

## Contribuciones Cortas

# Impacto de la Bioinformática en las ciencias biomédicas

[Ligeza Perezleo Solórzano<sup>1</sup>](#) [Ricardo Arencibia Jorge<sup>2</sup>](#) [Clara Conill González<sup>3</sup>](#) [Gudelia Achón Veloz<sup>4</sup>](#) [Juan A. Araújo Ruiz<sup>5</sup>](#)

## Resumen

Durante la última década del siglo XX, los avances de la ingeniería genética y las nuevas tecnologías de la información, condicionaron el surgimiento de una disciplina que creó vínculos indisolubles entre la Informática y las ciencias biológicas: la Bioinformática. Se realizó un análisis bibliométrico en la base de datos Medline con vistas a medir su impacto en las ciencias médicas. Sus principales aplicaciones, según los resultados obtenidos, fueron la gestión de datos en los laboratorios, la automatización de experimentos, el ensamblaje de secuencias contiguas, la predicción de dominios funcionales en secuencias génicas, la alineación de secuencias, las búsquedas en bases de datos de estructuras, la determinación y predicción de la estructura de las macromoléculas, la evolución molecular y los árboles filogenéticos. Las especialidades médicas que recibieron una mayor influencia de la Bioinformática fueron la Genética Médica, la Bioquímica Clínica, la Farmacología, las Neurociencias, la Estadística Médica, la Inmunología, la Fisiología y la Oncología.

Descriptores (DeCS): INFORMATICA MÉDICA; BIOLOGIA COMPUTACIONAL; MEDLINE; BIBLIOMETRIA

Descriptores (DeCI): INFORMATICA MEDICA; TECNOLOGIA DE LA INFORMACION; MEDLINE; BIBLIOMETRIA

## Abstract

The advances reached by the genetic engineering and the development of new information technologies during the last decade, conditioned the emergence of a discipline that has created indissoluble bonds between the Computer Sciences and the Biological Sciences: the Bioinformatics. The present work demonstrates the impact of the Bioinformatics in the Medical Sciences, through the bibliometric analysis of MEDLINE, the most important database of the biomedical environment at the present time. The main applications of this discipline in the registrations obtained in MEDLINE were directed to the data management in the laboratory, the automation of experiments, the assembling of contiguous sequences, the prediction of functional domains in gene sequences, the alignment of sequences, the searches in databases of structures, the structure determination and prediction of macro-molecules, the molecular evolution and the phylogenetic trees. The medical specialties mostly influenced by the Bioinformatics were the Medical Genetics, Clinical Biochemistry, Pharmacology, Neurosciences, Medical Statistic, Immunology, Physiology and Oncology.

Subject headings (DeCS): MEDICAL INFORMATICS; COMPUTATIONAL BIOLOGY; MEDLINE; BIBLIOMETRICS

Subject headings (DeCI): MEDICAL INFORMATICS; INFORMATION TECHNOLOGY; MEDLINE;

## BIBLIOMETRICS

El desarrollo de la ingeniería genética y las nuevas tecnologías de la información durante la última década del siglo XX, condicionaron el surgimiento de una disciplina que generó vínculos indisolubles entre la Informática y las Ciencias Biológicas: la Bioinformática.

Ella se encuentra en la intersección de las ciencias de la vida con las ciencias de la información. Es un campo científico interdisciplinario que se propone la investigación y el desarrollo de sistemas que faciliten la comprensión del flujo de información desde los genes a las estructuras moleculares, su función bioquímica, su conducta fisiológica y finalmente su influencia en las enfermedades y la salud.<sup>1</sup>

Entre los principales factores que han favorecido el desarrollo de esta disciplina, se encuentra el impresionante volumen de datos sobre secuencias generadas por los distintos proyectos genoma (tanto el humano como el de otros organismos); los nuevos enfoques experimentales, basados en biochips que permiten obtener datos genéticos a gran velocidad, bien de genomas individuales (mutaciones, polimorfismos), o de enfoques celulares (expresión génica); así como el desarrollo de Internet y la World Wide Web, que permite el acceso mundial a las bases de datos de información biológica.

