las altas esferas gubernamentales como al último rincón de la República en donde hubiera un médico que deseara tener información acerca de los progresos de la medicina".

El punto más alto de participación de la Academia en la investigación aplicada se constituyó en las discusiones con Miguel Alvarado y Carmona y Valle en torno del agente causal de la fiebre amarilla en que estuvieron involucrados investigadores de Brasil y el cubano Carlos J. Finlay.

Don Justo Sierra, Secretario de Instrucción Pública, en reconocimiento a tan meritoria actividad científica ofreció a la Academia premios con valor de \$ 50,000 y \$ 20,000 para quien descubriera el agente del tifo; \$ 20,000 para quien hallará el

modo de transmisión del agente casual y \$ 10,000 a quien ejecutara los trabajos de investigación que ayudara a resolver los problemas anteriores. Dichas cantidades fueron premios que verdaderamente entusiasmaron al investigador más alejado del morbo del dinero. Estos premios se los disputaron no sólo académicos nacionales sino investigadores de talla internacional como Ricketts, quien murió de tifo en México, al igual que Connefe, al regresar a su país y Charles Nicolle quien después ganaría el Premio Nobel al descubrir que el piojo transmitía dicho padecimiento.

2.3 Epoca contemporánea.

Se entiende por investigación biomédica los estudios de problemas biológicos que tienen aplicación médica. Cuando se revisa la historia de la investigación biomédica en México se encuentran dos hechos sorprendentes, en primer lugar ésta tiene poco tiempo de haberse iniciado y en segundo lugar ha habido muy pocos médicos interesados en desarrollarla. Puede decirse que la investigación biomédica se inició con Miguel Jiménez, nacido en 1813, su contribución consistió en haber indicado el procedimiento operatorio más eficaz para la evacuación del absceso amebiano de hígado, con una técnica que ha llegado a nuestros días; por lo tanto la investigación biomédica tiene poco menos que la vida del México independiente.

La biomedicina incluye todas aquellas ramas de la biología relacionadas con la enfermedad. El concepto permite la inclusión de casi toda la biología y otras ciencias como la física y la química (12). La investigación biomédica genera nuevos conocimientos, que son la base de la medicina científica, y esto se refleja en la calidad de asistencia médica que reciban los enfermos (13), pues ésta ha resuelto más problemas de salud en los últimos 150 años que en toda la historia de la humanidad; es aceptado el hecho de que todas las áreas, en general la biomédica, es la más prolifera en cuestiones de información y también la que más requiere un alto grado de actualización oportuna (14).

La importancia de la información biomédica deriva de los siguientes factores:

- La divulgación de las actividades biomédicas en la sociedad moderna.
- El crecimiento de la información.
- La comunicación escrita como criterio de distinción personal.
- La multiplicidad de las actividades de investigación biomédica.

Velázquez (15) clasifica a la investigación en salud como:

- Biomédica o básica.

-- Clínica.

-- Sociomédica o de Salud Pública.

Esta clasificación es sin embargo, arbitraria puesto que los tres niveles deben estar comunicados entre sí, porque si se aísla a alguno de los otros, se corre el riesgo de esterilizar los esfuerzos e impedir que la sociedad llegue a beneficiarse de los resultados.

El objetivo principal de la investigación biomédica es la obtención de nuevos conocimientos sobre los factores biológicos que inciden en la salud y la enfermedad, además de ser la investigación de laboratorio, la cual proporcione las bases para los avances médicos. La búsqueda de aplicaciones de estos conocimientos a la solución de problemas específicos de salud es con frecuencia objeto de la investigación clínica y de la investigación sociomédica. En la primera, el sujeto de estudio es el paciente y se lleva a cabo generalmente en los hospitales; en la segunda se examinan problemas colectivos, incluso de investigaciones sobre los servicios de salud.

En medicina la investigación básica o biomédica está dirigida a conocer las causas y mecanismos de los fenómenos biológicos en condiciones de salud y enfermedad.

La investigación aplicada en medicina tiene las finalidades de conseguir información y conocimientos útiles (aplicables), para conservar la salud y limitar las consecuencias biológicas, sociales y económicas de la enfermedad.

La investigación, bien sea básica o aplicada, está motivada

por el deseo o curiosidad de comprender los fenómenos de la naturaleza, por la posibilidad de hacer predicciones y lograr una generalización, es decir, conseguir la unidad de la diversidad (16).

Se sabe que en 1936 apareció la primera institución de investigación biomédica en México llamada Centro Dermatológico "Ladislao de la Pascua".

En 1939, el Instituto Nacional de Investigación Científica, realizó un estudio "sobre el estado que guardaban las actividades científicas y tecnológicas en el país y formuló recomendaciones para mejorarlo" (17). Entre los resultados obtenidos destaca el marcado predominio de la investigación básica sobre la investigación aplicada, la cual sólo fue de magnitud significativa en el área de las ciencias agropecuarias y biomédicas; asimismo de que la participación del sector privado fue limitada, con el 90 % de la investigación financiada por el gobierno federal, el 4 % por fuentes internacionales y el 6 % por el sector privado (18).

Otro estudio de la misma índole fue realizado en 1973 como parte de un programa combinado CONACYT-IMSS a nivel nacional, que incluyó centros de salud, clínicas, hospitales, escuelas o facultades de medicina e instituciones de investigación, en donde se encuestaron 960 departamentos o laboratorios en los que se realizaron investigación biomédica. Se localizaron 5,720 proyectos con la participación de 3,908 investigadores obteniendo los siguientes resultados:

Instituciones asistenciales (IMSS, SSA, ISSSTE)	65.0%
Instituciones de investigación	20.6%
Institutos de educación superior	9.5%

Fuente: PEREZ TAMAYO, Ruy. Serendipia: ensayos sobre ciencia, medicina y otros sueños. -- México: Siglo XXI, 1990. -- p. 200-201.

Finalmente, el 63 % de los proyectos se localizaron en el D.F.

Respecto a la producción de artículos y libros "se publicaron 359 libros y 2,828 artículos originales, de los que 2,212 aparecieron en revistas nacionales y 617 en revistas extranjeras; otros trabajos fueron 316 artículos de divulgación y 4917 ponencias en congresos, simposios y eventos científicos" (19).

Las cifras muestran un nivel bajo de investigación biomédica en las instituciones de salud en nuestro país en este periodo.

Alarcón (20) presentó un estudio que abarcó de 1985-1987, en el cual analizó los trabajos publicados en revistas nacionales y extranjeras, él señaló que se tomó como muestra el trienio más reciente que pudo estudiarse completo (1985-1987), se incluyeron 3,476 de las cuales 2,432 (69.9 %) se publicaron en revistas nacionales y 1,044 en internacionales. De estas últimas 569 (54.5 %) se editaron en revistas de Estados Unidos y Canadá, 421 (40.3 %) en europeas, 48 (4.6 %) en latinoamericanas no

mexicanas, y las seis restantes (0.57 %) en australianas y asiáticas.

2.4 La investigación biomédica en la UNAM.

La UNAM tiene un papel muy importante en la investigación científica que se realiza en nuestro país, en lo referente a la investigación biomédica el esfuerzo de este organismo se ve acompañado junto con otras instituciones de Educación Superior tales como el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y el que se lleva a cabo en unidades del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y la Secretaría de Salud (SSA).

Para resaltar la productividad en el área biomédica dentro de la UNAM es necesario remitirnos a las siguientes fuentes:

MARTINEZ PALOMO y ARECHIGA (21), realizaron en 1979 un estudio sobre la investigación biomédica en México, basado en el período de 1974-1977, en éste se pudo apreciar que cuatro instituciones (UNAM, SSA, IMSS e IPN/CINVESTAV) contribuyeron con el 85 % de la producción nacional de artículos biomédicos de calidad internacional, a la UNAM le correspondió el 19 % del total. Este análisis se realizó a nivel nacional, como se observa en el siguiente cuadro.

RELACION DE ARTICULOS BIOMEDICOS PRODUCIDOS EN LAS INSTITUCIONES
 NACIONALES Y PUBLICADOS EN REVISTAS INTERNACIONALES DURANTE EL
 PERIODO 1974/1977

INSTITUCION	ARTICULOS	PORCENTAJE
UNAM	117	19
SSA	146	24
IMSS	181	29
IPN/CINVESTAV	81	13
OTROS	95	15
TOTAL	620	100

Fuente: La investigación en salud: balance y transición / Juan Ramón de la Fuente, Jaime Martuseelli, Donato Alarcón. -- México: FCE, 1990. -- p. 18. -- (Bibliotecas de la Salud. Ser. Testimonios).

El Programa Universitario de Investigación Clínica (PUIC) y la Coordinación de la Investigación Científica (CIC); en 1989 realizaron una recopilación de las publicaciones de investigadores mexicanos en el área biomédica, captados por el banco de datos MEDLINE/INDEX MEDICUS, durante el período de 1984/1987. Únicamente

se tomó en cuenta al Distrito Federal, los resultados pueden apreciarse en el siguiente cuadro.

RELACION DE ARTICULOS BIOMEDICOS PRODUCIDOS EN INSTITUCIONES NACIONALES UBICADAS EN EL DISTRITO FEDERAL (SEGUN INFORMACION CAPTADA EN EL BANCO DE DATOS MEDLINE/INDEX MEDICUS ENTRE SEPTIEMBRE DE 1984 Y MARZO DE 1987).

INSTITUCION	ARTICULOS	PORCENTAJE
UNAM	159	34
SSA	150	33
IMSS	71	15
IPN/CINVESTAV	61	13
OTROS	25	5
TOTAL	466	100

Fuente: Ibid.

"Aún con las limitaciones de estos datos resulta claro que la UNAM contribuye en forma muy importante. Del total de artículos captados por MEDLINE/INDEX MEDICUS a nivel nacional (561 artículos), la UNAM contribuyó con 174 publicaciones (159 en el Distrito Federal y 15 en las dependencias de Morelos). Estas 174

publicaciones constituyen el 31 % del total nacional. Si expreso los datos anteriores en otras palabras, pudiera decirse que en el periodo de 1974-1977 la UNAM contribuía aproximadamente con una de cada cinco publicaciones biomédicas mexicanas (19%), mientras que en el periodo de 1984-1987 su participación es aproximadamente de una por cada tres publicaciones (31%), de acuerdo con las fuentes citadas" (22).

La investigación biomédica dentro de la UNAM se realiza en las siguientes dependencias:

1) FACULTADES

- a) Medicina
- b) Química
- c) Ciencias

2) SUBSISTEMA DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA

- a) Instituto de Investigaciones Biomédicas
- b) Instituto de Biología
- c) Instituto de Fisiología Celular
- d) Instituto de Química
- e) Centro de Investigaciones sobre Fijación del Nitrógeno
- f) Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología

En estas instituciones los investigadores son de tiempo completo.

Para cubrir las necesidades de formación de investigadores en los años setenta se crearon los programas de:

a) Proyecto de Licenciatura, Maestría y Doctorado en investigación biomédica básica.

Este proyecto surgió como una alternativa a los programas existentes de licenciatura y posgrado en 1971 dentro de la UNAM, el proyecto dependió de la Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades, (UACPyP) fue creado por la inquietud de investigadores pertenecientes al Instituto de Investigaciones Biomédicas, quienes observaron que los estudiantes cursaban una gran cantidad de materias y seminarios que les inculcaban intereses y concepciones que en ocasiones se contraponían a la investigación científica.

b) Surge al mismo tiempo el programa de posgrado, con un número menor de cursos para dar mayor dedicación a la investigación.

La licenciatura comenzó en el año de 1974 y el posgrado en 1977, los cuales siguen funcionando hasta la fecha (23).

"A partir de su creación, en 1974, el proyecto ha llegado a contar con cuatro sedes, dos institutos y dos centros de investigación, representa en este momento el 27 % de los estudiantes de la Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado de CCH. Cuenta con un total de 125 alumnos en el posgrado

y 38 en la licenciatura. En el posgrado, que tiene un total de 556 estudiantes para toda la unidad, dichos 125 alumnos representan cerca del 23 % del alumnado" (24).

A continuación se muestra la distribución de los tutores en las diferentes sedes, para cada una de las áreas que se cultivan.

Instituto de Investigaciones

Biomédicas	Inmunología	14
	Biología del Desarrollo	7
	Biología Molecular	6
	Biomatemáticas	6
	TOTAL	33

Instituto de Fisiología

Celular	Bioquímica	15
	Neurociencias	12
	TOTAL	27

Centro de Fijación de

Nitrogéno	Genética Molecular	7
	Ecología Molecular	6
	Biología Molecular de	
	Plantas	6
	TOTAL	19

Centro de Ingeniería

Genética y Biotecnología	Biología Molecular	6
	Bioquímica	5
	TOTAL	11

SUMA DE TOTALES 90

REFERENCIAS

- 1.- Kumate, J. "Actuar y decidir en medicina: VI. Ciencia, medicina y hombre". -- p. 100. -- Gaceta Médica de México. -- Vol. 123, No. 5-6 (1987).
- 2.- Ibid.
- 3.- Ibid. p. 101.
- 4.- Ibid. p. 102.
- 5.- Ibid.
- 6.- Ibid.
- 7.- Enciclopedia de México. -- 3a ed. -- México: Enciclopedia de México, 1978. -- p. 396.
- 8.- BARQUIN C, M. Historia de la medicina: su problemática actual. - 5a ed. -- México: Francisco Méndez Oteo, 1980. -- p. 79.
- 9.- Ibid. p. 80.
- 10.- Ibid. p. 79.
- 11.- WOOLRICH, J. "¿Debe y puede la Academia Nacional de Medicina ser promotora de la investigación y la enseñanza en México?". -- p. 287. -- Gaceta Médica de México. -- Vol. 119, No. 7 (1983).
- 12.- PEREZ TAMAYO, R. Serendipia: ensayos sobre ciencia, medicina y otros sueños. -- México: Siglo XXI, 1980. -- p. 179.

- 13.- Ibid. p. 19.
- 14.- MACIAS CHAPULA, C.A. "Perspectivas de la información biomédica en México". -- p. 272. -- Salud Pública de México. -- Vol. 26, No. 3 (1984).
- 15.- VELAZQUEZ, A. "Investigación en Salud: Cuatro propuestas para impulsarla en México". -- p. 281-284. -- Revista de Investigación Clínica. -- Vol. 34, No. 4 (1982).
- 16.- KUMATE, J. "La Academia Nacional de Medicina en las actividades de investigación y enseñanza en el país: II La investigación básica: requisitos y fundamentos". -- p. 275-276. -- Gaceta Médica de México. -- Vol. 119, No. 7 (1983).
- 17.- ONDARZA, R.N. "La investigación biomédica en México en los últimos años". -- p. 249. -- Gaceta Médica de México. -- Vol. 113, No. 6 (1977).
- 18.- Ibid. p. 249.
- 19.- (12) Op cit. p. 200-201.
- 20.- ALARCON S., D., H. Arechiga, J.R. de la Fuente. "Estado actual de la investigación médica en México". -- p. 61. -- Ciencia y Desarrollo. -- No. 93 (1990).
- 21.- MARTINEZ PALOMO, A., Aréchiga H. "La investigación Biomédica en México". -- p. 65. -- Gaceta Médica de México. -- Vol. 115, No. 2 (1979).

- 22.- La investigación en salud: balance y transición / Juan Ramón de la Fuente, Jaime Martuscelli, Donato Alarcón. -- México: FCE, 1990. -- p. 19. -- (Biblioteca de la Salud. Ser. Testimonios).
- 23.- Ibid. p. 281-282.
- 24.- Ibid. p. 284.

3 LA INVESTIGACION CIENTIFICA EN LA UNAM

A principios del siglo XVI se originó en México un ambiente cultural durante el cual se fundaron escuelas y colegios. La labor educativa en particular estuvo dirigida por criollos y mestizos, la cual se encontró estrechamente ligada a labores culturales y educativas.

Con este contexto surgió la Real y Pontificia Universidad y fue Fray Juan de Zumárraga quien inició las gestiones en el año de 1537 para su creación, sin embargo, es hasta el 21 de septiembre de 1551 que dicho proyecto se culmina. Durante el período colonial el desarrollo de las ciencias estuvo ligado al pensamiento escolástico. Más tarde, se vió la ya decadente filosofía escolástica, gestándose la independencia de la colonia. La Universidad acogió a intelectuales como: Francisco Cervantes de Salazar, Alonso de la Veracruz, Pedro de la Peña, Bartolomé de Melgarejo, Blas de Bustamante, entre otros.

En la época independiente la Universidad sufrió una cadena de clausuras y reaperturas, pues esta época marcó el inicio de la lucha por el poder entre liberales y conservadores.

El siguiente cuadro representa las sucesivas clausuras y reaberturas de la Universidad de México de 1833 a 1865.

- a) La Universidad de México fue suprimida por Gómez Farías el 10. de octubre de 1833.
 - b) Santa Anna restableció la Universidad el 31 de julio de 1834.
 - c) La Universidad la volvió a cerrar el Presidente Comonfort el 14 de septiembre de 1857.
 - d) El 5 de marzo de 1858, bajo el gobierno de Zuloaga, fue abierta nuevamente.
 - e) Benito Juárez declaró su fin el 23 de enero de 1861.
 - f) Se intentó habilitarla otra vez durante la llamada "regencia del imperio". Más tarde se produjo la ocupación francesa y se decretó su clausura el 30 de noviembre de 1865 por Maximiliano de Habsburgo.
-

Si bien la Universidad Nacional de México fue establecida en 1910 "sobre bases totalmente distintas a las que tuvo la Real y Pontificia Universidad... y en cierto sentido, su inauguración representó un preludio cultural del movimiento revolucionario, la actividad científica no sólo se interrumpió sino que, cuando se volvió a iniciar después tomó cauces que eran nuevos para México" (1).

En la historia del desarrollo científico en México el año de

1929 marcó el momento decisivo, puesto que la **Universidad Nacional** obtuvo su autonomía, es decir, el reconocimiento a la **capacidad de los universitarios para establecer con absoluta libertad la estructura y los mecanismos de la institución.** Con este fundamento jurídico la **Universidad Nacional Autónoma de México** adquirió las condiciones necesarias para **incorporarse a la corriente de transformación académica realizada en otras universidades del mundo y con ello se estableció las bases para convertirse en una Universidad moderna, además de definir sus funciones principales: docencia, investigación y difusión de la cultura.**

Al conseguir su autonomía, plasmada en su **Ley Orgánica**, la UNAM comenzó sus labores institucionales de investigación. En 1929 se incorporaron a la UNAM los primeros institutos de investigación científica: el **Observatorio Astronómico Nacional**, el cual posteriormente cambió su nombre por el **Instituto de Astronomía**; la **Dirección de Estudios Biológicos**, que se convirtió en el **Instituto de Biología** y el **Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos**, que se llamó más tarde **Instituto de Geología**.

El inicio de la investigación científica universitaria fue difícil, sobre todo porque; aunque los tres institutos disponían de buenas instalaciones para su época, carecían de **recursos humanos** y el presupuesto universitario era muy limitado.

Los primeros institutos tuvieron sus antecedentes en diferentes momentos del siglo pasado, sin embargo, sólo a fines de los años veinte se integraron como institutos de investigación.

Con el apoyo político que se dio durante este período a la enseñanza de la ciencia, también se presentaron los primeros intentos de fundar instituciones de investigación, pero desafortunadamente no existió un mecanismo adecuado para formar investigadores de alto nivel, lo cual impidió en gran medida su florecimiento.

Con el objeto de planear, fomentar e impulsar la investigación científica se creó en 1945 el Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC). Simultáneamente a éste se hizo la Coordinación de la Investigación Científica (CIC) como órgano encargado de ejecutar las decisiones académicas del Consejo y como medio para apoyar, coordinar e impulsar las labores de Institutos y Centros.

La Coordinación tuvo también entre sus funciones la de servir de enlace con instituciones, centros y las demás dependencias universitarias, así como con las personas e instituciones extrauniversitarias.

En la época de los años cuarenta "uno de los más relevantes logros de la época fue el establecimiento de los primeros cursos de posgrado, sin embargo, la mayoría de los institutos ocupaban instalaciones inadecuadas y padecían serias limitaciones de recursos humanos y materiales. Por otra parte, al estar dispersos por la ciudad, la comunicación era insuficiente; la mutua ayuda y el intercambio difíciles; y la coordinación, casi imposible" (2).

Además, durante este período la Universidad pudo cimentar sus avances futuros al fortalecer la estructura institucional, esto se logró al establecer los órganos de coordinación y al incremento

significativo de investigadores y presupuestos.

La construcción de la Ciudad Universitaria significó un gran paso porque los institutos no sólo obtuvieron instalaciones idóneas, sino que se les facilitó la comunicación y la coordinación entre ellos.

En el año de 1954 se dio los nombramientos al personal académico de tiempo completo y con ellos las labores de investigación comenzaron a ejercerse como una profesión.

Durante la década de los años sesenta los incrementos en las inversiones monetarias para equipos y en los gastos de operación ampliaron las posibilidades de realizar mayores investigaciones. En 1966 el Programa de Formación de Profesores e Investigadores encaminó sus pasos a la trascendental tarea de integrar los cuadros humanos. También, en este período comenzó a consolidarse la labor realizada por los institutos, motivo por lo cual no se creó ninguna dependencia dentro del subsistema.

A partir de 1973 se ha dado un mayor impulso a las tareas de investigación, con el propósito fundamental de participar como:

- 1) Fuente permanente de conocimientos.
- 2) Puntal de la actividad docente, particularmente de posgrado.
- 3) Un vehículo de la proyección social de la Universidad al contribuir en la solución de los problemas que afecten a los diversos sectores públicos y privados de nuestro país.

En la década de los años setenta se presentó una gran demanda de educación superior y un marcado crecimiento de las tareas de investigación, por lo que se emprendieron medidas de expansión y de centralización de las instituciones universitarias. A fines de 1970 se estableció el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y el uso, explotación de patentes y marcas que sienta las bases para negociar la tecnología extranjera.

En la UNAM el desarrollo de la ciencia ha evolucionado institucionalmente de acuerdo con la situación cambiante del país, de la propia Universidad y en sus actividades en diferentes dependencias y grupos académicos. Esto ha favorecido la movilidad académica y evitado el estancamiento, tanto en el campo de investigación como en la vida universitaria.

En 1977 CTIC planteó los lineamientos generales de la política de desarrollo, destacando: la consolidación de la infraestructura para la investigación, la definición de mecanismos, la formulación de planes de desarrollo, la diferenciación académica, la vinculación de la investigación con la docencia y los problemas nacionales, el apoyo interdisciplinario y la descentralización de la investigación científica (3).

En la UNAM trabaja aproximadamente la cuarta parte de los 9,000 científicos del país. Durante el período de 1973 a 1979 se publicaron 5,612 trabajos -617 en 1973 y cerca de 1,000 en 1979- los que formaron una parte significativa de la producción científica en México (4).

En estudios realizados (5), respecto al apoyo que reciben en

la investigación dentro de la UNAM, muestra que entre el 60 y 90 % de las actividades científicas en el país en las diferentes áreas se llevan a cabo en ella. La investigación científica es una actividad de alto costo (6), que aún cuando en los países en vías de desarrollo operan bajo un régimen de carencias la UNAM ha dado prioridad a esta actividad, reflejándose en un continuo impulso presupuestal. A partir de 1960 fue posible dedicar a la investigación científica 10 % del presupuesto de la institución y en 1981 esta proporción se pudo incrementar hasta el 17 % aumentando considerablemente en los años siguientes, como puede apreciarse en el cuadro.

PRESUPUESTO UNAM

Año	Presupuesto total	Investigación científica
1960+	124 550 387 98	845 232 00
1961+	146 650 287 98	1 224 249 68*
1962 ¹	178 641 357 86	747 836 00
1963 ¹		
1964	234 298 553 76	1 425 564 00
1965	311 510 909 00	38 603 004 00
1966	385 885 831 00	42 957 470 00
1967	401 714 138 16	44 964 202 00
1968	505 175 209 91	56 001 457 00
1969	608 074 841 04	73 641 937 00
1970	666 775 024 35	76 835 975 00
1971	792 935 491 00	77 012 915 00
1972	1 071 260 812 00	112 477 288 00
1973	1 486 109 577 00	129 452 047 00
1974	1 920 913 853 00	178 024 398 00
1975	2 735 270 036 00	237 659 222 00
1976	3 779 116 805 00	337 597 761 00
1977	5 834 500 606 00	615 885 725 00
1978	7 850 900 000 00	826 501 442 00
1979	9 558 844 000 00	1 003 987 789 00
1980	11 366 000 000 00	1 161 373 639 00
1981	17 395 500 000 00	1 762 574 985 00
1982	26 800 000 000 00	4 636 625 761 00
1983	41 936 000 000 00	7 136 742 200 00
1984	58 387 000 000 00	10 536 679 565 00
1985	89 773 000 000 00	15 328 304 070 00
1986	131 150 061 459 00	22 578 538 181 00
1987	284 859 790 000 00	64 689 000 000 00
1988	815 998 665 000 00	178 461 600 000 00
1989	997 631 000 000 00	218 281 700 000 00
1990	1 248 521 400 000 00	278 632 400 000 00
1991	1 639 539 347 000 00	365 528 000 000 00

Fuente: UNAM. Presupuesto por programas. 1966-1991

* Presupuesto modificado

+ Abarca los dos años (1960 y 1961)

¹ Abarca los dos años (1962 y 1963)

No obstante que las cifras anteriores muestran un incremento significativo a partir de los años sesenta existe una disminución considerable, pues hay que tomar en cuenta los factores de la inflación combinada con la devaluación, los cuales hacen que dicho aumento no sea tan palpable.

REFERENCIAS

- 1.- BRAVO UGARTE, J. La ciencia en México: algunos de sus aspectos con una introducción sobre los orígenes y desarrollo del mundo. -- México: Jus, 1967. -- p. 104-105.
- 2.- La investigación científica en la UNAM: 1929-1979. -- México: UNAM, 1987. -- p. 22.
- 3.- AYALA CASTAÑARES, A., MENDOZA DE FLORES, R.; NIETO RAMIREZ, J.A.; ORTEGA SEPULVEDA, D.C. "Estructura y evolución de la investigación científica". -- p. 40. -- Ciencia y Desarrollo. -- No. 34 (1980).
- 4.- Ibid.
- 5.- VILLA SOTO, J.C., Flores Javier, López Torres Rogelio. "Gasto y políticas de investigación en la Universidad Nacional Autónoma de México". -- p. 93. -- Ciencia y Desarrollo. -- No. 80 (1988).
- 6.- (3) Op. cit. p. 43.

4 EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMEDICAS

El Laboratorio de Estudios Médicos y Biológicos se creó en 1940 gracias a la iniciativa y relaciones internacionales de algunos científicos de la emigración española, causada por la guerra civil desencadenada por Franco, Hitler y Mussolini.

Como consecuencia en 1938 llegaron a México el Dr. Isaac Costero y el Dr. Gonzalo R. Lafora miembros del grupo de investigadores de Don Pío del Río-Hortega y del Instituto Cajal de Madrid, respectivamente. También llegó el Dr. Dionisio Nieto Gómez del Instituto Cajal de Madrid (1).

Ante la posible llegada del Dr. Don Pío del Río-Hortega se planeó la creación de un laboratorio de investigación parecido al Instituto Cajal de Madrid, al cual en un principio se llamó también Laboratorio de Investigaciones Biológicas.

Algunos miembros de la emigración tuvieron relaciones con la Fundación Rockefeller, por lo que se emprendieron las gestiones necesarias para obtener un donativo. En esta causa apoyaron fuertemente personajes como Alfonso Reyes, Manuel Martínez Báez, Ignacio Chávez, Francisco de Paula Miranda, Ignacio González Guzmán y Tomás Perrín, entre otros. A fines de 1939 la fundación concedió el donativo de \$ 250 000 00 dólares y se contó también con el auspicio de la UNAM.

Ya con el dinero asegurado se procedió a buscar el local

adecuado; por varias sugerencias se aceptó la reconstrucción de un piso de la antigua Escuela de Odontología, junto a la Escuela de Medicina de Santo Domingo.

Las obras de adaptación finalizaron en 1940. En 1941 se puso en marcha sin ceremonias y sin formalidades reglamentarias administrativas bajo la dirección del Dr. Ignacio González Guzmán (2).

En marzo de 1942 apareció el primer número del "Boletín del Laboratorio de Estudios Médicos y Biológicos" (LEMB), con el fin de dar a conocer en forma de notas breves los resultados de sus investigaciones. Al principio se publicó mensualmente y sólo incluyeron los trabajos realizados en el Laboratorio (3).

A partir de 1945 en el volumen 3, número 1, de acuerdo con la nueva organización de la Universidad Nacional de México, el Boletín cambió de nombre a "Boletín del Instituto de Estudios Médicos y Biológicos" (4).

Como el donativo proporcionado por la Fundación Rockefeller estuvo destinado a la adaptación del local y compra de equipo y mobiliario la Universidad se hizo cargo del pago de sueldos, así como de los gastos de mantenimiento consiguientes. Pero la Universidad careció de recursos y entonces la llamada "Casa de España" ahora conocida como el Colegio de México se encargó de pagar por un tiempo limitado a los investigadores.

Inicialmente el Laboratorio de Estudios Médicos y Biológicos no tuvo división departamental específica, sin embargo los investigadores ocuparon las áreas de trabajo más adecuadas para sus

actividades; así hubo cuatro secciones: la de Citología con el Dr. Ignacio González Guzmán; la de Patología con los Dres. Clemente Villaseñor y José de la Cruz, la de Fisiología con el Dr. Jaime Pi-Suñer y la de Neuroanatomía con el Dr. Dionisio Nieto Gómez. Además se realizaron trabajos sobre hematología, histología normal y patológica, farmacología y oftalmología experimental (5).

Posteriormente con el Dr. Isaac Costero que trabajó en la anatomía patológica, se agregaron gentes como Gabriel Alvarez Fuentes, Ruy Pérez Tamayo, Rosario Barroso, y Franz Lichtemberg, los cuales por ese entonces eran estudiantes.

Cuando el Dr. Efrén del Pozo fue designado director de la Escuela de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional y al mismo tiempo se convirtió en el jefe de Fisiología del Laboratorio de Estudios Médicos y Biológicos, se generaron diversas ramas de la investigación fisiológica con Raúl Hernández Peón, Carlos Guzmán Flores, Carlos Beyer, Guillermo Anguiano, Augusto Fernández Guardiola, y Fernando Antón-Tay; posteriormente ingresaron Flavio Mena Jara, Manuel Salas Alvarado, Manuel Alcaráz Verduzco y Pablo Pacheco Cabrera, los cuales aún continúan en la institución (6).

Una vez que la Universidad fue favorecida con un aumento de presupuesto y que el Laboratorio de Estudios Médicos y Biológicos dispuso de otro, la posibilidad de un cambio de local aumentó; las opciones fueron dos, una que "el Laboratorio promovido ya por las autoridades universitarias a la categoría de Instituto, se instalara en espacios bastante amplios y bien acondicionados del

bloque de la Facultad de Ciencias, o bien que tuviera su propio edificio" (7).

Desde la fundación en 1942 hasta agosto de 1965 fungió como Director del Laboratorio, el Dr. Ignacio González Guzmán. Durante su gestión en 1949 el Laboratorio es ascendido a Instituto en la celebración del Cuatricentenario de la Universidad, quedando como Instituto de Estudios Médicos y Biológicos (8).

También comenzaron las preparaciones de la construcción de un local propio; en 1954 las instalaciones quedaron listas y el Instituto es reubicado en Ciudad Universitaria con mayor espacio y mejor equipo.

Durante ese tiempo la Universidad creó las plazas de investigadores de tiempo completo, así como las comisiones dictaminadoras para la elección de los mismos. La primera generación de investigadores de tiempo completo estuvo integrada por Alfonso Escobar, Carlos Guzmán, Jorge González Ramírez, José Negrete Martínez, Guillermo Anguiano y Augusto Fernández Guardiola.

Siendo Rector el Dr. Ignacio Chávez en 1965, el Dr. Ignacio González Guzmán es nombrado Director de la Coordinación de Ciencias, quedando el Instituto de Estudios Médicos y Biológicos sin dirección por un pequeño lapso. Las autoridades designaron al Dr. Guillermo Soberón como Director del Instituto. Durante su gestión surgieron otras áreas de investigación, tales como las de bioquímica, biología molecular e inmunología.

Con esta nueva estructura el Instituto fue nuevamente puesto a consideración para un cambio de nombre, en 1967 de acuerdo con el

Consejo Universitario en una sesión extraordinaria del 15 de diciembre, se aprobaron las modificaciones al estatuto de la Universidad Nacional Autónoma de México en el artículo 9o., fracciones VIII, XII, XIII, XV y XVI; quedando como Instituto de Investigaciones Biomédicas, nombre que hasta la fecha conserva (9).

Sin embargo, este cambio de nombre también se dió ante la necesidad de uniformar la designación de las dependencias de la UNAM dedicadas a la investigación, además de que el nombre anterior no era el adecuado por el tipo de investigación que se había venido desarrollando.

También en 1967 cambia nuevamente el nombre de "Boletín del Instituto de Estudios Médicos y Biológicos" al de "Boletín de Estudios Médicos y Biológicos", nombre con el que aún se sigue publicando. Este cambio se debió al propósito de "ampliar el ámbito de nuestra revista ofreciendo sus páginas a colaboradores de fuera del Instituto que seguirá auspiciando su publicación" (10). El cuerpo editorial del Boletín se conformó por investigadores de diversos campos de la biología experimental perteneciente a otras instituciones.

Bajo esta dirección se mantuvo la estructura departamental en los departamentos de Fisiología, Neurobiología -llamado anteriormante Neuroanatomía y Neuropatología-, Biología Celular -llamado precedentemente Citología y Hematología-, y el de Biología Molecular, el cual inició sus actividades el 13 de agosto de 1967 con dos grupos, uno bajo la dirección del Dr. Jaime Mora y el otro dirigido por el Dr. Guillermo Soberón.

Para la ubicación de este nuevo departamento se necesitó de una ampliación, destinándosele una superficie aproximada de 800 m² y con una capacidad de ocho laboratorios, cocina de esterilización, cuatro de instrumentación, cuatro de centrifugación, dos cuartos de temperatura constante, cuatro para medir radioactividad, y cuatro de cromatografía. En esta reestructuración del edificio se incluyeron los laboratorios de Biofísica del departamento de Fisiología y el laboratorio de Virología del departamento de Biología Molecular, incluso de los servicios generales del Instituto (11).

Se creó también el departamento de Patología experimental bajo la dirección del Dr. Ruy Pérez Tamayo, en él se inició investigaciones en inmunopatología; como colaboradores estuvieron los Dres. Irmgard Montfort, Carlos Larralde, Antonio Velázquez Arellano y Kaethe Kretshmer. Posteriormente se fusionan los departamentos de Patología Experimental y el de Biología Celular quedando bajo el nombre de Biología Celular y como jefe del departamento el Dr. Ruy Pérez Tamayo (12).

Las causas que motivaron esta unificación fueron que así en los temas como la metodología usada son afines y comunes, por lo tanto ambos departamentos pudieron entender, discutir y participar favoreciendo el desarrollo académico (13).

Todos estos cambios y creación de nuevos departamentos estuvieron contemplados en un plan de desarrollo del Instituto elaborado en 1966 y aprobado por el Consejo de Ciencias de la Universidad, los puntos más importantes fueron:

- a) El mejoramiento de las condiciones de trabajo a los grupos que han tenido un mayor desempeño.
- b) Retroalimentación con otros grupos implícitos en la investigación biomédica.

Además se tuvo presente propiciar los programas de trabajo ya existentes en neurofisiología, neuroendocrinología y neuropatología, así como la creación de nuevos grupos dedicados a la neuroquímica, neuropsicofarmacología, neuroanatomía y psicología experimental.

Se consideró también que los trabajos del departamento de Biología Celular relacionados con la citología debían ser continuos y complementarios con el recién formado departamento de Biología Molecular, y que cuando se hubiera desarrollado plenamente, se diera énfasis a la genética molecular.

En este mismo plan se incluyó a la biofísica (que ya se trabajaba en el Instituto), la virología, la citogenética y las biomatemáticas, como áreas cuya actividad habrían de iniciarse lo más pronto posible (14).

Para 1968 se hizo una ampliación de este Plan de Desarrollo, con la aprobación del Rector, el Consejo Técnico de Ciencias y la Comisión Técnica de Planeación Universitaria. Dicho plan contempló los mismos puntos del anterior pero agragando otro más:

1. Definición de los objetivos que persigue el Instituto de Investigaciones Biomédicas:
 - a) Realizar investigación científica sobre problemas biomédicos fundamentales.
 - b) Formar profesores e investigadores mediante la impartición de enseñanza sistematizada.
 - c) Relacionarse con otras dependencias dentro y fuera de la Universidad con el fin de evitar duplicidad en los trabajos de investigación.
 - d) Participar en los esfuerzos relacionados al desarrollo y crecimiento del país.

2. Previsión de estructura.

Se planeó desarrollar una estructura de biología fundamental representada por la Biología Molecular, Biología Celular y Neurobiología. Para Biología Molecular se iniciaron investigaciones de estructura y función de macromoléculas, genética de fagos, genética de hongos, biología del desarrollo a nivel molecular y mecanismos regulativos en animales superiores.

Respecto a la Biología Celular se iniciaron investigaciones en citología, citogenética, virología, hematología, patología experimental, inmunología, inmunopatología y biología del desarrollo a nivel celular. Finalmente, en la neurología se ampliaron la biofísica, neurofisiología, psicofisiología, neuroendocrinología, neuroanatomía, neuropatología y neuroquímica. Cabe señalar que estos objetivos estuvieron vigentes hasta 1981

(15).

De marzo de 1971 a marzo de 1976 es designado Director del Instituto el Dr. Jaime Mora; durante su gestión se estructuraron varios programas docentes: la licenciatura, la maestría y el doctorado en investigación biomédica básica, dependiente de la Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y de Posgrado (UACPyP) del Colegio de Ciencias y Humanidades (creada en 1971).

En este proyecto docente participaron la mayoría de los investigadores de los departamentos de Biología Molecular, Biología del Desarrollo, Biotecnología, Inmunología y Biofísica y Biomatemáticas.

En septiembre de 1973 se aprobó el proyecto por el H. Consejo Universitario. Y en enero de 1974 se inició el programa de licenciatura y maestría con cuatro elementos; las actividades docentes estuvieron apoyadas por investigadores del Instituto, pero también se tuvo la participación de otras instituciones como el Instituto Nacional de la Nutrición, CINVESTAV y el Centro de Fisiología Celular de la UNAM, entre otros (16).

En 1974 se creó el Centro de Primates de San Andrés Totoltepec en México, D.F., para llevar a cabo estudios sobre la conducta social, sexual agresiva, maternal, etc., además de las bases fisiológicas y ontogénicas en grupos de primates en cautiverio (17).

Otro aspecto importante de este período fue la creación del departamento de Biología del Desarrollo, éste quedó instalado en la planta baja del edificio B del Instituto; se integró con seis

laboratorios, cinco cubículos, salón de seminarios, un cuarto frío, etc. Entre sus líneas de investigación están "el estudio de los mecanismos de diferenciación biológica que acontecen en los diversos niveles de organización, como el evolutivo (la filogenia), el desarrollo de individuos pluricelulares (la ontogenia), la especialización o diferenciación celular (diferenciación sexual de gónadas de vertebrados), la interacción celular (mecanismos de acción de hormonas), la organización y función del genoma de eucariotes, la regulación de la biosíntesis de macromoléculas y mecanismos de autorrestricción o de envejecimiento biológico" (18).

De marzo de 1976 a enero de 1981 el Dr. Jaime Martuscelli substituyó al Dr. Mora, bajo su dirección se dió un apoyo importante a los Proyectos Académicos de CCH. También se desarrolló el departamento de Biotecnología con dos secciones: la de Bioingeniería y la de Biomedicina; la primera -que actualmente es el Departamento de Biotecnología- tendió a proyectos de ingeniería enzimática, fermentación, regulación metabólica, uso de desechos orgánicos y aplicación de la ingeniería genética en la industria quimicofarmacéutica y alimentaria (19).