El término Bioinformática es relativamente reciente, y apareció en la literatura a principios de 1990, cuando comenzaba a estructurarse el llamado "Proyecto Genoma Humano" y el National Center for Biotechnology Information de los Estados Unidos, daba sus primeros pasos. En los primeros momentos, su vinculación con la Informática Médica (IM) se debió solamente a la similitud sintáctica, así como al indispensable uso de las computadoras por parte de ambas disciplinas.<sup>2</sup>

La IM es la disciplina que se preocupa por el análisis y la disseminación de datos médicos mediante la aplicación de las computadoras a varios aspectos de la práctica sanitaria, incluye sistemas automatizados de diagnóstico, terapia y comunicación de información de salud. Se relaciona con casi todas las especialidades médicas y configura un sector multidisciplinario con ramificaciones en la epidemiología, evaluación de la tecnología, economía, gestión sanitaria y ética médica. Tiene más de 40 años de existencia, y se ha convertido en una ciencia médica básica que comprende los aspectos teóricos y prácticos relacionados con el procesamiento y la comunicación de información derivada de procesos médicos y relacionados con la salud.<sup>3</sup>

La Bioinformática, por su parte, tiene como reto principal ofrecer una respuesta a la avalancha de datos procedentes de la Genómica. Mientras, que hace unos años, los resultados de los experimentos podían interpretarse sobre el cuaderno de laboratorio, hoy se necesitan bases de datos y técnicas de visualización sólo para almacenarlos y comenzar a estudiarlos. Ella evolucionó desde un conjunto de técnicas hacia una verdadera ciencia, al aportar el componente de análisis, para entender la genómica e integrar sus datos que permitieran crear modelos predictivos para los sistemas biológicos.<sup>1,3-4</sup>

No obstante, con el advenimiento del nuevo milenio, el procesamiento de la información genética (bioinformática) y de la información clínica (informática médica) amenaza con fundir ambas disciplinas en una sola, que algunos autores han definido como Informática Biomédica. En la medida que se genera información sobre el genoma humano y ésta se vincula con el conocimiento médico de las enfermedades, esta definición ha comenzado a hacerse realidad. Los datos que maneja la bioinformática tienen cada vez más presencia en la práctica médica; por tanto, conseguir la unificación de la información clínica con la información molecular representa el desafío más importante de esta disciplina durante el presente siglo.<sup>5</sup>

Con el presente trabajo, se pretende demostrar el impacto de la Bioinformática en las ciencias médicas, a partir de un análisis bibliométrico, realizado con la base de datos Medline, la más popular del entorno biomédico actual.

### Métodos

Para la recopilación de la información, se utilizó como fuente primaria la base de datos Medline, en su versión para Internet, denominada PubMed, que genera la National Library of Medicine de los Estados Unidos.

Se realizó una búsqueda general, con el objetivo de recuperar todos los registros que tuvieran, entre sus descriptores principales, las siguientes materias:

No. Descriptor Campos

1 Medical Informatics All

2 Bioinformatics All

Cada una de las estrategias de búsqueda se analizaron por separado. Los registros obtenidos se exportaron a Procite, con el fin de elaborar los índices de frecuencia de las variables estudiadas. De los registros sobre Informática Médica se seleccionó solamente el año de publicación.

De los registros sobre Bioinformática, las siguientes variables:

- Dirección del autor principal
- Descriptores principales
- Año de publicación

## Resultados y discusión

La base de datos Medline, desde el año 1960 hasta el 29 de enero del 2003, fecha en que se cerró la recogida de datos, procesó un total de 281 572 registros que abordan desde diferentes puntos de vista el campo de la IM. La cantidad de registros por quinquenio mostró un crecimiento exponencial durante las últimas cuatro décadas del pasado siglo, y en los dos primeros años del nuevo milenio, la cifra de registros alcanzó la mitad de los procesados por esta base de datos durante el quinquenio 1996-2000, que ascendió a 95 917, cifra que representa más del 30 % del total de registros (figura 1).



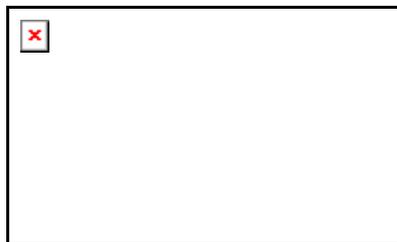
**FIG 1.** *Comportamiento de la producción de artículos sobre Informática Médica en Medline, 1960-2003.*

La Bioinformática, por su parte, mostró un crecimiento vertiginoso a partir de 1990, alcanzando un total de 3 649 registros hasta diciembre del 2002. Durante el último lustro se recogieron un total de 2 121 registros, el 58,1 % del total (figura 2).



**FIG. 2.** *Comportamiento de la producción de artículos sobre Bioinformática en Medline, 1990 - 2002.*

Durante la década de los años 90, se observó un crecimiento exponencial de los artículos sobre Bioinformática, en contraste con el crecimiento estable de los artículos sobre IM. Ello demuestra el desarrollo progresivo de esta nueva disciplina y su impacto cada vez mayor en las ciencias biomédicas. (figura 3)



**FIG. 3.** Comportamiento a escala logarítmica de la producción de artículos sobre Informática Médica y Bioinformática en la base de datos Medline, 1990 - 2002.