Por otra parte, la sección de medicina estuvo integrada hasta abril de 1980 por virólogos, inmunólogos, y genetistas bacterianos; esta sección actualmente es el departamento de Inmunología. Como líneas de investigación contempla los fenómenos inmunológicos como reguladores de la relación biológica entre especies animales, células y moléculas. Debido a la vinculación entre la inmunología

parte de sus proyectos, así estudios sobre enfermedades como la cisticercosis, tuberculosis, amibiasis, mielomas y SIDA, son comunes.

Como resultado del rápido crecimiento, diversificación e incorporación de nuevos grupos al departamento de Biología Molecular se impulsó la creación del Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno en Cuernavaca, Morelos (20).

De febrero de 1981 a febrero de 1987 en gestión de la Directora Kaethe Willms se estableció el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología -ahora Instituto de Biotecnología- con personal de los departamentos de Biología Molecular, Biología del Desarrollo y Biotecnología. La aprobación de este Centro estuvo a cargo del Consejo Interno del Instituto de Investigaciones Biomédicas, el Consejo Técnico de la Coordinación de la Investigación Científica y el Rector Octavio Rivero Serrano.

Por otra parte a través del Programa Universitario de Investigación Clínica (PUIC) se construyeron unidades periféricas en las que se desarrolló investigación orientada hacia la detección y tratamiento de entidades nosológicas específicas (21).

Una de ellas fue la Unidad de Genética de la Nutrición ubicada en las instalaciones del Instituto Nacional de Pediatría de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, a cargo del Dr. Antonio Velázquez Arellano. Las investigaciones se enfocaron al diagnóstico, tratamiento y asesoría genética de pacientes con errores innatos del metabolismo.

Otra de las unidades se instaló en la Unidad de Investigación

Otra de las unidades se instaló en la Unidad de Investigación del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER) también de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. Esta bajo la dirección del Dr. Lino Díaz de León Hernández la línea de investigación fue el estudio y detección de modelos terapéuticos tanto de la fibrosis pulmonar difusa como del efisema pulmonar.

En el Instituto Mexicano de Psiquiatría, la Unidad de Neuroquímica quedó a cargo del Dr. Alejandro Bayón y la Unidad de Psicología por parte del Dr. José Luis Díaz.

Por otro lado la Dra. Cristina Cortinas de Nava fue responsable del Programa Interdisciplinario de Salud Ambiental de la UNAM, estableció convenios con la Dirección General de Servicios Hidráulicos para evaluar los riesgos del uso del agua residual tratada para irrigación, con el Centro de Estudios sobre Contaminación Ambiental de la Universidad Autónoma de Querétaro y el Departamento de Aguas del Distrito Federal, para colaborar institucionalmente.

En enero de 1984 falleció el Dr. Alfonso Vélez Orozco, investigador de la sección de citología (22). En enero de 1985 falleció también el Dr. Dionisio Nieto Gómez; ante esta situación el departamento de Neurobiología que estaba a su cargo, se fusionó con el de Fisiología quedando como un solo departamento (23).

En 1987 fue designado director el Dr. Librado Ortiz Ortiz, y en 1990 fue ratificado como Director nuevamente; durante esos últimos años se puso en marcha la Unidad de Escalamiento Biotecnológico, en éste se desarrollaron procesos biotecnológicos

en escala comercial, así como, la formación de recursos humanos a nivel posgrado.

También se creó el Banco de Hormonas Protéicas para desarrollar la tecnología necesaria en la obtención de hormonas (FSH, GH, LH) y proporcionarlas a los involucrados en la Biología Animal, tanto para estudios clínicos, como en forma de estuches analíticos (24).

En 1989 el "Boletín de Estudios Médicos y Biológicos" cambió de formato y como parte del Cuerpo Editorial permanecen Carlos Larralde, Adolfo Martínez Palomo, Flavio Mena, Horacio Merchant, Antonio Peña, Manuel Salas y Guillermina Yankelevich; como editor en jefe Alfonso Escobar Izquierdo.

Finalmente, en 1991 se celebró el Jubileo del Cincuenta Aniversario del Instituto, para este evento se organizó un congreso en el que se presentaron ponencias sobre las líneas de investigación actuales y de actividades realizadas durante estos cincuenta años.

4.1 Organización y líneas de investigación actuales.

La estructura departamental actual del Instituto de Investigaciones Biomédicas está basada en seis departamentos:

- Biofísica y Biomatemáticas
- Biología del Desarrollo
- Biología Molecular
- Biotecnología
- Fisiología
- Inmunología

A continuación una breve descripción de las áreas de investigación de cada departamento:

Biofísica y Biomatemáticas.

En este departamento se trabaja con la representación y manejo del conocimiento médico para el diseño de sistemas expertos con el objeto de aplicar la inteligencia artificial a programas auxiliares para la educación en medicina y al diseño de cursos que permitan la formación de especialistas en esta área.

Otra línea es el estudio de las imágenes, la percepción, expresión y comunicación en el hombre mediante imágenes que permitan el desarrollo de la función abstracta intelectual. Por su

parte, la aplicación de la inteligencia artificial en biomedicina para solucionar aspectos propios de la práctica de la medicina en México se inició con la implementación del Teorema de Bayes al diagnóstico médico; y ahora se desarrollan técnicas e ideas originales para ello.

En otros estudios se analizan algunos aspectos de la plasticidad cerebral que tiene como objeto estudiar los mecanismos relativos a la plasticidad del sistema nervioso en general. Esta estructura se presenta porque sus propiedades fundamentales son comunes a las redes neuronales de todos los vertebrados, además de que su estructura y función son más simples.

Por otro lado, se trabaja en los mecanismos del efecto "kindling", aquí se han elaborado dos modelos teóricos, uno se hizo en 1980 y consiste en un incremento de los centros nerviosos de susceptibilidad a generar post-descargas; con este estudio se pretende avanzar sobre los problemas de la plasticidad cerebral por un lado y por otro, de la epilepsia.

También se realizan investigaciones sobre los efectos fólicos del nervio, ésto se refiere al efecto de los nervios sobre la distribución de los mastocitos en el músculo diafragma.

Biología del Desarrollo.

En este departamento se trabaja sobre el envejecimiento biológico y se ha demostrado que la síntesis de proteínas en

cerebros de ratas y ratón es regulada a nivel tradicional durante la vetustez. Actualmente se tienen dos proyectos específicos:

- a) Localización y concentración del RNA mensajero del factor elongación 1 en diferentes regiones del sistema nervioso central para una posible correlación con enfermedades degenerativas como Parkinson y Alzheimer.
- b) Cuantificación por hibridación del RNA ribosomal en diferentes regiones del sistema nervioso central con propósitos semejantes al anterior.

Por otro lado se investigan los aspectos bioquímicos y moleculares del metabolismo de la colágena, esto es, los diversos aspectos de la regulación de la síntesis, metabolismo en tejidos normales y en órganos con distintas enfermedades (cirrosis hepática, fibrosis pulmonar y transformación celular, y modelos experimentales).

El estudio de las enfermedades que afectan el tejido conjuntivo. Como resultado de colaboración entre la UNAM, PUIS, INER se estableció en la Unidad de Investigación del INER la sección de Tejido Conjuntivo en la que se desarrollan dos proyectos; uno el de estudio inmunológico de *Mycobacterium tuberculosis* y sus aplicaciones clínicas y el otro el Mebendazol y fibrosis experimental.

Aquí se estudian incluso las relaciones filogenéticas entre el *Trypanosoma cruzi*, y otros eucariotes; la biología celular y

procesos de variación biológica de *Trypanosoma cruzi*.

También sobre toxicología celular se realizan investigaciones como el daño al ADN por exposición a radiación o químicos produce mutaciones que pueden traducirse en daño genético ya sea productivo o somático. En humanos utilizando como modelo el linfocito en cultivo, puede evaluarse el efecto de dicha exposición a mutágenos conocidos o potenciales, tanto in vivo como in vitro, midiendo diferentes tipos de daño: aberraciones cromosómicas, intercambio de cromátidas hermanas, mutaciones génicas y alteraciones en la cinética de proliferación celular.

Otra de las ramas es el desarrollo y diferenciación sexual de la gónada de los vertebrados; la gónada embrionaria es el órgano en el que se inicia la diferenciación fenotípica del sexo del individuo; se pretende estudiar en general utilizando varios modelos experimentales.

Biología Molecular.

Aquí se trabaja sobre la clonación molecular y caracterización parcial del DNA ribosomal de *Trypanosoma cruzi*. Este organismo causa la enfermedad de Chagas o Tripanosomiasis americana, se estudió molecularmente el sistema génico del RNA ribosomal y locus 5S.

Caracterización de las proteínas estructurales del genotipo 2 mexicano del virus del dengue, dentro de esta línea se pretende

identificar, aislar y caracterizar los genes que codifican para las proteínas estructurales del virus, de una cepa que en México causó problemas epidemiológicos.

La regulación del metabolismo nitrogenado en *Escherichia coli* y los mecanismos que regulan la biosíntesis de l-glutamina y l-glutamato, es otra línea de investigación de este departamento.

La fisiología de los plásmidos y regulación de la expresión genética en enterobacterias, aquí se tiene un interés especial en dos áreas:

- 1) El estudio de diferentes propiedades moleculares de los plásmidos.
- 2) Superenrollamiento del DNA y regulación de la expresión genética en condiciones de estrés celular.

El objetivo principal está centrado en profundizar el conocimiento de la dinámica celular de los plásmidos y la regulación de la expresión genética en procariontes y la metodología de genética y biología molecular que les permita analizar las bacterias, tanto en un modelo de célula, como en un organismo patógeno.

En la Unidad de Genética de la Nutrición se estudia sobre el transporte intracelular de enzimas lisosomales en células deficientes en metabolismo y requerimientos nutricios de la vitamina biotina y, finalmente, en un programa de prevención del retraso mental de origen metabólico.

Sobre la biología molecular de *Streptomyces* se examinan las características a nivel molecular, dado que su ciclo biológico presenta una diferenciación meofológica y fisiológica compleja.

Finalmente tenemos la caracterización molecular de la epidemia del SIDA en México; se ha reportado una alta variabilidad biológica y molecular en diferentes HIV aislados en distintas zonas geográficas, que se reflejan en la patogenicidad de las cepas involucradas.

El proyecto es parte de un estudio multidisciplinario que se está llevando a cabo en colaboración con la Secretaría de Salud llamado "La epidemia de SIDA en México".

Biotecnología.

Se estudia el impacto que ejercen diversos factores nutricionales, como la fuente de carbono, nitrógeno y fosfatos; también, la formación de algunos antibióticos de interés para la industria farmacéutica: gentamicina, eritromicina y penicilina.

Además se investiga la producción de colorantes biológicos con gran aplicación en la industria alimentaria y farmacéutica del país. Los colorantes en alimentos comprenden sustancias de complejidad química variable que, agregadas a los comestibles y bebidas, proporcionan color e intensifican el suyo propio confiriéndoles una apariencia agradable.

Otra rama es la aplicación de enzimas lipolíticas para la

modificación de productos lácteos con el objeto de optimizar su sabor. Las lipasas o glicerol ester hidrolasas son enzimas que ocupan sólo un pequeño segmento del mercado de enzimas comerciales. Y comienzan a encontrárseles aplicaciones en síntesis de productos químicos, fármacos nuevos, trans e interesterificación de grasas, producción de saborizantes, etc.

Otra área de estudio es el mejoramiento genético de microorganismos de interés industrial; aquí las estrategias para incrementar la producción de un metabolismo de interés industrial pueden ser de tipo genético o nutricional. Constituye una herramienta fundamental en la optimización de procesos. Entre los organismos empleados en esta industria están los lácticos, éstos producen varias actividades metabólicas de interés e inestabilidad.

También se trabaja con el análisis de las fermentaciones anaeróbicas para la producción y procesado de alimentos. Las fermentaciones anaeróbicas son parte de la biotecnología que tiene múltiples aplicaciones de los sectores alimentario, energético, agrícola y de salud pública. A través de éstas se producen en el mundo desde alimentos energéticos, fertilizantes, así como, alimentos procesados en gran escala.

Se tiene interés en desarrollar inóculos bacterianos para la transformación de desechos orgánicos para su aprovechamiento en el sector pecuario.

Por otro lado, la biosíntesis de metabolitos secundarios representan una serie de compuestos de complejidad química variable que son sintetizados por algunos microorganismos usualmente en la

fase tardía de su crecimiento. Las repercusiones biotecnológicas que pueden resultar de estos estudios, podrán ubicarse en la industria farmacéutica. Simultáneamente se trabaja en el desarrollo de la tecnología de procesos para la producción de Estreptomicina por fermentación sumergida.

Inmunología.

Con la colaboración multidisciplinaria de varios grupos del Departamento se estudian el cáncer humano, con el propósito de examinar la resistencia al agente antineoplásico ARA-C. El segundo proyecto estableció que animales B6C (FI) reproducían hasta cierto punto una enfermedad neoplásica caracterizada por larga duración y la aparición de recaídas. Finalmente, como parte de la fenomenología inmunológica se ha analizado mediante el modelo de injerto contra huésped.

Cisticercosis humana es una parasitología cada vez de mayor alcance e importancia mundial. Existen avances importantes en el conocimiento de esta relación huésped-parásito que permite evaluar diversas estrategias para su control. Se pretenden realizar estudios epidemiológicos en el que se valorarán para el campo, las técnicas para diagnóstico de cisticercosis y teniasis.

Identificación de antígenos de Entamoeba histolítica se investiga la respuesta humoral de pacientes con absceso hepático amibiano de técnicas de inmunoelectrotransferencia y

radioinmunoprecipitación, con el fin de definir cuales componentes de Entamoeba histolitica son importantes en la respuesta celular.

Inmunología de la tuberculosis se purifican por métodos fisicoquímicos cinco proteínas de Mycobacterium tuberculosis, estas proteínas se clasifican principalmente en su capacidad de inducir respuestas humorales en humanos con tuberculosis. También se observa la estructura protéica de la pared de Mycobacterias tuberculosis gracias a los trabajos de digestión enzimática con lisozima.

Además se realizan trabajos sobre la inmunología del SIDA por medio de síntesis de péptidos para el inmunodiagnóstico de él, el perfil inmunológico del enfermo de SIDA en México, y la inmunopatología del SIDA.

Otra área de este departamento son los estudios realizados en la caracterización antigénica de Plasmodium vivax por medio de anticuerpos monoclonales; se pretende caracterizar el rasgo protéico en su forma infraeritrocítica y la obtención de anticuerpos monoclonales contra la forma intraeritrocítica del Plasmodium vivax.

Fisiología.

Es el Departamento con más antigüedad en el Instituto y se ha caracterizado por sus investigaciones en neurología, neuroendocrinología, psicofarmacología, etc. Actualmente estas

Áreas se han ampliado y su cobertura es de: fisiología de la conducta, en donde se estudia la conducta normal y patológica de diversas especies de laboratorio, incluyendo grupos de primates cautivos, ésto es, se han analizado los efectos de lesiones cerebrales, la administración de fármacos y hormonas, la determinación de correlaciones cerebrales y el estudio de la interdependencia con el entorno social.

La neuroanatomía y fisiopatología experimentales aquí se desarrollan modelos de enfermedades neurológicas y psiquiátricas en animales, éstos permiten realizar predicciones a la clínica que no es posible practicar en humanos; se desarrollan en los animales, depresión, psicosis, estrés, alteraciones del sueño, isquemia cerebral y traumatismo encefálico.

Estudio de plantas medicinales mexicanas se examina el efecto de dichas plantas en el sistema nervioso según su uso tradicional por las culturas populares del país, de este modo se ha logrado una clasificación de algunos efectos cerebrales y conductuales de plantas psicotrópicas, hipnóticas, antiepilépticas y estimulantes.

Neurobiología del desarrollo y crecimiento se trabaja con las consecuencias que provoca la desnutrición en diversas etapas del crecimiento sobre el desarrollo del sistema nervioso y de la conducta.

Neurobiología de la lactancia aquí se investiga sobre la fisiología de la lactancia tanto en lo que se refiere a los mecanismos neurohumorales de regulación de la producción, secreción y evacuación láctea, como a las condiciones óptimas para una

lactancia normal de diversas especies.

Banco de hormonas protéicas de origen animal este tiene como objetivo: contar con preparaciones hormonales puras especie-específicas de tipo peptídico, cuyo empleo no tendría efectos indeseables. Además se pretende obtener preparaciones hormonales que puedan ser usadas como recursos diagnósticos para analizar la fisiología de las especies explotadas para consumo humano en el país.

4.2 El Departamento de Biofísica y Biomatemáticas.

El Departamento de Biofísica y Biomatemáticas del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM es uno de los más jóvenes de dicha dependencia universitaria, ya que, aunque tiene antecedentes desde 1961, es hasta 1971 cuando obtiene su autonomía al separarse del Departamento de Fisiología.

Este departamento era conocido como Departamento de Biocibernética; el Dr. Negrete, fundador y actual Jefe del mismo nos señala que "después de deambular por la fisiología en busca de una ciencia médica, encontró que la biofísica era el campo que cubría sus aspiraciones", también nos dice que "fue en aquella etapa biofísica de 1959 cuando el director del reciente formado Centro de Cómputo, Don Sergio Beltrán... nos contaminó con su exuberante entusiasmo con la idea de que no solamente las matemáticas analíticas contribuían de una manera importante a la

biofísica sino también lo harían los métodos numéricos de la computación... Sin la orientación anterior no hubiéramos progresado más y de no haber ocurrido otro incidente: en el Centro de Cómputo Electrónico (CCE) conocimos a Don Alejandro Medina quien hizo cambiar nuestro amor por la biofísica por el de la cibernética que, tardíamente respecto al resto del mundo, se asomaba entonces a la atención de los mexicanos. Sergio nos ofreció contar con un departamento de biocibernética a manera de unidad periférica del Instituto de Investigaciones Biomédicas" (25).

A partir de este momento empieza a desarrollarse la investigación en este rubro dentro de el Instituto, lográndose avances importantes y ampliando el campo de estudio hacia la computación analógica, el procesamiento analógico de señales eléctricas y las funciones transferentes.

En 1961 apareció la PDP-8 (se trataba de programar el análisis de autocorrelación y correlación cruzada de trenes de pulsos provenientes del acocil mexicano de Xochimilco); en ese entonces estuvo en este departamento Yankelevich, Camarena, Ceceña, Solís-Cámara, Pérez, Rodríguez, Espinoza, Mercado, Flores y Mora.

Se intentó "hacer" modelos analógicos en los que se podía optar por incorporar funciones no analíticas al computo, además el ojo de caracol llamó la atención de estos investigadores debido a su extraña arquitectura óptica humanoide y trataron de investigar la diferencia entre éste y el ojo humano.

Con la llegada del Dr. Wolfgang Giloi, jefe del Departamento

de Computación del Instituto Hertz de Berlín se inició la identificación de patrones de "signos de epilepsia" en el electroencefalograma humano, la inteligencia artificial estuvo cerca en su forma más primitiva.

En 1967 se empezó a trabajar sobre el problema de estimulación de creatividad, en 1968 se creó el primer sistema experto.

En ese entonces la doctora Yankelevich decidió seguir una novedosa línea de investigación: la percepción social.

También se incorporó al departamento el doctor Eugenio Martínez Uriegas con su tema de álgebra de los procesos visuales y recientemente el doctor Francisco Alonso de la Florida con sus colaboradores y sus temas de Anafilaxia y Kindling.

Para 1969 en este departamento se buscó la asociación del diagnóstico médico automatizado y el procesado de imágenes fotográficas de interés médico.

Sobre el problema del diagnóstico médico automatizado se diseñó un programa de computación que permitió obtener un diagnóstico diferencial neurológico, el cual pudo ser utilizado por el neurólogo a manera de consulta. Este diagnóstico se realizó llenando un cuestionario de cerca de 300 síntomas y símbolos para cada caso, estos datos cifrados en tarjetas perforadas fueron alimentados a una computadora CDC-G20, la que en un segundo aproximadamente entrega un diagnóstico diferente para cada caso clínico.

Intimamente ligado al diagnóstico médico "se desarrolla en

todo el mundo una nueva actividad dentro de la medicina, la reclasificación de las enfermedades y el descubrimiento de nuevas entidades nosológicas por métodos computacionales de taxonomía numérica. Sobre esta línea de investigación, también trabajabamos en el proyecto de clasificar enfermos con cefalalgia (monosintomáticos), que creemos nos permitirá crear grupos de individuos asociados a terapéuticas efectivas" (26).

En lo referente al problema técnico de procesado, por computadoras de fotografías de interés médico, tenemos que este procesado tiene dos fases: la transcripción de las imágenes a números almacenados en la memoria de la computadora y el reconocimiento de formas de interés clínico en esa transcripción numérica.

Negrete dice que el ingreso no consciente de la inteligencia artificial debería de fecharse en el primer semestre de 1973, cuando Felipe Bracho publica las Comunicaciones Técnicas del CIMASS "A data structure for a diagnosis oriented informational system".

En 1974 Negrete publicó Un paciente difícil donde pretendió convencer a los médicos de la conveniencia del uso de las matemáticas en investigación de operaciones en la práctica médica, mediante las computadoras.

El Libro Juegos Ecológicos y Epidemiológicos (1976); aunque fincado en el uso de modelos matemáticos para la solución de problemas biológicos, fue ni más ni menos un intento orientado al uso creativo de la computación.

En el Departamento se busca la solución de problemas, prueba

de ello es el libro Análisis de sensibilidad en la producción biológica, editado por el Instituto de Investigaciones Biomédicas en 1981, en el que se refleja la preocupación del grupo por resolver problemas dentro de un encuadre típico de la investigación de operaciones. En 1982, la primera comunicación formal, ya en la inteligencia artificial se realizó en el taller internacional "On visuomotor coordination in frogs and toads: theory and experiments".

Y así el departamento de Biofísica y Biomatemáticas ha tenido un desarrollo a la par del Instituto de Investigaciones Biomédicas, logrando avances relevantes y madurando día con día en este campo tan nuevo y tan amplio. No solamente se han aportado nuevos conocimientos, sino que se ha creado escuela, ya que año con año ha aumentado considerablemente el número de estudiantes e investigadores participantes en él.

4.3 La biofísica y las biomatemáticas.

El hombre siempre ha tratado de relacionarse con la información que recibe al percibir el mundo que lo rodea, así como con los organismos vivos que en él se encuentran. Esta necesidad ha dado origen a la ciencia que es una de las formas de relación entre el hombre, la vida y su ambiente.

El surgimiento de la biología como la conocemos actualmente "no hubiera sido posible sin las valiosas aportaciones que los

biólogos hicieron, principalmente durante el siglo XIX, en cuanto a: clasificación, observación microscópica y estudios comparativos sobre la respiración, la visión y la actividad muscular y nerviosa" (27). También se dieron importantes descubrimientos en el campo de la bioquímica, los cuales mostraron la existencia de vínculos y relaciones entre muchos organismos, estableciéndose de esta manera la doctrina de la evolución orgánica y la unidad singular de los procesos de la vida.

La aplicación de conceptos químicos y físicos a la biología influyó en su contenido, se dió un nuevo carácter e importancia a la experimentación. Finalmente el desarrollo de la medicina y la agricultura llegó a un punto en el cual se requirió de una industria biológica, la cual a su vez demandó y promovió la experimentación en biología dando lugar al desarrollo de nuevas áreas de investigación encontrándose entre ellas la biofísica, la bioquímica y las biomatemáticas.

La biofísica.

Desde hace tiempo los científicos han estado interesados en aplicar conceptos físicos a problemas biológicos, de tal forma que el campo de la biofísica como tal no es nuevo, sin embargo es hasta épocas recientes que la biofísica ha surgido como una rama formal de la biología.

En la actualidad las fronteras existentes entre las diversas

ramas de la biología se vuelven cada vez más tenues y difíciles de definir.

Actualmente la descripción de un fenómeno biológico debe ajustarse a los conceptos e ideas de la física y de la química buscando un mayor entendimiento en la naturaleza. Una parte de la explicación de los procesos biológicos involucra a la química; una descripción completa de los problemas biológicos implica aspectos físicos, de tal manera que la biofísica no tiene características propias.

Los aspectos físicos de la realidad biológica se estudian utilizando el conocimiento de las leyes de la naturaleza. En un principio, el físico o el fisicoquímico intuye que estas leyes tendrían que ser suficientes para interpretar y explicar la biología, pero se enfrenta al problema de que dichas leyes son sólo aplicables a sistemas biológicos claramente definidos y aptos para la interpretación humana. De tal forma que el primer problema que se plantea al biofísico es describir algunos sistemas biológicos importantes suficientemente claros y sencillos para poder explicar las leyes físicas. Por lo tanto la actividad del biofísico dependerá de otras disciplinas tales como la bioquímica.

Dar una definición al término biofísica puede ser sumamente difícil, ya que no existe una definición completamente clara aún para los biofísicos.

Darszon (28) conceptualiza la biofísica como la rama de la biología que analiza los problemas biológicos con un enfoque conceptual físico.

Hill (29) dice que el término biofísica es de uso común hoy en día, pero que no tiene una definición clara; él dice que la palabra bio viene en función y estructura de especulaciones e investigaciones para ideas y métodos físicos, también afirma que la palabra definición implica límites y esto no es conveniente en el área de la biofísica.

El Diccionario Collins la define como los procesos físicos y biológicos a las aplicaciones y métodos usados en física y biología (30).

La biofísica tiene una naturaleza interdisciplinaria, se ha dicho que es probable que en cualquier área la biología puede ser objeto de investigación en biofísica; pero por el contrario si existe la necesidad de aplicar la física a un problema no necesariamente biológico también llega a ser biofísica.

La biofísica tiene su origen en una época anterior a la división de las ciencias naturales, en la cual los científicos tenían una diversidad de áreas de interés. Se puede considerar a la bioluminiscencia como uno de los primeros objetos de estudio de la biofísica. "En el siglo XVII un sacerdote jesuita alemán, Athanasius Kircher, dedicó dos capítulos de su libro Ars Magna Lucis et Umbrae a la investigación de la luminiscencia animal" (31).

Se considera a Julius Robert Mayer uno de los primeros biofísicos, estudió medicina; ejerciendo su profesión notó que la sangre de un hombre de trópico era de un rojo más brillante que la que había observado en climas templados. A partir de esta

observación empezó a especular acerca de las relaciones entre calor, trabajo y procesos biológicos. Descubrió que el metabolismo biológico sufría transformaciones de energía y materia en los cuales estaba involucrado algún trabajo mecánico.

Meyer fue el primero en pensar que en la biología se debía cumplir la conservación de la energía. Herman Ludwing Ferdinand von Helmholtz contribuyó a profundizar el conocimiento tanto de la física como de la biología; estudió la contracción muscular, midió la velocidad del impulso nervioso, participó en la comprobación de la ley de conservación de la energía y en la evolución de los conocimientos sobre el oído.

John Tyndall analizó la dispersión de la luz en medios que contenían pequeñas partículas suspendidas. Tyndall pensó que la biología era un campo apropiado para conducir estudios físicos y fue el primer físico en hacer contribuciones serias a la microbiología.

En 1856 Adolph Fick publicó Die Medizinische Physik, el cual se considera, que tal vez sea, el primer texto de biofísica.

Desde fines del siglo XIX hasta alrededor de 1930 "la biofísica permaneció en reposo, quizá debido a los avances vertiginosos que tuvieron lugar en la biofísica, y que atrajeron la atención de notables biofísicos como Helmholtz. Durante este período la bioquímica tuvo un avance paralelo similar que la afirmó como una ciencia con capacidad para examinar algunos de los problemas fundamentales de la biología, de modo que mientras la física atómica y la mecánica cuántica surgían por un lado, y la

bioquímica de las hormonas, enzimas y vitaminas se desarrollaba por el otro, la biofísica estuvo abandonada" (32).

Esta recesión terminó cuando A. V. Hill inició estudios acerca de los efectos térmicos y otras formas de energía sobre los músculos. También en 1930 Gates empezó una serie de estudios sobre los espectros de acción biológicos. Hecht estuvo involucrado en la biofísica de la sensibilidad del ojo y Loofbourow y Holiday empezaron a analizar los espectros de absorción de algunas moléculas biológicas recientemente aisladas.

Los biofísicos se desarrollan en una infinidad de áreas, su campo de acción es amplísimo, trabajan en la estructura de las biomoléculas, en los mecanismos que regulan la transmisión del impulso nervioso, en los referentes a la membrana biológica, etc.

La implementación de nuevos enfoques para abordar la naturaleza ha dependido, en muchas instancias, del desarrollo y perfeccionamiento de los instrumentos de observación. En los últimos años el enfoque biofísico se ha valido, entre otros, de los adelantos en electrónica y computación para incrementar notablemente nuestra capacidad para observar y entender la realidad biológica.

Clasificación de la Biofísica.

Existen varias clasificaciones de la biofísica entre ellas damos a continuación la de la Unión Internacional de Biofísica

pura y aplicada:

- Biofísica de células y membranas.
- Biofísica subcelular y macromolecular.
- Comunicación y control celular.
- Biofísica de radiaciones y medio ambiente.

Aunque esta clasificación es representativa de las mayores corrientes dentro de la biofísica, no es la única; para muchos investigadores es más adecuado poner énfasis en los diversos grados de organización de los sistemas.

Hay tres posibles niveles de organización son los siguientes:

- Biofísica molecular: que estudia las estructuras y propiedades de sustancias biológicamente funcionales.
- Biofísica de la célula: que trata los sistemas supramoleculares, celulares y subcelulares.
- Biofísica de sistemas complicados: que se ocupa principalmente de modelos fisicomatemáticos de los procesos celulares, en sistemas fisiológicos de organismos, en poblaciones y en la biosfera en su conjunto.

Las biomatemáticas.

Para adentrarnos en el mundo de las biomatemáticas podemos hacernos la siguiente pregunta:

¿QUE PRODUCEN LOS BIONATEMATICOS?

- a) Los biomatemáticos escriben en revistas que ostentan títulos más o menos cercanos a la palabra que denota esta ciencia: Journal of Mathematics and Physics, Journal of Mathematical Analysis and Applications, Journal of Mathematical Psychology, etc.
- b) Producen monografías o libros que ostentan títulos tales como Network-Models in Population Biology, Biomathematics and Cell Kinetics, Mathematical Biosconomics, The Mathematical Theory of Infectious Diseases, The Mathematics of Heredity, Juegos ecológicos y epidemiológicos, etc.
- c) Generan trabajos simultáneamente básicos para las matemáticas y las biomatemáticas como Structural Stability & Morphogenesis.
- d) Escriben libros básicos de biología como Mathematical Ecology.
- e) Escriben libros básicos de matemáticas: On Growth and Form, o para las biomatemáticas: La biosfera: entre la termodinámica y el juego.

En los últimos años ha aumentado en forma considerable el número de científicos que dedican sus esfuerzos al estudio de problemas biológicos, haciendo un gran uso de las matemáticas y creando de esta forma, dentro de las ciencias biológicas, una disciplina que juega un papel importante en las ciencias físicas.

Los métodos que se utilizan en esta nueva tendencia son "similares a los empleados en la física: con base en el conocimiento experimental acerca de algún sistema de importancia, se abstraen algunos conceptos que pueden ser representados matemáticamente, y luego, tomando en cuenta siempre los experimentos, se hacen hipótesis acerca de las relaciones entre estos conceptos. Esto permite utilizar toda la potencia deductiva de las matemáticas para estudiar las implicaciones de las definiciones e hipótesis que hicimos, lo cual conduce a su vez a conclusiones o relaciones biológicas que puedan ser estudiadas experimentalmente" (33).

La biomatemática es una rama de la biología difícil de definir ya que no tiene un objeto de estudio propio. Al respecto Negrete (34) nos dice que "... la biomatemática no es una ciencia biológica que tiene un objeto de estudio propio, aunque quizá sí una metodología propia. La metodología en cuestión no está en el uso de las matemáticas en la biología porque esto calificaría de biomatemático todo trabajo biológico en el que se usa la estadística, por ejemplo. La verdadera esencia está en nuestro concepto, en sus procedimientos peculiares de representación del mundo biológico: como un mundo físico, complejamente estructurado,

dentro de una filosofía formalizante y mecanicista. En este último sentido implica la aspiración teórica de mostrar que algunos fenómenos calificados como "de los seres vivos" se pueden predecir en términos "no inteligentes y vivos". Comparte sin embargo con la bioingeniería el espíritu de acción; también pretende resolver problemas que permitan la supervivencia del hombre; pretende por ejemplo, resolver la economía de los cultivos; mejorar el diagnóstico y la terapéutica médica; y en ocasiones aún pretende preservar el ecosistema del hombre".

Como puede observarse existen diferentes puntos de vista en la definición de las biomatemáticas, más, sin embargo, los investigadores coinciden en que la estadística les es necesaria a los biólogos porque no hay dos organismos idénticos.

Las matemáticas siempre han sido un elemento importante de la física, por lo tanto las aplicaciones y el uso de métodos físicos en biología incluyen directamente a las matemáticas. Estas tienen un lenguaje de conceptualización que permiten resolver diferentes paradigmas dentro de la biología (35).

Las matemáticas existen desde el inicio de la humanidad, han intervenido directamente en el desarrollo de ésta y han evolucionado junto con ella pasando de la simple aritmética a la geometría y a la mecánica. Al declinar la cultura griega las matemáticas son tomadas por los hindúes y los árabes, los cuales manejaron el álgebra y descubrieron diversos tipos de ecuaciones. En la alta Edad Media se resumieron los conocimientos obtenidos en matemáticas a lo largo de la historia. En tiempos medievales se

desarrollan las ciencias físicas y químicas, esto da lugar al surgimiento de nuevas necesidades en ellas, también tiene lugar el descubrimiento de las ecuaciones diferenciales realizadas por Leibnitz y Newton.

Más recientemente las matemáticas se han expandido en otras direcciones, entre ellas se encuentra la biología, la cual ha requerido de ciertas técnicas que la diferencien de la física y la química (36).

Cualquier intento "de aplicar las matemáticas al mundo real comprende tres etapas. Supongamos, por ejemplo, que deseamos utilizar las matemáticas para estudiar el comportamiento de un peso suspendido de un resorte. En primer lugar utilizamos lo que sabemos de la mecánica y los resortes para escribir una ecuación, usualmente una ecuación diferencial, que describa el comportamiento del peso; en este caso la ecuación apropiada es $d^2x/dt^2 + kx = 0$. Entonces, nos olvidamos temporalmente del mundo real, y utilizamos el razonamiento matemático puro para resolver esta ecuación; en este caso, encontramos que $x = a \sin \sqrt{k}t$. Por último, volvemos al mundo real e interpretamos esta solución que significa que el peso oscilará armónicamente con el periodo $2\pi/\sqrt{k}$.

En biología la etapa difícil es la primera. Para empezar, rara vez sabemos lo suficiente respecto a las leyes que gobiernan las partes componentes de los sistemas biológicos para estar en condiciones de escribir la ecuación apropiada, con un mínimo de confianza. Si puede escribirse una ecuación es usualmente posible

encontrar un matemático que la resuelva, y si esto es imposible, las soluciones podrá encontrarlas una computadora" (37).

Los biomatemáticos se desenvuelven en diferentes tipos de trabajos, he aquí algunos de ellos:

- Una representación formal del conocimiento biológico: en ésta la primera aproximación a un pensamiento matemático es la formalización. Las relaciones biológicas conocidas bajo los nombres de parasitismo, comensalismo, simbiosis y otras; pueden ser objeto de una representación simbólica que conduzca a proposiciones predictivas, esto es lo que conocemos por formalización.
- Hacia una teoría del cultivo: formalización matemática de una biorelación: es una teoría simple en la cual se podría enunciar que un cultivo es un sistema ecológico artificial donde la producción biológica se realiza en condiciones manipulables y como un bien capital.
- La ingeniería de razonamiento emanada en la relación hombre-computadora: una predicción no inteligente y no viva, aquí se busca mostrar el espíritu predictivo de las biomatemáticas en términos "no inteligentes" y "no vivos" de la ingeniería del razonamiento. La ingeniería del razonamiento surge como una necesidad de la relación hombre-computadora.

REFERENCIAS

- 1.- XL Aniversario Instituto de Investigaciones Biomédicas. -- México: UNAM, 1981. -- p. 9.
- 2.- Ibid.
- 3.- Boletín del Instituto de Estudios Médicos y Biológicos. -- p. 12. -- Vol. 3, No. 1 (1945).
- 4.- Ibid. p. 2.
- 5.- Instituto de Estudios Médicos y Biológicos. -- México: UNAM (1967). -- 20 p.
- 6.- (1) Op cit. p. 10.
- 7.- (1) Op cit. p. 11.
- 8.- Instituto de Estudios Médicos y Biológicos: informe julio 1965-diciembre 1966. -- México: UNAM, 1967. -- p. 2.
- 9.- Instituto de Estudios Médicos y Biológicos: informe enero-diciembre 1967. -- México: UNAM, 1968. -- p. 1.
- 10.- (8) Op cit. p. 8.
- 11.- (8) Op cit. p. 2.
- 12.- (8) Op cit. p. 3.
- 13.- (9) Op cit. p. 11.

- 14.- (8) Op cit. p. 2.
- 15.- Instituto de Investigaciones Biomédicas: informe enero-diciembre 1968. -- México: UNAM, 1969. -- p. 7-8.
- 16.- (1) Op cit. p. 15-16.
- 17.- ESTRADA, A.; GUZMAN FLORES, C.; ALCARAZ, M. "La primatología: un nuevo campo de la antropología física en México: El Centro de Primates San Andrés Totoltepec, México, D.F.". -- p. 27-32. -- Boletín INAH. -- Vol. 19, época 2 (1976).
- 18.- (1) Op cit. p. 15.
- 19.- Ibid.
- 20.- Instituto de Investigaciones Biomédicas: actividades 80. -- México: UNAM, 1981. -- p. 3.
- 21.- Instituto de Investigaciones Biomédicas: 1982. -- México: UNAM, 1983. -- p. 55.
- 22.- Instituto de Investigaciones Biomédicas: informe 1985. -- México: UNAM, 1986. -- p. 107.
- 23.- "Proyecto de creación del Centro de Neurobiología 1989". -- México: Instituto de Investigaciones Biomédicas, 1989. -- p. 17.
- 24.- Instituto de Investigaciones Biomédicas: 1987. -- México: UNAM (1988). -- p. 91-93.
- 25.- Memorias del Congreso Conmemorativo del Jubileo del IIB de la UNAM: 1941-1991. -- México: UNAM, 1993. -- p. 73.

- 26.- Ibid. p. 77.
- 27.- DARSZON, A. "Biofísica". -- p. 45. -- En La biología contemporánea. -- México: UNAM, 1983.
- 28.- Ibid. p. 47.
- 29.- Hill, A.V. "Why Biophysics?". -- p. 1233. -- Science. -- Vol. 124, no. 3234 (1956).
- 30.- GRIGERA, J.R. "Tendencias actuales de la biofísica y su perspectiva en los países de desarrollo". -- p. 29. -- Ciencia Interamericana. -- Vol. 27. no. 1-2 (1986).
- 31.- (27) Op. cit. p. 48.
- 32.- Ibid. p. 51.
- 33.- PEREZ PASCUAL, R. "La biofísica teórica". -- p. 119. -- Naturaleza. -- Vol. 5, no. 3 (1974).
- 34.- NEGRETE MARTINEZ, J. "Biomatemáticas". -- p. 68. -- En La Biología contemporánea. -- México: UNAM, 1983.
- 35.- SMITH CEDRIC, A. Biomathematics: the principales of mathematics for students of biological and general science. -- London: Charles Griffin, 1969. -- p. 2.
- 36.- ROSEN, R. Foundations of mathematical biology. -- New York: Academic Press, 1972.
- 37.- SMITH, J.M. Ideas matemáticas en biología. -- México: Continental, 1977. -- p. 10.

5 BIBLIOMETRIA

5.1 Historia.

El término bibliometría aparece impreso por primera vez en 1969 en un artículo de Alan Pritchard (1) llamado "Statistical bibliography or bibliometrics?" en la edición de diciembre del Journal of Documentation. En él hace la reflexión de que la expresión "bibliografía estadística" debe ser remplazada por un término más propio ya que éste es inadecuado y no muy descriptivo, pues puede ser confundido con la estadística misma, o bibliografías sobre estadísticas.

Como resultado de una sugerencia de Kendall (2), Pritchard propone que la palabra bibliometría sea empleada en la aplicación de métodos estadísticos y matemáticos para libros y otros medios de comunicación y que ésta sea el sustituto de "bibliografía estadística". Define a la bibliometría como el tratamiento cuantitativo de las propiedades y comportamiento de la información registrada, esto es, la bibliometría cuantifica los procesos de la comunicación escrita.

En el mismo fascículo del Journal of Documentation Fairthorne (3) en su artículo clásico "Empirical hyperbolic distribution for bibliometric description and prediction" usa la palabra

bibliometría y reconoce a Alan Pritchard como el creador de este término.

La elaboración de estudios bibliométricos se remonta a 1917 en que Cole y Eales (4) examinaron 6,436 publicaciones de anatomía comparada cubriendo el período de 1550 a 1860. A este estudio le siguieron otros como el realizado en 1923 por Hulme. Fue de estudio comparativo entre países en vías de desarrollo y su capacidad de producción, basado en revistas localizadas en el International Catalog of Scientific Literature comprendiendo los años de 1901 a 1913. En este estudio se utilizó por primera vez la expresión "bibliografía estadística".

Los primeros estudios bibliométricos fueron los realizados por Cole y Eales, Wyndham Hulme y Lotka; estos ya incluían las variables del autor, título de revista, año de publicación, forma de publicación ya sea artículo de revista, libros, etc. (5).

En secuencia cronológica, el tercer estudio bibliométrico lo realizaron Gross y Gross (6); ellos contaron y analizaron las citas aparecidas en artículos de revistas de química, ordenándolas por rangos de acuerdo con el número de citas recibidas; hicieron una lista de revistas que consideraron indispensables en la educación química. Este es el primer estudio basado en la cuantificación y análisis de citas.

En la revista Anné Sociologique de 1952, Zoltowski analizó la bibliografía nacional de Francia, desde 1801. El estudio se tituló "Les cycles de la création intellectuelle et artistique" a través de la investigación estadística así, se adelanta a la

bibliometría cualitativa.

Por otro lado, el término bibliometría ha sido ambiguo, pues también se le llama econometría, informetría, cienciaetría, entre otros; aunque sabemos que el último término no es empleado hoy en día, pues este sólo abarca el área estrictamente científica y deja fuera a las humanidades.

Son varias las definiciones que le han dado a la bibliometría, sin embargo, entre las más reconocidas se encuentran las siguientes:

Pritchard (7) define a la bibliometría como: la aplicación de los métodos matemáticos y estadísticos dando claridad a los procesos de comunicación escrita y a la naturaleza en curso de un desarrollo dentro de una disciplina.

King (8) dice que es la medición de las publicaciones científicas, proporcionando una gran variedad de indicadores que pueden ser combinados para dar un panorama de la situación de la investigación.

Garfield (9) por su parte, como la "cuantificación de la información bibliográfica para la elaboración de un análisis".

Licea (10), como "cuantificación de los datos bibliográficos".

Como se puede observar King es el único autor que habla sobre publicaciones científicas, pero debemos tomar en cuenta que la bibliometría no es específica en el área científica, pues se pueden realizar estudios bibliométricos en cualquier área del conocimiento.

5.2 Características.

La bibliometría cuantifica la producción bibliográfica en todos sus niveles, ésto es, a nivel individual, grupal, departamental, institucional, nacional e internacional; por lo tanto, los indicadores bibliométricos pueden ser:

- Número total de publicaciones de un investigador, grupo, departamento o institución, entre otros.
- Area en la que más se produce.
- Idioma en el que más se publica.
- Años más productivos.
- Revistas en las que más se publica (domésticas o foráneas).
- Publicaciones individuales y/o colectivas.
- Número de referencias que utilizan los investigadores en sus trabajos (como lecturas recomendadas, o como apoyo total para la elaboración de sus trabajos).
- Edad de la literatura citada en los trabajos de investigación.
- Número de citas, autocitas y citas en común.
- Tipo de documento en que más se publica (revista, libro, congreso, etc.)
- Investigadores que más publican de acuerdo con su sexo

Por medio de la bibliometría se valora la documentación bibliográfica sobre cualquier tema a partir de lo siguiente:

- El análisis del tamaño, crecimiento y distribución de la bibliografía sobre el mismo.
- El estudio de la estructura y dinámica social del grupo o grupos que producen o utilizan" (11).

La bibliometría usa en sus investigaciones una metodología específica, científica y matemática empleando también métodos estadísticos. Los estudios bibliométricos se agrupan en las siguientes categorías:

- 1) Descriptivos o cuantitativos.
- 2) Evaluativos o cualitativos.

Los primeros describen las características de la literatura utilizada por los investigadores, así como las peculiaridades de las referencias citadas por los autores en sus investigaciones.

Los segundos examinan la cantidad de información producida en una región, período o áreas del conocimiento, valiéndose de las relaciones formadas entre los componentes bibliográficos de la literatura. Ejemplos de ellos son: la evaluación de calidad de producción científica empleando el factor de impacto en las citas como uno de los criterios de evaluación; los estudios de citas en común, palabras en común, enlaces bibliográficos, entre otros.

5.3 Leyes bibliométricas.

La bibliometría esta conformada por varias leyes que se han ido proponiendo para explicar los fenómenos observados en el estudio de la literatura científica; entre las más utilizadas se encuentran las siguientes:

1) Ley de Bradford.

El químico y documentalista inglés Samuel Clement Bradford en 1934 formuló por primera vez su ley pero no recibió la debida atención hasta que se publica su libro Documentatation en el que hizo el índice de una amplia bibliografía del área de geofísica enlistando las revistas en orden decreciente de productividad distinguiendo tres zonas: en la primera agrupó un pequeño número de revistas altamente productivas; en la segunda reunió un gran número de revistas moderadamente productivas; y en la tercera congregó un mayor número de revistas de baja productividad, a éstas se les conoce como revistas periféricas. De acuerdo a lo anterior, la primera zona corresponde a la constante n , la segunda zona corresponde a n^2 .

Por lo tanto la fórmula de Bradford es:

$$1:n.n^2$$

Con el tiempo algunos investigadores han intentado refinar la ley de Bradford y la formulación más acertada ha sido la desarrollada por Brookes (12) quien expresa que la distribución de Bradford ha ganado amplia aceptación, sin embargo, propone otra fórmula que contiene una variable con la cual describe la curva de Bradford. Su variable es constante en cuanto a la colección de revistas, pero el valor numérico varía de bibliografía a bibliografía:

$$R(n) = k \log n$$

donde

$R(n)$ es el total acumulativo de artículos relevantes tomados de las primeras (n) revistas y (k) es la constante de la variable por campo o tema.

Validez.

La ley de Bradford es algunas veces llamada ley de dispersión, porque muestra cuantos artículos en un campo están dispersos a lo largo de una colección de revistas.

Aplicación.

La ley de Bradford ha encontrado importantes aplicaciones, dando lugar a un elevado número de trabajos y en los últimos

años Garfield ha tratado incluso de generalizarla, agrupando las revistas en función a las citas que reciben, y afirmando que la combinación de la bibliografía en las distintas disciplinas y especialidades permite obtener un núcleo multidisciplinario para la totalidad de la ciencia. Debe también llamar la atención sobre el empleo de la ley de Bradford tratando de aplicarla a distribuciones de todo género, donde, en muchos casos, no se cumple.

2) Ley de Lotka.

En 1926 Alfred J. Lotka publicó un artículo en el que analizó la productividad de autores en el área de la química y la física utilizando el Chemical Abstracts de 1907 a 1916. Se fundamentó en el número de autores que publicaron en una disciplina, demostrando que independientemente del área considerada, siempre que se tome una bibliografía lo suficientemente amplia en volumen y tiempo, se distinguen tres sectores en donde hay 1000 científicos que producen 100 documentos en su vida, 100 científicos que producen 10 documentos y 1 científico que produce 100 documentos.

Por lo tanto, su fórmula es:

$$f(n) = \frac{A}{n^2}$$

donde

$f(n)$ constituye el número de autores que realizan n número de trabajos (dentro de un determinado período) y A representa una constante.

Sin embargo, Gupta consideró una variable más:

$$f(n) = \frac{Ax}{n}$$

donde x representa al número de autores que contribuyen en un solo trabajo.

Esta se ha encontrado en numerosas aplicaciones, pero debe advertirse que la productividad de los científicos no tiene porque coincidir necesariamente con la calidad de sus trabajos. Price (13) defiende, entre otros, la existencia de una fuerte correlación entre ambos parámetros. Conviene por ello referirse, más que a la productividad de un autor, al "impacto que suele obtenerse mediante el recuento de las citas que cada autor produce en la bibliografía posterior".

Validez.

Se considera como indicador de la productividad de un autor.

Aplicación.

Puede usarse para saber con qué frecuencia publica un autor

y la relevancia de sus trabajos.

3) Ley de Zipf.

En 1935 Georges Kingsley Zipf, después de estudiar la ocurrencia de palabras en varios textos, formuló lo que se ha venido conociendo como la ley de Zipf que dice: si se toma cualquier longitud, y se enlista la ocurrencia de palabras del texto por orden decreciente de frecuencia, y el rango de una palabra que aparece en la lista se multiplica por esta frecuencia, esto es igual a una constante. La ecuación de esta relación es:

$$rxf=k$$

donde

r es el rango de la palabra,

f es la frecuencia,

k es la constante.

Zipf se interesó en otras ocurrencias de estas relaciones rango-frecuencia, y citó otras que manifestaron patrones similares incluyendo a Lotka.

Validez.

Como las leyes de Lotka y Bradford pocos estudios subsecuentes de la ley de Zipf muestran que no existe un ajuste idóneo entre los datos observados y los modelos teóricos. El ajuste ideal para estas leyes es relativamente fuerte en los rangos medios y débil para los extremos (bajo y alto).

Aplicación.

En general, la aplicación de esta ley es práctica para la documentación.

Se puede resaltar que existen ciertas similitudes entre estas tres leyes pues están basadas en el rango-frecuencia y muestran las relaciones inversas entre éstos. Varios investigadores han sugerido que la ley de Zipf y Bradford son actualmente, las mismas distribuciones aplicadas en diferentes fenómenos.

Brookstein (14) agregó la ley de Lotka a este grupo, pues sugirió que la diferencia, entre ésta y las otras, es que Bradford y Zipf enfatizan en el alto rango de entidades, las revistas que contribuyen con más artículos y las palabras que ocurren más frecuentemente; anteriormente Lotka comenzó con los autores que producían un sólo artículo. Brookstein puntualizó que las tres leyes están relacionadas con las distribuciones estadísticas más generales y que han observado el campo externo de la bibliometría.

5.4 Índice de citas.

Un índice de citas es "una publicación secundaria que tiene como función principal facilitar el acceso a un documento" (15). Existen varios tipos de índices, y entre los más utilizados están los siguientes:

- Índices de palabras.
- Índices de autores.
- Índices de citas.

Tanto los índices de palabras como los de autores son listas ordenadas por ambos conceptos y por demás obvios, en cambio, los índices de citas son menos conocidos y en cierta forma difieren de los mencionados.

El índice de citas organiza el contenido de una colección de documentos y está basado en el concepto de que "las referencias bibliográficas de un autor a información previamente publicadas, identifica la mayor parte del trabajo que es pertinente al tema del documento actual" (16). A estas fuentes es común llamarles citas bibliográficas.

Durante la década de los cincuenta, en estudios realizados por investigadores norteamericanos se descubrió que las referencias son una fuente de información poderosa, ya que éstas arrojan una gran cantidad de datos en el título del artículo, la revista en que aparece y en los autores.

Desde 1973 los índices de citas fueron consultados con el fin de relacionar la información anterior con la que se estaba produciendo.

El primer índice de citas como tal fue el Shepard's Citation creado por Frank Shepard (17); él diseñó una lista en la que indicó los casos legales individuales americanos, cada uno viene seguido de la historia completa escrita en un código, se da un registro de las publicaciones a que se hace referencia en el caso, decisiones cortas, y otros aspectos que un abogado puede evaluar.

Como consecuencia de las ventajas que ofrecía este índice en la disciplina legal comenzó a generarse la idea de aplicarlo al campo científico.

En 1952 el Dr. Chauncey Leake (18) presidente del Committee of Consultants for the Studies of Indexes to Medical Literature, inicia la supervisión del Johns Hopkins Welch Medical Library Indexing Project, patrocinado por la Armed Forces Medical Library; dicho proyecto tuvo como objetivo organizar el material de esa biblioteca. Dentro del grupo de investigadores destacaron los comentarios del Dr. Eugene Garfield, quien analizó los artículos aparecidos en las revistas, observó que se apoyaban en trabajos anteriormente realizados, y sobre todo que en las citas de éstos se encontraba una gran cantidad de información, así como que cada artículo se apoyó en trabajos previamente publicados. Por lo tanto, un artículo de revistas podría considerarse como una serie de datos indizados (19).

En 1953 William C. Adair, miembro de la compañía productora

del Shepard's Citation, publicó un artículo en el que sugirió al Welch Project que su compañía consideraba el método empleado por ellos, como una posible técnica de indización (20).

Después de revisar el Shepard's Citation, Garfield consideró que las citas que aparecen en las referencias bibliográficas de los artículos podrían formar parte de un índice a la literatura científica, pero no fue sino hasta 1958 cuando la comunidad científica comenzó a manifestar su interés en las ideas de Garfield. En ese mismo año, el profesor Joshua Lederberg de la Universidad de Stanford le recomendó a Garfield que solicite apoyo económico al gobierno para realizar su proyecto, ya que por falta de recursos Garfield no podía echar a andar su plan.

En 1960 Garfield formalizó la organización de lo que sería el Institute for Scientific Information (ISI) siendo su fundador y presidente al mismo tiempo.

Posteriormente, el ISI se convirtió en una empresa comercial de servicios de información a nivel mundial, aunque inicialmente estaba planeado sólo a nivel nacional.

Junto con los National Institutes of Health iniciaron, en 1961, un programa para elaborar un índice en el campo de genética. Dicho programa se realizó para hacer algunas consideraciones generales acerca de los índices de citas:

1.- ¿Debería ser un sólo índice para toda la ciencia y tecnología, o varios en general, o muchos y limitados, o cada uno enfocado a una sola disciplina?

2.- ¿En que forma es posible ordenar un índice de citas, por autor, revista, título, etc., y qué forma sería lo mejor para cada situación dada?

3.- ¿Deberían los libros y reportes técnicos ser incluidos y en qué grado? (21).

En este índice se incluyeron temas multidisciplinarios con el fin de extraer de ellos lo que sería el índice sobre genética. El trabajo se preparó con el material publicado en 613 revistas y se reunieron 1.4 millares de citas multidisciplinarias de donde se seleccionaron 266,000 citas correspondientes al área de genética.

A partir de este índice se han elaborado otros como pruebas piloto; aunque no son tan amplios en cuanto a la información que incluyen, resuelven en cierta forma el problema de localización de información.

Entre éstos se encuentran algunos que proporcionan material publicado en una revista en particular; tal es el caso del Journal of the American Statistical Association, el cual es un índice acumulativo del volumen 35 al 50; su elaboración fue auspiciada por la Ford Foundation y editado en 1959. Este tiene la característica de que aparecen tanto los trabajos citados como los que citan y que fueron publicados en la mencionada revista.

Otro ejemplo es el Annals of Mathematical Statistics. El índice de citas abarcó los volúmenes del 1 al 31 y se publicó en 1962. El índice consta de una lista de artículos que se publicaron en la revista; ésta ordenada por autor y muestra referencias,

resúmenes, y artículos que citan al artículo original.

El Bibliography of Non-parametric Statistics se publicó una sola vez en 1962; muestra qué documentos en las bibliografías citan a la revista.

Dentro de éste mismo bloque de índices de citas sobre algún título de revista se encuentra el Journal of Histochemistry and Cytochemistry; desde 1966 cada edición contuvo una lista ordenada por autor, y para cada artículo publicado previamente en la revista, dónde y quién ha citado algún artículo durante el mes anterior de unas 2,200 revistas.

El Citation Index for Statistics and Probability es un ejemplo que abarca más de un título de revista, sobre un área determinada. El Dr. J.W. Tukey de la Universidad de Princeton y la National Science Foundation en 1961 prepararon este índice. La cobertura fue la relacionada con la estadística teórica y metodológica. Al inicio del proyecto sólo se abarcaron 50 revistas, después se integraron 75 más; y finalmente 150 revistas fueron las contempladas para su indización.

En 1968 la Shepard's Citation Co. elabora el Shepard's Law Review Citations. Esta publicación indizó 117 revisiones y revistas sobre leyes, con el fin de dar a conocer los artículos que fueron escritos en 1947 y que han sido citados en las revistas de 1957.

Posteriormente Ben-Ami Lipetz utilizó cuatro de ocho revistas soviéticas sobre física publicadas en inglés por el American Institute of Physics. De todas las citas detectadas, sólo se

incluyeron a las que fueron excesivamente utilizadas en dos revistas americanas de física. Se pretendía comparar la frecuencia con que usan las revistas soviéticas contra las revistas americanas.

Los índices de citas pueden ser utilizados para pruebas como el caso anterior, y también para conectar a los usuarios a una base de datos. Este proyecto fue realizado por la Technical Information Project (TIP) del Massachusetts Institute of Technology; para el proyecto se utilizó una computadora conectada a consolas y cables de teléfono a control remoto. La base de datos consistía en recuperar bibliografías completas de artículos recientes de 25 revistas sobre física. Por medio de programas especiales los usuarios podían obtener índices de citas de todos los artículos o bien artículos de un sólo volumen de las revistas cubiertas (22).

En general, los índices de citas permiten el acceso a cualquier documento sobre temas específicos, y son una herramienta bibliográfica de gran utilidad para investigadores, documentalistas y bibliotecólogos, entre otros.

Como desventajas se habla de los errores u omisiones por parte de los autores para indicar una referencia, ésto cambia completamente un documento y en algunas ocasiones puede perderse; también se presenta a lo que se conoce como la autocita o citar por compañerismo y que en cierta forma influye en la credibilidad de los índices.

5.5 El Science Citation Index.

El Science Citation Index (SCI) surgió en 1963 tomando como base los lineamientos seguidos en la elaboración del Shepard's Citation. (23) En su primera edición abarcó disciplinas como la biología, medicina, química, física, ingeniería, agricultura, tecnología, ciencias sociales y comportamiento humano de aproximadamente 2,200 revistas.

Asimismo, se determinó incluir sin restricción todas las referencias enlistadas en artículos originales, editoriales, cartas al editor, reportes de congresos y notas (24).

Para 1975 el SCI reunió un total de 5,446,889 citas, tomadas de 2,540 publicaciones, lo que dió una idea clara del acelerado crecimiento de esta herencia bibliográfica.

En 1990 el SCI ya tenía una cobertura de 7,000 revistas científicas (25) de las más de setenta mil que existen en el mundo.

Sin embargo, se considera que el SCI es altamente selectivo en la medida en que sólo incluyen las revistas científicas más utilizadas del mundo, ésto es, las que publican los artículos citados con más frecuencia; (26) dejando de lado algunas revistas científicas de países en vías de desarrollo.

El SCI está conformado por el Citation Index, el Source Index, el Permuterm Index y como suplemento el Journal Citation Reports.

En el Citation Index se encuentran ordenados alfabéticamente los nombres de los primeros autores citados. Dentro de cada autor citado, las citas se arreglan cronológicamente. Este orden permite

localizar rápidamente los artículos citados del autor, los años en que fueron publicados y el número de citas de cada uno, además de las citas totales que ha tenido durante un determinado año.

El Source Index está ordenado alfabéticamente por los nombres de los autores que han publicado algún artículo en las revistas que cubre el índice durante el año; menciona, también, el título de artículo y la revista donde se publicó (27).

El Permuterm Index, el nombre de este índice es una combinación de "permutación" y "term", en éste se pueden relacionar dos palabras significativas tomadas de los títulos de los artículos incluidos en el Source Index, formando así, el mayor número posible de pares; es decir relacionándolos. Aquí se puede mencionar al Kwic y Kwoc, los cuales emplean la misma estructura, ya que el Kwic utiliza las palabras clave que se hallan en el título y dentro del texto y, los Kwoc incluyen palabras que no figuran en el texto.

Finalmente el Journal Citation Reports (JCR) es un índice de revistas basado en un grupo de citas indizadas utilizando la revista como la clave de acceso. El primer JCR apareció en 1979 con un análisis de 1969 referencias. Se usa para conocer el impacto que tiene una revista determinada a nivel mundial (28).

Por otro lado, en 1973 se inició la publicación del Social Science Citation Index, el cual está especializado en ciencias sociales y humanidades; comprende disciplinas como: arqueología, antropología, administración, contaduría, comunicación, criminología, salud pública, demografía, economía, educación,

geografía, historia, bibliotecología, ciencias de la información, leyes, lingüística, mercadotecnia, filosofía, ciencias políticas, sociología y estadística, entre otros.

Existen otros índices que cubren otras áreas del conocimiento, por ejemplo, el Index to Scientific & Technical Proceedings, Arts and Humanities Index. Sin embargo, el que hoy nos ocupa es el SCI.

5.6 Análisis de citas.

Las dos guerras mundiales marcaron la pauta para desarrollar la ciencia y la tecnología; aunque al principio el objetivo principal se enfocó a la guerra armamentista, poco a poco se definió en una forma paralela de investigación dirigida a otras áreas.

En consecuencia, comenzó a palpase un aumento considerable de información científica en todas las áreas, de tal manera que a los científicos les era imposible conocer qué temas se estaban trabajando en otras instituciones.

En los países desarrollados se inicia la "explosión" del conocimiento científico a partir de la segunda guerra mundial, debido al incremento de gastos de inversión dedicados a la investigación para años más tarde presentarse la "implosión" de la información a raíz de la introducción de las computadoras para organizar los productos de la actividad científica" (29).

Es así que, la aparición del SCI ha hecho posible sistematizar el procedimiento del control de información de valor para los científicos.

De Solla Price (30) afirma que el valor de un artículo científico puede ser medido por la influencia que tiene sobre otros, y el índice de citas provee una medida de impacto de artículos, autores y revistas.

El análisis de citas ha evolucionado por la invención de nuevas técnicas y medidas, la explotación de nuevas herramientas y el estudio de las diferentes unidades de análisis. Esta tendencia ha originado un rápido crecimiento, tanto en el número como en el tipo de estudios que usan el análisis de citas.

La técnica más usual para cuantificar las citas es: determinar la cantidad de citas que ha recibido un documento o un grupo de documentos durante un período por un grupo en particular. Cuando se aplica dicha cuantificación a los artículos que aparecen en una revista específica puede pulirse el estudio al calcular el factor de impacto (31).

Cuanquier individuo se muestra satisfecho al saber que su trabajo ha tenido algún impacto. En muchos casos es difícil medir con precisión ésto, el SCI por lo menos permite una estimación de su uso (32).

La técnica de la cuantificación de citas no es nueva, surgió en 1927 cuando los ingleses Gross y Gross la aplicaron para localizar las revistas más citadas que aparecieron en el Journal of the American Chemical Society con el fin de medir el comportamiento

de la literatura científica a través de listas ordenadas de acuerdo con el número de citas contabilizadas.

Esta técnica se conoce también como el método de Gross y Gross; estos estudios han sido continuados por otros autores como Brown, Garfield, Martyn, Price, etc. (33).

Existen varias técnicas en el análisis de citas, entre otras las siguientes:

- a) Citas
- b) Citas en común
- c) Autocitas
- d) Palabras en común
- e) Enlace bibliográfico

a) Las citas son el reconocimiento a los trabajos previamente elaborados. Los estudios de citas contemplan la cuantificación del número de citas derivadas del SCI hacia un documento en particular, así como elementos bibliográficos, por un periodo de años después de su publicación.

Pinsky y Narin (34) han definido la cuantificación de citas; ellos tomaron en cuenta la longitud del artículo, el prestigio de la revista que cita y las diferentes características de las referencias y de los diferentes segmentos de la literatura.

b) Los estudios de las citas en común fueron realizados por Marshakova (35) y Small (36), ellos se basaron en dos conceptos:

- 1) Cuando dos artículos se citan juntos por un tercero,

entonces existe una relación cognoscitiva entre ellos.

2) El grado de esta relación es proporcional a la frecuencia de la unión de citas en común.

c) Las autocitas según Tagliacozzo (37) son un tributo común y fundamental entre dos artículos científicos y su función no es esencialmente diferente de las demás formas de citar, porque una autocita está hecha para relacionar un trabajo con otro.

Los autores tienden a citar sus propios trabajos, más que los trabajos de otros autores. Una persona que publica mucho tiende a autocitarse demasiado.

d) Las palabras en común. Esta metodología la desarrolló el Centre Sociologie de L'Innovation, en París. Se trata del análisis de documentos para identificar las palabras clave que describen el contenido de su investigación y de la unión de documentos por grado de ocurrencia en común de estas palabras clave, para producir un "proyecto de índice" de una especialidad. Muchas revistas y servicios de resúmenes proporcionan dichas palabras clave. También es empleado para elaborar tesauros.

e) El enlace bibliográfico, según Kessler (38) se basa en el concepto de que si dos publicaciones comparten una o más referencias, entonces existe un enlace bibliográfico. También demostró que los artículos enlazados de la Physics Review estaban a menudo relacionados por materia, por lo tanto, había un alto grado de enlazamiento, ésto es, el número de referencias en común.

La cuantificación de citas y el enlace bibliográfico fueron las técnicas de análisis empleadas en los años sesenta y setenta,

es decir, dos década en las que tuvo gran auge el análisis de citas en común.

Las citas son indicadores que proporcionan una medida objetiva de productividad, calidad, utilidad, repercusión, relevancia, eficiencia o impacto de las contribuciones científicas. Sin embargo, el hecho de que un científico no sea citado no significa necesariamente que sea malo, pues existen ciertos factores que influyen: cuando publica en una revista local que no llega a la base de datos para su registro; el investigador no es muy conocido, acaba de incursionar en otra línea de investigación, o bien existen barreras políticas, lingüísticas y geográficas, entre otras.

Tanto E. Garfield (39) como M. Weinstock (40) enlistan las razones por las cuales se citan los documentos:

- 1) Rendir homenaje a precursores.
- 2) Dar crédito a trabajos relevantes.
- 3) Identificar métodos, equipos, etc.
- 4) Proporcionar lecturas adicionales.
- 5) Corregir el propio trabajo.
- 6) Modificar las investigaciones de otros.
- 7) Criticar investigaciones previas.
- 8) Establecer reclamaciones.
- 9) Alertar sobre futuras apariciones de trabajos.
- 10) Dar prioridad a contribuciones poco conocidas (diseminados, indizados y no citados).

- 11) Facilitar datos y clases originales de hechos constantes físicos en las que una idea o concepto fue discutido).
- 12) Identificar publicaciones originales.
- 13) Identificarla publicación original que describe un concepto o término eponímico, por ejemplo, Enfermedad de Parkinson, Ley de Bradford, Síndrome de Dawn, etc.
- 14) Rechazar los trabajos e ideas de otros
- 15) Disputar prioridades y reclamaciones de otros.

Frecuentemente las citas se reciben porque el autor citado:

- Está en un grupo determinado,
- se está atacando su trabajo, o
- se está apoyando su trabajo,

y en general, el valor de las citas es positivo para los investigadores, ya que de una forma u otra su trabajo es utilizado por sus pares.

El análisis de citas involucra a la cuantificación del número de citas derivadas del SCI, recibidas por un artículo en particular durante el período de años después de su publicación.

REFERENCIAS

- 1.- "Bibliometrics, history of the development of ideas in". -- p. 144. -- En Encyclopedia of Library and Information Science. -- Vol. 42, suppl. 7 (1985).
- 2.- Ibid.
- 3.- POTTER, W.G. "Of making many books there is not and: bibliometrics and libraries". -- p. 238a-138c. -- Journal of Academic Librarianship. -- Vol. 14, No. 4 (1988).
- 4.- LAWANI, S.M. "Bibliometrics its theoretical foundations, methods and applications". -- p. 294-315. -- Libri. -- Vol. 31, No. 4 (1981).
- 5.- Ibid. p. 300.
- 6.- Ibid. p. 295.
- 7.- Ibid. p. 294.
- 8.- KING, J. "A review of bibliometrics and other science: indicators and their role in research evaluation". -- p. 261-276. -- Journal of Information Science. -- Vol. 13, No. 5 (1987).
- 9.- GARFIELD, E.; MALIN, M.V.; SMALL, H. "Citation data as science indicators". -- p. 581. -- Essays of an Information Scientist. -- Vol. 6 (1983).
- 10.- LICEA DE ARENAS, J. Comunicación personal.
- 11.- LOPEZ CALAFI, J.S.; De la Guardia M. "Estudio bibliométrico de la literatura

- científica sobre la determinación de elementos metálicos en aceites lubricantes". -- p. 201-202. -- Revista Española de Documentación. -- Vol. 8, No. 3 (1985).
- 12.- "Bradford's law and related statistical patterns". -- p. 480. -- Current contents. -- Vol. 23, No. 19 (1980).
- 13.- PERES ALVAREZ-OSORIO, J.R. "Análisis estadístico de la producción científica una nueva ciencia: la bibliometría". -- En Introducción a la información y documentación científica. -- Madrid: Alhambra, 1988. -- p. 22.
- 14.- GARFIELD, E. Science indexing: its theory and application in sciences, technology and humanities. -- Philadelphia: ISI press, 1989. -- p. 7.
- 15.- ROBLES GLENN, J. "La investigación mexicana y los índices extranjeros de información". -- En Anuario de Bibliotecología y Archivología. -- p. 47-100. Vol. 5 (1983).
- 16.- Ibid. p. 48.
- 17.- GARFIELD, E. "Citation indexes for science: a new dimension in documentation through association of ideas". -- p. 108-111. -- Science. -- Vol. 122 (1955).
- 18.- WEINSTOCK, M. "Citation indexes". -- En Encyclopedia of library and information science. -- p. 19-40. -- Vol. 5 (1971).
- 19.- Ibid.
- 20.- Ibid. p. 20.
- 21.- Ibid.

- 22.- Ibid. p. 22.
- 23.- GARFIELD, E. Citation indexing: its theory and application in science, technology, and humanities. -- Philadelphia: ISI press, 1983. -- p. 18.
- 24.- Ibid. p. 19.
- 25.- ----- "How ISI selects journals for coverage: quantitative considerations". -- p. 61. -- Currents contents. -- Vol. 33, No. 22 (1990).
- 26.- GAILLARD, J. "Es visible la ciencia del tercer mundo?" . -- p. 764-768. -- Mundo científico. -- Vol. 9, No. 93.
- 27.- (15) Op cit. p. 49-50.
- 28.- GARFIELD, E. "Significant journal of science". -- p. 609. -- Nature. -- Vol. 264, No. 5587 (1976).
- 29.- LICEA DE ARENAS, J. Indicadores de actividad científica universitaria en el área de la salud. México: UNAM (1990). -- p. 7. -- (Cuadernos del CESU; 19).
- 30.- MARGOLIS, J. "Citation indexing and evaluation of scientific papers". -- p. 1213-1219. -- Science. -- Vol. 155 (1967).
- 31.- SMITH, L.C. "Citation analysis". -- p. 81-97. -- Library trends. -- Vol. 30, No. 1 (1981).
- 32.- GARFIELD, E. "Citation classics and citation behavior revisited". -- p. 3-8. -- Current contents. -- Vol. 32, No. 5 (1989).
- 33.- (8) Op cit.

- 34.- (31) Op. cit.
- 35.- SMALL, H. "Co citation in the scientific literature: a new measure of the relationship between two documents". -- p. 265-269. -- Journal of the American Society for Information Science. -- Vol. 24 (1973).
- 36.- Ibid.
- 37.- FONSECA DA MOTTA, D. "Validade de análise de citação como indicador de qualidade da produção científica: uma revisão". -- p. 53-59. -- Inf Brasília. -- Vol. 12, No. 1 (1983).
- 38.- KESSLER, M.M. "Bibliographic coupling between scientific papers". -- p. 10-25. -- American Documentation. -- Vol. 14 (1963).
- 39.- (14) Op cit. p. 84.
- 40.- (18) Op cit. p. 19.

6 MATERIALES Y METODOS

Inicialmente se tenía contemplado llevar a cabo una tesis colectiva relativa a la cuantificación de la producción científica del Instituto de Investigaciones Biomédicas. Sin embargo, se prefirió estudiar por separado cada uno de los departamentos que lo integran, a saber:

- Biofísica y Biomatemáticas
- Biología del Desarrollo
- Biología Molecular
- Biotecnología
- Fisiología
- Inmunología

lograndose así producir seis tesis diferentes, la presente es una de ellas.

Para la realización de esta tesis se utilizaron los siguientes documentos:

-- Una compilación de los trabajos de investigadores en el período 1978-1981, compilación manual que fue elaborada por el personal académico de la Biblioteca del Instituto de Investigaciones Biomédicas.

-- Posteriormente se diseñó una base da datos (BIOMED) con el

paquete MICROISIS, que incluyó los siguientes campos:

AÑO: en este campo se captó el año en que se publicó el documento (artículo, libro, capítulo de libro, congreso, conferencia, patente, etc.).

AUTORES: para capturar al autor o autores se tomaron en cuenta todos y cada uno de ellos en el orden tal y como aparecían en el documento, anotando los apellidos completos -si aparecían- y únicamente la inicial del nombre en mayúsculas compactas. En caso de que apareciera más de un autor se separaba por ";", ejemplo:

Autor según está registrado en el documento	Base de datos BIOMED
José Negrete Martínez	NEGRETE MARTINEZ J

EDITOR/COMPILADOR: se desarrolló este campo solamente para las monografías. Se utilizó cuando algún investigador del Instituto participó como editor, compilador o traductor; dándole prioridad en primer lugar al editor, seguido del compilador. Se anotó en la mención de responsabilidad el apellido o apellidos completos seguidos de la inicial del nombre, con mayúsculas compactas, ejemplo:

Ed., HUITRON C

TITULO: Se registró como aparecía en el documento, con las diferentes puntuaciones necesarias para mayor comprensión.

FUENTE: en el caso de artículos: para anotar el nombre de la revista se tomaron en cuenta las abreviaturas utilizadas por el Index Medicus y BIOSIS, omitiendo la puntuación, ejemplo:

Bol Inst Estud Med Biol

Para el registro de la referencia completa se tomó como base el orden que sigue el Index Medicus --fuente, año, volumen y páginas--, excluyendo el número del fascículo, ejemplo:

Vision Res, 1983 23:1495-1500

Capítulo de libro: en este tipo de documento el asiento se hizo por el autor o autores del capítulo, título, editores o compiladores, título completo del libro y pie de imprenta, ejemplo:

LARRALDE C; FLISSER A; PEREZ MONFORT R Vaccination against cysticercosis: perspectives on the immunological prevention of human disease. FLISSER A; WILLMS K; LACLETTE JP; LARRALDE C; RIDAURA C; BELTRAN F, eds. En Cysticercosis: present state of knowledge and perspectives. New York, Academic Press, 1982 p. 675-684.

Libro completo: en este tipo de documento se registraron autor o autores, título y pie de imprenta, ejemplo:

NEGRETE MARTINEZ J; YANKELEVICH G; SOBERON J Juegos ecológicos y epidemiológicos. México, Foccavi; CONACyT, 1976 238 p.

Conferencias, congresos, etc.: al igual que los capítulos de libros se anotaron los autores de dicha conferencia seguidos del título de la misma. Los congresos como sigue:

Congreso de Investigación Biomédica Básica (2º:1980: México, UNAM, IIBm, 1982 300 p.

NOTAS: dicho campo se asignó a las notas explicativas que en forma breve aclarara sobre alguno de los campos.

DEPARTAMENTO: para el llenado de este campo se investigó en informes de la UNAM, del Instituto, en currícula de los investigadores, y se entrevistó al investigador que durante el período de 1942 a 1988 estuvo adscrito al Instituto. La captura de este campo se realizó abreviando el nombre del departamento de la siguiente forma:

BB Biofísica y Biomatemáticas
BD Biología del Desarrollo
BM Biología Molecular
B Biotecnología
F Fisiología
I Inmunología

TIPO DE DOCUMENTO: Se utilizó la siguiente tipología:

AR Artículo
CA Capítulo de libro
LI Libro
PA Patente
SI Simposio, congreso, etc.
TE Trabajo de revisión.

IDIOMA: en este campo se anotó el idioma en que está escrito el documento distinguiéndolo según las siguientes claves:

ES Español
IN Inglés
AL Alemán
PO Portugués
FR Francés
RU Ruso
IT Italiano
OT Otros

ORIGEN: se identificó el origen del documento, teniendo dos opciones a elegir: Nacional (NAL) o Foráneo (FOR).

También se utilizaron los siguientes documentos para el acopio de los datos:

- Los currícula de los investigadores.
- Informes de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Informes del Instituto de Investigaciones Biomédicas.
- El Boletín de Estudios Médicos y Biológicos.

Todos estos materiales ayudaron a la compilación de los trabajos publicados. La recopilación física de los trabajos se hizo a través de préstamos interbibliotecarios, directamente con el investigador o en el acervo de la biblioteca.

Los datos bibliográficos de cada documento, así como el departamento al cual pertenecían los autores fueron vaciados a fichas de 20x13 cm. con la ayuda de un listado preliminar de la base de datos BIONED; las tarjetas formaron un catálogo de 159 referencias correspondientes a la producción del quehacer académico del personal adscrito al Departamento de Biofísica y Biomatemáticas; se colocaron en orden alfabético y cronológico para llevar a cabo la búsqueda en el Science Citation Index, en su versión impresa de 1961 a 1990. Se revisaron los índices anuales de 1961 a 1989 y los bimestrales de 1990 ya que en el tiempo en que se hizo esta búsqueda no se contaba todavía con el anual de 1990.

Cada cita hallada se fotocopió y se anexo a la ficha correspondiente. Se encontró que de los 159 documentos generados en este Departamento únicamente 9 fueron citados con un total de 114 citas.

Los documentos considerados fueron analizados conforme a su:

- Año de publicación
- Tipo de documento
- Título de la revista
- Idioma
- Lugar de origen
- Autoria individual y colectiva
- Publicaciones científicas y de divulgación.

Al concluir esta búsqueda en el SCI se cuantificaron diversas variables, tales como: idioma de publicación, origen de los documentos, citas recibidas, etc.

Al identificar a los autores considerados se buscó que pertenecieran a este Departamento, puesto que algunos autores estuvieron poco tiempo en él, sin embargo fueron considerados todos aquellos documentos que publicaron durante su estancia. No debe olvidarse que este Departamento es muy joven y algunos de sus investigadores estuvieron anteriormente en otros departamentos.

7 RESULTADOS

Un total de 159 trabajos fueron publicados por el personal perteneciente al Departamento de Biofísica y Biomatemáticas del Instituto de Investigaciones Biomédicas en el período de 1972 a 1990. De esos, 131 (82.38 %) fueron artículos aparecidos en publicaciones periódicas, 19 (11.94 %) correspondieron a capítulos de libros, 5 (3.14 %) fueron libros y 4 (2.51 %) presentaciones en congresos, conferencias, etc. (Figura 1). Como puede observarse, existió un marcado predominio de los artículos.

Con respecto al idioma de publicación (Figura 2) se puede observar que un alto porcentaje de materiales fue escrito en español (78 %) seguidos del idioma inglés (22 %). No se registraron materiales aparecidos en otro idioma.

La Figura 3 presenta el origen de los documentos publicados por los investigadores de este Departamento; un 86 % de estos materiales fueron editados en nuestro país y únicamente el 14 % de los materiales considerados en el extranjero.

Los datos contenidos en la Figura 4 permiten identificar que los artículos de publicaciones periódicas científicas superaron en número a los libros y capítulos de libro de esta misma área.

En lo referente a la producción anual se tiene que ésta empieza en 1972 (Figura 5). El año más productivo fue 1983 con 20 trabajos publicados (12.57 %), siguiéndole 1981 con 18 trabajos

(11.32 %) y 1985 con 16 trabajos (10.06 %). Los años menos productivos fueron 1989 con 3 trabajos (1.88 %), 1974 y 1990 con dos trabajos cada uno. En 1973 no se publicó documento alguno.

La Figura 6 analiza la producción y los tipos de documentos divididos por año, muestra el marcado predominio de los artículos de publicaciones periódicas. En 1981 y 1985 se publicaron 16 trabajos, siguiéndole 1980 con 11. Los capítulos de libros predominaron en 1983 con 7, seguidos de 1978 con 6. Las presentaciones en congresos, conferencias, etc. predominaron en 1982, con dos trabajos publicados; y por último se tiene que los libros fueron publicados en 1980, 1981, 1986 y 1988 con un trabajo cada año.

Se detectó que 18 autores del Departamento publicaron su producción; entre ellos sobresale Negrete Martínez (Figura 7) con 65 trabajos publicados, de los cuales 55 fueron realizados individualmente y 10 en coautoría. A continuación tenemos a Yankelevich con 41 trabajos publicados, 37 individualmente y 4 en coautoría y finalmente, a Alonso de Florida publicó 23 trabajos, de los cuales 18 fueron individualmente y 5 en coautoría. Estos autores fueron los más productivos existiendo una diferencia notoria con respecto a los demás autores.

Siete autores publicaron solamente un trabajo, 5 tuvieron 2 trabajos, 2 de ellos participaron en 4 trabajos y uno en 5 trabajos.

En la Figura 8 se encuentra que los trabajos se publicaron en un total de 34 revistas. De estas sobresalieron la Gaceta Médica

(11.32 %) y 1985 con 16 trabajos (10.06 %). Los años menos productivos fueron 1989 con 3 trabajos (1.88 %), 1974 y 1990 con dos trabajos cada uno. En 1973 no se publicó documento alguno.

La Figura 6 analiza la producción y los tipos de documentos divididos por año, muestra el marcado predominio de los artículos de publicaciones periódicas. En 1981 y 1985 se publicaron 16 trabajos, siguiéndole 1980 con 11. Los capítulos de libros predominaron en 1983 con 7, seguidos de 1978 con 6. Las presentaciones en congresos, conferencias, etc. predominaron en 1982, con dos trabajos publicados; y por último se tiene que los libros fueron publicados en 1980, 1981, 1986 y 1988 con un trabajo cada año.

Se detectó que 18 autores del Departamento publicaron su producción; entre ellos sobresale Negrete Martínez (Figura 7) con 65 trabajos publicados, de los cuales 55 fueron realizados individualmente y 10 en coautoría. A continuación tenemos a Yankelevich con 41 trabajos publicados, 37 individualmente y 4 en coautoría y finalmente, a Alonso de Florida publicó 23 trabajos, de los cuales 18 fueron individualmente y 5 en coautoría. Estos autores fueron los más productivos existiendo una diferencia notoria con respecto a los demás autores.

Siete autores publicaron solamente un trabajo, 5 tuvieron 2 trabajos, 2 de ellos participaron en 4 trabajos y uno en 5 trabajos.

En la Figura 8 se encuentra que los trabajos se publicaron en un total de 34 revistas. De estas sobresalieron la Gaceta Médica

de México y Comunicación e Informática, con 22 artículos aparecidos en cada una.

El artículo científico tuvo un marcado predominio como canal de comunicación para esta comunidad. La figura 9 señala que dichos artículos de publicaciones periódicas fueron publicados, en su mayoría, en revistas científicas, representando así un 61.76 %, mientras que las publicaciones de divulgación fueron relativamente pocas, es decir, el 38.23 % (Figura 10).

En las Figuras 11 y 12 se ven los títulos de las revistas nacionales y foráneas en las que se publicaron los trabajos generados en el Departamento de Biofísica y Biomatemáticas. De las revistas nacionales sobresalieron Gaceta Médica de México y Comunicación e Informática y de las extranjeras Vision Res, por el número de artículos captados.

Se detectaron un total de 114 citas (Figura 13) recibidas por 9 documentos. De éstas, el 77.77 % fueron a artículos de publicaciones periódicas y 22.22 % fueron a capítulos de libros.

El documento más citado (55 citas) se publicó en 1983, y el menos citado (1 cita) fue en 1980 (Figura 14).

La Figura 15 muestra que todas las citas recibidas fueron otorgadas a publicaciones foráneas.

Existe un alto índice de títulos de revistas que no fueron citados (Figura 16), siendo notorio que entre ellas se encuentren las revistas con más artículos publicados. Solamente se otorgaron citas a 6 títulos (figura 17).

En 1972, la Nat. New. Biol. publicó el primer artículo citado,

el cual recibió su primera cita en 1973, otras revistas citadas fueron: Anat. Rec., Int. Arch. Allergy Appl. Immunol., J. Opt. Soc. Am., Vision Res y Anal. Biochem. (Figura 18). Los capítulos de libros citados fueron los siguientes: Limbic Epilepsy and the Dyscontrol Syndrome and Colour Vision: psychophysics and psychophysics (Figura 19).

Los documentos citados (Figura 20) tuvieron la característica de haber sido elaborados en coautoría.

Al buscar en SCI solamente se lograron ubicar a cinco autores con citas (Figura 21.1), sobresaliendo Ingling con 4 trabajos citados y un total de 78 citas recibidas. Ingling también ocupó el primer lugar en autocitas. La Figura 21.2 señala a aquellos trabajos que fueron realizados de manera individual y colectiva, sobresaliendo esta última.

En las Figuras 22.1 a 22.5 se puede observar el desglose de las citas recibidas, permitiéndonos identificar claramente a los autores otorgantes, las citas y autocitas recibidas.

Las Figuras 23.1 a 23.5 permiten identificar a las revistas que fueron citadas, y a las citantes, así como el número de citas dadas a cada título.

Por último, en las Figuras 24.1 a 24.2 se dan aquellos capítulos de libros que fueron citados, así como las revistas citantes.

TESIS SIN PAGINACION

COMPLETA LA INFORMACION

**FIG. 1 PRODUCCION DEL DEPARTAMENTO DE BIOFISICA Y
BIOMATEMATICAS SEGUN EL TIPO DE DOCUMENTO**

TIPO	NUMERO	%
Articulos	131	82.38
Capitulos de libros	19	11.94
Libros	5	3.14
Congresos, conferencias, etc.	4	2.51
TOTAL	159	99.97

FIG. 2 IDIOMA DE LOS DOCUMENTOS GENERADOS EN EL DEPTO. DE BIOFI. Y BIOMATEMA.

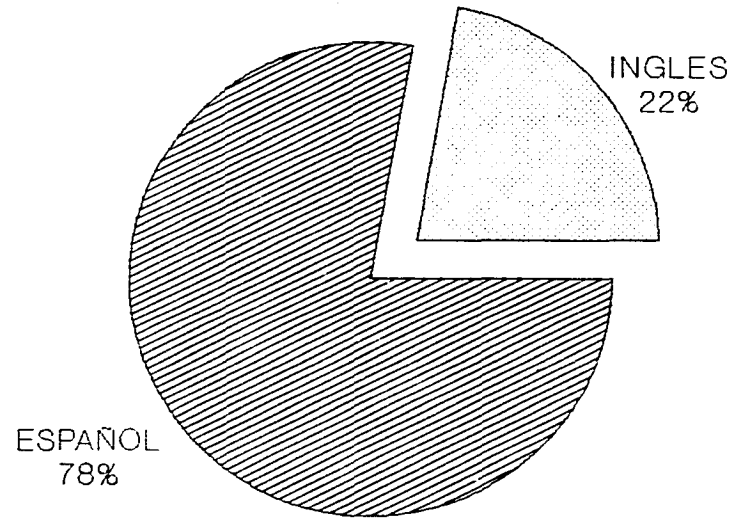


FIG. 3 ORIGEN DE LOS DOCUMENTOS GENERADOS EN EL DEPTO. DE BIOFI. Y BIOMATEMA.

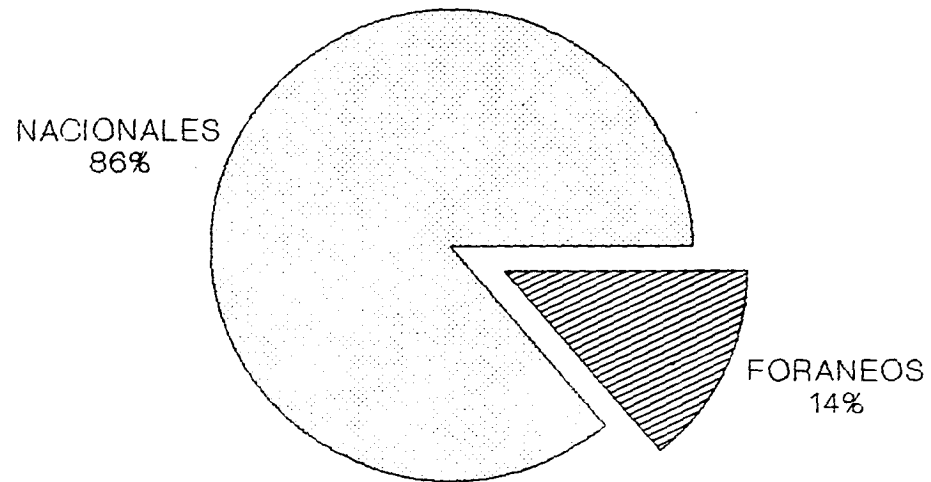


FIG. 4 DISTRIBUCION DE LAS PUBLICACIONES CIENTIFICAS Y DE DIVULGACION

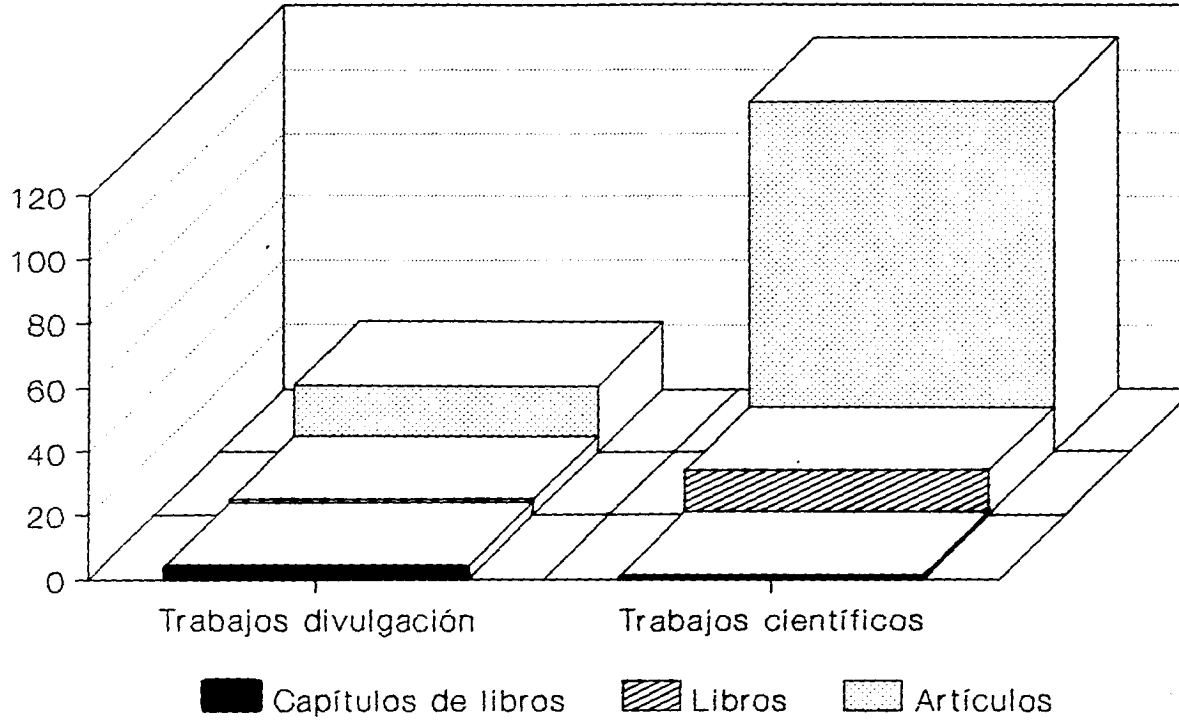


FIG. 5 DISTRIBUCION CRONOLOGICA DE LOS DOCUMENTOS DEL DEPARTAMENTO

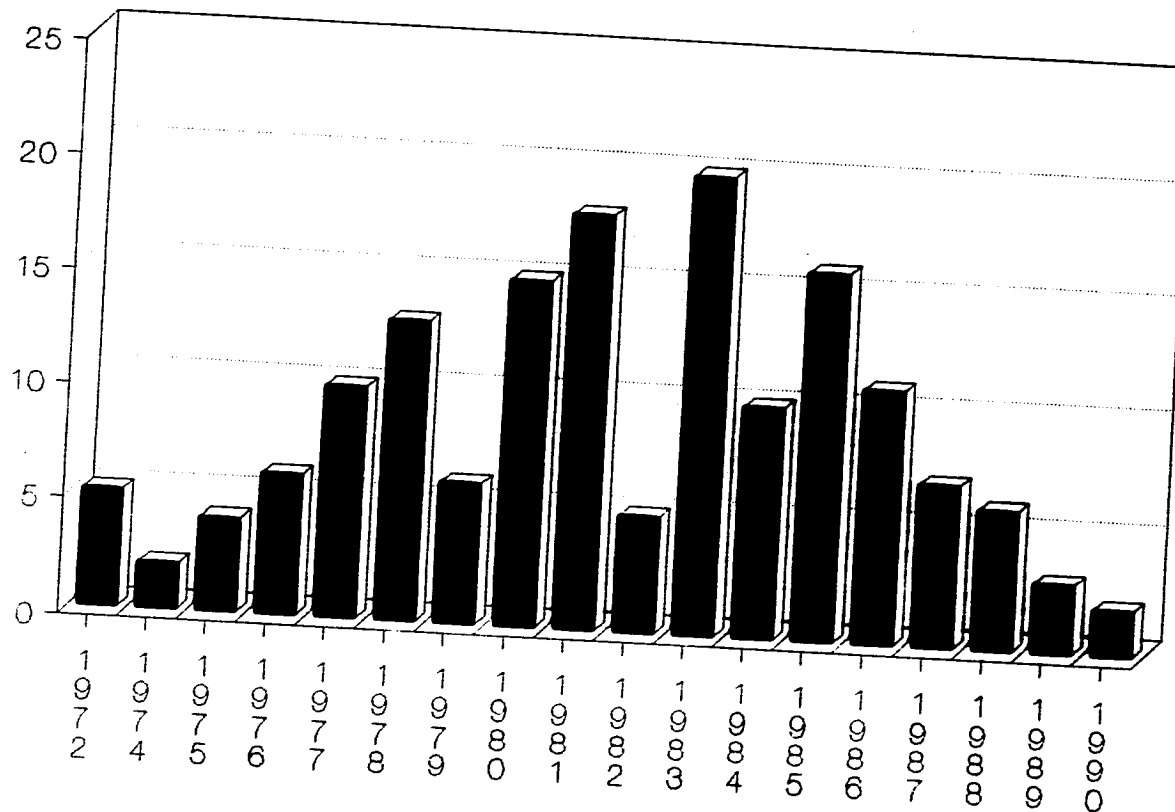


FIG. 6 PRODUCCION SEGUN TIPO DE DOCUMENTO Y AÑO

AÑO	ARTICULOS	CAP.LIBRO	LIBROS	CONGRESOS	TOTAL
1972	5	-	-	-	5
1974	1	-	-	1	2
1975	4	-	-	-	4
1976	5	-	-	1	6
1977	10	-	-	-	10
1978	7	6	-	-	13
1979	4	2	-	-	6
1980	11	2	1	1	15
1981	16	1	1	-	18
1982	3	-	1	1	5
1983	13	7	-	-	20
1984	9	1	-	-	10
1985	16	-	-	-	16
1986	10	-	1	-	11
1987	7	-	-	-	7
1988	5	-	1	-	6
1989	3	-	-	-	3
1990	2	-	-	-	2
TOTAL	131	19	5	4	159

**FIG. 7 DISTRIBUCION DE LA AUTORIA INDIVIDUAL Y
COLECTIVA**

Autor	No. trabajos	Individual	Colectiva
Negrete M., J.	65	55	10
Yankelevich, N.G.	41	37	4
Alonso de F., F.	23	18	5
Ingling, C.R.	5	--	5
Gutierrez, L.A.	4	2	2
Martinez Uriegas, E.	4	4	--
Cervantes, M.A.	2	1	1
Espinosa, G.	2	--	2
Jose, M.A.	2	2	--
Mora, J.L.	2	--	2
Ninomiya, J.G.	2	--	2
Calderón, A., E.	1	--	1
Cisneros, R.	1	--	1
Mendez, F.	1	1	--
Morales. M.	1	--	1
Naranjo	1	--	1
Preston, C.R.	1	--	1
Rojas, E.	1	--	1
Total	159	120	39

FIG. 8 REVISTAS EN DONDE PUBLICARON LOS INVESTIGADORES DEL DEPARTAMENTO

Títulos	No. artículos	&
Comunicación e Informática	22	16.80
Gac. Med. Mex.	22	16.80
Revista O10	15	11.45
Bol. Inst. Estud. Med. Biol.	12	9.16
Bol. Soc. Mex. Cien. Fisiol.	10	7.64
Ciencia y Desarrollo	6	3.82
Inf. Cient. y Tec.	6	3.82
Naturaleza	6	3.82
Ciencia	4	3.10
Rev. Informática	3	2.30
Demografía y Economía	2	1.52
J. Opt. Soc. Am.	2	1.52
Salud Pub. Mex.	2	1.52
Vision Res	2	1.52
Academic Computing	1	0.76
Acta Physiol. Latinoamer.	1	0.76
An. Inst. Biol.	1	0.76
Anal. Biochem.	1	0.76
Anat. Rec.	1	0.76
Camaleón	1	0.76
Crítica	1	0.76
Dealinde	1	0.76
Galería	1	0.76
Int. Arch. Allergy Immunol.	1	0.76
Intern. H. Neuroscience	1	0.76
Inv. Opth. Vis Science	1	0.76
J. Neurosci.	1	0.76
J. Theor Biol.	1	0.76
Nat. Acad. Sci. Portugal	1	0.76
Nat. New. Biol.	1	0.76
Nature	1	0.76
Nonotza	1	0.76
Rev. Biología	1	0.76
Rev. Educ. Superior	1	0.76
Total	131	99.99

**FIG. 9 REVISTAS CIENTIFICAS DONDE
PUBLICARON LOS INVESTIGADORES DEL DEPTO.**

Títulos	No. artículos	%
Gac. Med. Mex.	22	30.98
Bol. Inst. Estud. Med. Biol.	12	16.90
Bol. Soc. Cien. Fisiol.	10	14.08
Ciencia	4	5.63
Demografía y Economía	2	2.81
J. Opt. Soc. Am.	2	2.81
Salud Pub. Mex.	2	2.81
Vision Res	2	2.81
Academic Computing	1	1.40
Acta Physiol. Latinoamer.	1	1.40
An. Inst. Biol.	1	1.40
Anal. Biochem.	1	1.40
Anat. Rec.	1	1.40
Crítica	1	1.40
Int. Arch. Allergy Appl. Immunol.	1	1.40
Inv. Opth. Vis. Science	1	1.40
Intern. H. Neuroscience	1	1.40
J. Neurosci.	1	1.40
J. Theor Biol.	1	1.40
Nat. Acad. Sci. Portugal.	1	1.40
Nat. New. Biol.	1	1.40
Nature	1	1.40
Rev. Educ. Superior	1	1.40
Total	71	99.83

**FIG. 10 REVISTAS DE DIVULGACION EN DONDE
PUBLICARON LOS INVESTIGADORES**

Títulos	No. artículos	%
Comunicación e Informática	22	36.66
Revista 010	15	25.00
Ciencia y Desarrollo	5	8.33
Inf. Cient. y Tec.	5	8.33
Naturaleza	5	8.33
Rev. Informática	3	5.00
Camaleón	1	1.66
Deslinde	1	1.66
Galería	1	1.66
Nonotza	1	1.66
Rev. Biología	1	1.66
Total	60	99.95

**FIG. 11 PUBLICACIONES NACIONALES EN LAS
QUE PUBLICARON LOS INVESTIGADORES**

Títulos	No. artículos	%
Comunicación e Informática	22	19.13
Gac. Med. Mex.	22	19.13
Revista 010	15	13.04
Bol. Inst. Estud. Med. Biol.	12	10.43
Ciencia y Desarrollo	5	4.34
Inf. Cient. y Tec.	5	4.34
Naturaleza	5	4.34
Ciencia	4	3.47
Rev. Informática	3	2.60
Demografía y Economía	2	1.73
Salud Pub. Mex.	2	1.73
An. Inst. Biol.	1	0.86
Camaleón	1	0.86
Crítica	1	0.86
Deslinde	1	0.86
Galería	1	0.86
Nonotza	1	0.86
Rev. Biología	1	0.86
Rev. Educ. Superior	1	0.86
Total	115	99.85

**FIG. 12 PUBLICACIONES FORANEAS CON TRABAJOS
DEL DEPARTAMENTO**

Titulos	No. articulos	%
J. Opt. Soc. Am.	2	12.50
Vision Res	2	12.50
Academic Computing	1	6.25
Acta Physiol. Latinoamer.	1	6.25
Anal. Biochem.	1	6.25
Anat. Rec.	1	6.25
Int. Arch. Allergy Appl. Immunol.	1	6.25
Intern. H. Neuroscience	1	6.25
Inv. Opth. Vis Science	1	6.25
J. Neurosci.	1	6.25
J. Theor. Biol.	1	6.25
Nat. Acad. Sci. Portugal	1	6.25
Nat. New. Biol.	1	6.25
Nature	1	6.25
Total	16	100.00

FIG. 13 CITAS RECIBIDAS SEGUN EL TIPO DE DOCUMENTO

Tipo de doc.	No. doc. citados	No. de citas	%
Articulos de pub. periódicas.	7	92	77.77
Capitulos de libros	2	22	22.22
Total	9	114	99.99

FIG. 14 DOCUMENTOS CITADOS SEGUN SU AÑO DE PUBLICACION

Año de publicación	No. de trab.	No. de citas	%
1972	1	27	23.68
1976	1	6	5.26
1977	1	2	1.75
1980	1	1	0.87
1983	3	55	48.24
1985	2	23	20.17
Total	9	114	99.97

**FIG. 15 DISTRIBUCION DE CITAS SEGUN EL
ORIGEN DE LA CITA**

No. doc. citados	Citas recibidas	Citas nal.	Citas for.
9	114	--	114

**FIG. 16 TITULOS DE REVISTAS QUE NO
FUERON CITADAS**

Títulos	No. artículos
Comunicación e Informática	22
Gac. Med. Mex.	22
Revista O10	15
Bol. Inst. Estud. Med. Biol.	12
Bol. Soc. Mex. Cien. Fisiol.	10
Ciencia y Desarrollo	5
Inf. Cient. y Tec.	5
Naturaleza	5
Ciencia	4
Rev. Informática	3
Demografía y Economía	2
Salud Pub. Mex.	2
Academic Computing	1
Acta Physiol. Latinoamer.	1
An. Inst. Biol.	1
Camaleón	1
Crítica	1
Deslinde	1
Galería	1
Intern. H. Neuroscience	1
Inv. Opth. Vis Science	1
J. Neurosci.	1
J. Theor Biol.	1
Nat. Acad. Sci. Portugal	1
Nature	1
Nonotza	1
Rev. Biología	1
Rev. Educ. Superior	1

**FIG. 17 TITULOS DE REVISTAS QUE FUERON
CITADOS**

Titulo	No. articulos	citas	%
Vision Res	2	44	47.82
Anal Biochem.	1	1	1.08
Anat. Rec.	1	6	6.52
Int. Arch. Allergy Appl. Immunol.	1	2	2.17
J. Opt. Soc. Am.	1	12	13.04
Nat. New. Biol.	1	27	29.34
Total	7	92	99.97

FIG. 18 TITULOS DE REVISTAS CITADAS SEGUN AÑO DE PUBLICACION Y CITAS RECIBIDAS

Titulos	Año de aparición	Año 1a. cita	Totas citas
Nat. New. Biol.	1972	1973	27
Anat. Rec.	1976	1978	6
Int. Arch. Allergy Appl. Immunol.	1977	1979	2
J. Opt. Soc. Am.	1983	1984	12
Vision Res	1983	1983	22
Anal. Biochem.	1985	1987	1
Vision Res	1985	1986	22

**FIG. 19 CAPITULOS DE LIBROS CITADOS SEGUN SU
AÑO DE PUBLICACION Y CITAS RECIBIDAS**

Titulo	Año pub.	Año 1a. cita	Total
Limbic Epilepsy and the Dyscontrol Syndrome	1980	1986	1
Colour Vision: physiology and psychophysics	1983	1983	21

**FIG. 20 CITAS RECIBIDAS SEGUN AUTORIA
INDIVIDUAL Y COLECTIVA**

Tipo	No. documentos	No. citas
Documentos en autoria indi- vidual	1	1
Documentos en coautoria	8	113

FIG. 21.1 AUTORES CITADOS, CITAS Y AUTOCITAS RECIBIDAS

Autor	No. trabajos citados	Citas	Autocitas
Ingling, C.R.	4	78	10
Alonso de F., F.	2	2	1
Jose, M.V.	1	1	--
Negrete M., J.	1	27	2
Ninomiya, J.G.	1	6	1
Total	9	114	14

**FIG. 21.2 TRABAJOS EN AUTORIA INDIVIDUAL
O COLECTIVA DE LOS AUTORES CITADOS**

Autor	No. trabajos en autoria indivi- dual	No. trabajos en autoria colec- tiva
Ingling, C.R.	--	4
Alonso de F., F.	--	2
Jose, M.V.	1	--
Negrete M., J.	--	1
Ninomiya, J.G.	--	1
Total	1	8

FIG. 22.1 AUTOR CITADO, CITANTE Y NUMERO DE CITAS

Autor citado	Autor citante	Citas otorgadas
Alonso de F., F.	Lulich, K.M.	1
	Gutierre A., A.	1
Total		2

**FIG. 22.2 AUTOR CITADO, CITANTE Y
NUMERO DE CITAS**

AUTOR CITADO	AUTOR CITANTE	CITAS OTORGADAS
Ingling, C.R.	Ingling, C.R.	10
	Kaiser, P.K.	6
	Takahashi, S.	6
	Boynton, R.M.	3
	Egima, Y.	3
	Filkelet, M.A.	3
	Kelly, D.H.	3
	Lenin, P.	3
	Lindaey, D.T.	3
	Cananagh, P.	2
	Morgan M., J.	2
	Mullen, K.T.	2
	Paulus, N.M.	2
	Vaneach, J.A.	2
	Travis, D.	2
	Troscian	2
	Burton, G.J.	1
	Coletta, N.J.	1
	Derringt, A.M.	1
	Dzmura, M.	1
	Foster, D.H.	1
	Geisler, W.S.	1
	Hees, R.F.	1
	Jacobs, G.H.	1
	Jordan, J.R.	1
	Korth, M.	1
	Lee, B.B.	1
	Legge, G.E.	1
	Lythge, L.T.	1
	Meloney, L.T.	1
	Merigan, W.H.	1
	Mollon, J.D.	1
	Nakano, Y.	1
	Previc, F.H.	1
	Ruhaly, A.M.	1
Sample, P.A.	1	
Sharley, R.	1	
Snelgar, R.S.	1	
Wateon, A.B.	1	
Williams, D.R.	1	
Zeki, S.	1	
Total		76

FIG. 22.3 AUTOR CITADO, CITANTE Y NUMERO DE CITAS

Autor citado	Autor citante	Citas otorgadas
Jose, M.V.	Sciuttu	1
Total		1

FIG. 22.4 AUTOR CITADO, CITANTE Y NUMERO DE CITAS

Autor citado	Autor citante	Citas otorgadas
Negrete M., J.	Kriebel, M.E.	3
	Glavinov, M.	2
	Kidokoro, Y.	2
	Negrete, J.	2
	Vautrin, J.	2
	Alburquer, E.X.	1
	Attwell, D.	1
	Barnard, E.A.	1
	Blackman, J.G.	1
	Eidefraw, M.A.	1
	Ferry, C.B.	1
	Gabrovec, I.	1
	Gage, P.W.	1
	Head, S.D.	1
	Heilbron, E.	1
	Hubbard, J.I.	1
	Katz, B.	1
	Matthews, J.	1
	Miyamoto, M.D.	1
	Rang, H.P.	1
	Salpeter, M.M.	1
Total		27

FIG. 22.5 AUTOR CITADO, CITANTE Y NUMERO DE CITAS

Autor citado	Autor citante	Citas otorgadas
Ninomiya, J.G.	Ninomiya, J.G.	2
	Cameron, A.R.	1
	Forukawa, K.	1
	Gugta, R.S.	1
	Sturgeon, T.I.	1
Total		6

FIG. 23.1 REVISTA CITADA Y REVISTA CITANTE

Revista citada	Revista citante	Citas
Anat. Rec.	Act. Anatom.	1
	Am. J. Vet. Re.	1
	Br. J. Pharm.	1
	J. Ultra Res.	1
	JNP J. Physl.	1
	Muscle Nerv.	1
Total		6

FIG. 23.2 REVISTA CITADA Y REVISTA CITANTE

Revista citada	Revista citante	Citas
Anal. Biochem.	Mol. Immunol.	1
Total		1

FIG. 23.3 REVISTA CITADA Y REVISTA CITANTE

Revista citada	Revista citante	Citas
Nat. New. Biol.	J. Physiol. Lon.	4
	J. Theor. Bio.	4
	Br. J. Pharm.	2
	Int. J. Neuro.	2
	Neuroscienc	2
	Physiol. Rev.	2
	Cold. S. Itarb.	1
	Croat. Chem.	1
	Develop. Bio.	1
	Exp. Neurol.	1
	J. Gen. Physiol.	1
	Hist. Cyto.	1
	J. Neurphysiol.	1
	P. Nas. Us.	1
	Q. Rev. Bioph.	1
R. Roy. Soc.	1	
Synapse	1	
Total		27

FIG. 23.4 REVISTA CITADA Y REVISTA CITANTE

Revista citada	Revista citante	Citas
Int. Arch. Allergy. Appl. Immunol.	Act. Physl. L. Clin. Exp. Ph.	1 1
Total		2

FIG. 23.5 REVISTA CITADA Y REVISTA CITANTE

Revista citada	Revista citante	Citas
J. Optical Society of America	Vision Res	5
	J. Opt. Soc. A.	3
	Ann. R. Psych.	2
	Biol. Cybern.	1
	Psychol. Rev.	1
Total		12

**FIG. 24.1 CAPITULO DE LIBRO CITADO Y
REVISTA CITANTE**

Titulo del libro citado	Revista citante	Citas
Colour Vision: phy- siology and psycho- physics	Vision Res.	8
	J. opt. Soc. A.	4
	J. Physl. Lon.	3
	Brain	2
	Col. Res. App.	2
	J. Exp. Biol.	2
Total		21

**FIG. 24.2 CAPITULO DE LIBRO CITADO Y
REVISTA CITANTE**

Titulo de libro citado	Revista citante	Citas
Limbic Epilepsy and the Dyscontrol Syn- drome	J. Theor. Bio.	1
Total		1

8 DISCUSION

Como se expresó en la introducción el objetivo de la presente tesis es analizar bibliométricamente la producción de los investigadores adscritos al Departamento de Biofísica y Biomatemáticas del Instituto de Investigaciones Biomédicas; a lo largo del estudio se advirtió que mediante la investigación científica el hombre llega a una reconstrucción conceptual del mundo, cada vez más amplia, profunda y exacta, alcanzando con ello el conocimiento, el cual se universaliza a través de la publicación de un producto que se enriquece por las referencias y las citas que recibe.

Los estudios bibliométricos sin duda ayudan a reflexionar, ya que la producción bibliográfica y su repercusión son reflejo del desarrollo cultural y científico de un país, en este caso México, en el cual, al igual que en la mayoría de los países, la investigación científica se ha desarrollado esencialmente en las universidades.

Actualmente nuestro país atraviesa por una situación económica difícil, lo cual se refleja en todas las actividades, y la investigación no es la excepción.

Con base a lo anterior en la presente tesis es importante destacar los hallazgos más significativos, si bien cabe señalar que esta tesis es sólo un pequeño intento que reúne una parte de la

producción científica del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM.

a) En ella se analizó el impacto de los trabajos realizados por los investigadores del Departamento de Biofísica y Biomatemáticas de dicho Instituto, durante el periodo 1972-1990. Este Departamento es uno de los más jóvenes de dicho Instituto, además de uno de los más pequeños, por lo tanto, el número de trabajos originados en él, durante el periodo de estudio es escaso.

b) Al elaborar el análisis bibliométrico se consideraron diversos indicadores que permiten observar el desarrollo de la investigación científica, con base a ello se conoció que el total de trabajos publicados por el Departamento de Biofísica y Biomatemáticas fue de 159 documentos, de los cuales 131 fueron artículos aparecidos en publicaciones periódicas, lo cual es lógico ya que se considera al artículo científico como la unidad documental primaria.

c) El 78 % del material localizado se publicó en idioma español, hecho que probablemente esté relacionado con el reducido número de citas recibidas. Lo anterior parece sugerir la necesidad de que los investigadores de dicho Departamento publiquen más en inglés.

d) La producción del Departamento no fue constante, tuvo altibajos frecuentes, al grado de que si se comparan los años con mayor y menor producción, se observa que en 1983 se publicaron 20 trabajos y en 1973 ninguno.

e) De los investigadores de este Departamento únicamente 18 publicaron trabajos en el periodo estudiado; esto se hizo en un total de 38 revistas, de las cuales sobresalen Gaceta Médica de México y Comunicación e Informática, con 22 documentos en cada una; ninguno de los trabajos contenidos en estas publicaciones recibieron citas, y de ellas solamente la primera es indizada en los índices más reconocidos.

f) Entre los autores de este Departamento sobresalen: Negrete Martínez con 65 trabajos publicados, de los cuales 55 fueron realizados de manera individual y 10 en coautoría; en cuanto a los autores citados, Negrete ocupa el segundo lugar, con 27 citas. Por otra parte C.R. Ingling fue el autor más citado, ya que recibió 78 citas, aun cuando fue el autor que practicó la autocita con mayor frecuencia; a Negrete se le considera fundador de este Departamento, sin embargo, de los 65 trabajos que publicó solamente 1 fue citado, probablemente porque no fueron publicados en las fuentes más visibles.

Como ya se afirmó, Ingling fue el autor más citado, no obstante que formalmente no perteneció al Departamento, pero fue contemplado, ya que los 5 trabajos incluidos en el presente estudio fueron realizados en coautoría con Martínez Uriegas, investigador activo de la Institución.

De Solla Price afirma que el valor de un artículo científico puede ser medido por la influencia que tiene sobre otros, por ello al cuantificar las citas recibidas se nota que de los 159 documentos publicados en el periodo analizado, solamente 9 fueron

citados (7 artículos y 2 capítulos de libros), es decir, un pequeño porcentaje de los trabajos publicados recibieron citas. De lo cual se puede inferir que estas investigaciones han sido poco empleadas por otros investigadores del país o del extranjero; posiblemente porque dichos trabajos no fueron publicados en las fuentes más adecuadas.

Resultaría prematuro afirmar que el número de citas otorgadas a estos trabajos sea el total, pues es de esperarse que los trabajos, en especial los de los años más recientes reciban mayor número de citas antes de que pierdan su vigencia.

g) Todas las citas recibidas fueron otorgadas por publicaciones foráneas y a publicaciones foráneas, lo cual significa que las nacionales no son muy favorecidas por los índices internacionales y, en consecuencia, los trabajos de investigación pasan inadvertidos.

Es importante señalar que los índices utilizados para el análisis de citas tienen diversas limitaciones. Aún cuando son los bancos de información más conocidos y accesibles para el usuario, no cubren todas las publicaciones existentes ya que maneja solamente 3,500 publicaciones periódicas de las aproximadamente 100,000 que se editan en el mundo. Por lo tanto su cobertura es limitada, afectando a los investigadores que no son incluidos en estas publicaciones.

De lo anterior se desprende que el Departamento de Biofísica y Biomatemáticas, es uno de los más pequeños del Instituto de Investigaciones Biomédicas. El personal de este Departamento tiene

un futuro prometedor, ya que su campo de estudio es amplio, pero se requiere que estos investigadores busquen la manera de hacerse visibles a través de las fuentes idóneas y en el idioma más utilizado en el ámbito científico, todo esto con el fin de llegar a un número de usuarios de la información, y lograr el renombre que todo investigador anhela.

Esta tesis presentó solamente una pequeña visión del desempeño del Departamento de Biofísica y Biomatemáticas del Instituto de Investigaciones Biomédicas. Sin embargo, es necesario seguir con este tipo de investigaciones para lograr analizar la producción total del Instituto de Investigaciones Biomédicas.

CONCLUSIONES

Del estudio realizado se desprenden las siguientes conclusiones:

1. El desarrollo de la ciencia en México ha dependido en gran medida de las crisis políticas y económicas por las que ha pasado el país.
2. La investigación biomédica como tal es muy joven, sin embargo es de las áreas que han crecido más rápidamente y de las que tienen un futuro más prometedor.
3. Los conocimientos aportados por la investigación biomédica son una de las bases más firmes de la medicina científica.
4. La biomedicina es una de las áreas de investigación que más necesita de actualización.
5. La UNAM es una de las instituciones nacionales que tiene bien establecida la investigación biomédica.
6. El Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM es una de las dependencias con mayor producción científica en el país.

7. El Departamento de Biofísica y Biomatemáticas es uno de los más jóvenes y pequeños del Instituto de Investigaciones Biomédicas.

8. La gama de intereses y las disciplinas son tan amplias que los investigadores dedicados a los estudios biofísicos y biomatemáticos necesariamente deben tocar tópicos tales como la inteligencia artificial, formas de percepción y expresión entre otros.

9. El artículo científico es el medio idóneo para que los investigadores den a conocer sus avances o resultados.

10. Dentro de la bibliometría existen diversas leyes que nos permiten destacar el desenvolvimiento de la ciencia.

11. La importancia de los estudios bibliométricos radica en que gracias a ellos es posible determinar la actividad y productividad de un área determinada.

12. Los índices de citas permiten relacionar a unos trabajos con otros.

13. Las citas son una herramienta básica para determinar la repercusión de un documento determinado.

14. Los investigadores del Departamento de Biofísica y Biomatemáticas publican la mayor parte de sus documentos en

revistas nacionales.

15. La gran mayoría de los trabajos publicados se encuentran en idioma español.

16. Se asignan muy pocas citas a los trabajos de los investigadores de este Departamento.

17. Todos los trabajos citados fueron publicados en idioma inglés.

18. No se citaron los trabajos publicados en el país.

19. Los investigadores de este Departamento no publican en las revistas incluidas en los índices internacionales, y esto puede ser un factor determinante para la poca percepción de citas.

20. Hace falta difusión a los trabajos realizados dentro del Departamento de tal forma que logren ser conocidos por un número mayor de usuarios.