La Genética Médica constituye la especialidad que ha recibido mayor influencia de la Bioinformática desde su aparición en 1990 (42,5 % de los trabajos), seguida por la Bioquímica Clínica (19,5 %), así como por las Ciencias Farmacéuticas (5,8 %), la Filogenética (4,2 %), las Neurociencias (3,8 %), la Inmunología (3,2 %), la Estadística Médica (2,5 %), la Fisiología (2,5 %) y la Oncología (2,3 %)(tabla 1).

Tabla 1. Especialidades biomédicas que reciben una mayor influencia de la Bioinformática, 1990 - 2002

Especialidad	Total de artículos	%
Genética Médica	1550	42,5
Bioquímica Clínica	713	19,5
Farmacología	212	5,8
Filogenética	153	4,2
Neurociencias	137	3,8
Inmunología	118	3,2
Estadística Médica	91	2,5
Fisiología	90	2,5
Oncología	84	2,3
Microbiología	58	1,6

Estados Unidos y Gran Bretaña son los países con mayor presencia en los trabajos sobre Bioinformática indizados por Medline, con el 62 % bajo su autoría. Japón (6,3 %), Alemania (6,0 %), Francia (4,1 %), Canadá (2,4 %), Italia (2,1 %), China (1,8 %), Australia (1,7 %) y Suecia (1,4 %), completan la decena de países con mayor cantidad de artículos. La supremacía de las grandes potencias económicas mundiales en el desarrollo de esta disciplina es evidente (tabla 2).

Tabla 2. Países que publicaron mayor cantidad de artículos sobre Bioinformática, 1990 - 2002

Países	Total de artículos	%
Estados Unidos	1657	45,4
Reino Unido	604	16,6
Japón	231	6,3
Alemania	220	6,0
Francia	151	4,1
Canadá	88	2,4
Italia	75	2,1
China	67	1,8
Australia	62	1,7
Suecia	50	1,4

El análisis por continentes puso de manifiesto la hegemonía de América del Norte y los países de Europa sobre el resto de las regiones del mundo (86,6 % de los artículos), aunque se destaca el progreso del continente asiático, encabezados por Japón, China, Israel, Singapur y la India (10,82 %), según se aprecia en la figura 4.



**FIG. 4.** *Comportamiento por continentes de la producción de artículos sobre Bioinformática en Medline, 1990 - 2002*

La diversificación de los objetivos de la Bioquímica y la Biología Molecular ha promovido una importante interdisciplinariedad entre especialidades como la Genética, la Microbiología, la Inmunología y la Fisiología, entre otras. Esta interdisciplinariedad, sumada al impresionante aumento de secuencias genéticas obtenidas a través de los proyectos genoma, ha permitido el surgimiento y desarrollo de la Bioinformática como una especialidad independiente.

La Bioinformática comprende tres áreas:

- ¡Error! Marcador no definido. Investigación y desarrollo de la infraestructura, sistemas de información y de comunicaciones que requiere la biología moderna. Comprende las redes y bases de datos para el genoma, estaciones de trabajo para procesamiento de imágenes. Es la Bioinformática en sentido estricto.
- Comprensión de cuestiones biológicas básicas, a partir de la aplicación de la ¡Error! Marcador no definido, computación, mediante la modelación y simulación. Abarca los sistemas de vida artificial, algoritmos genéticos, redes de neuronas artificiales, etcétera. Es la Biología Molecular Computacional.
- ¡Error! Marcador no definido. Desarrollo y utilización de sistemas computacionales basados en modelos y materiales biológicos. Incluye biochips, biosensores, computación basada en ADN, entre otros. Las computadoras basadas en DNA se emplean para la secuenciación masiva y el pesquizaje de diversas enfermedades, explotan su característica de procesamiento paralelo implícito. Es la Biocomputación.

Como resultado del presente estudio, se identificaron las principales formas de utilización de la Bioinformática, así como sus principales campos de aplicación.

Básicamente, los sistemas bioinformáticos se utilizan en las ciencias biomédicas para la adquisición de datos; la creación de programas para la visualización de datos y el control de reactivos y otros materiales; la generación y ensamblaje de secuencias genéticas; la elaboración de programas para análisis de datos y secuencias genéticas; la predicción de estructura de proteínas; la generación de paquetes de integración y ensamblaje de mapas genéticos, programas para la clasificación y comparación y técnicas de la Inteligencia Artificial; la gestión de datos en bases de datos especializadas y su distribución mediante las redes de comunicaciones.

Las principales aplicaciones de esta disciplina, según los resultados obtenidos del análisis en Medline, fueron: la gestión de datos en el laboratorio, la automatización de experimentos, el ensamblaje de secuencias contiguas, la predicción de dominios funcionales en secuencias génicas, la alineación de secuencias, las búsquedas en bases de datos de estructuras, la determinación y predicción de la estructura de macromoléculas, la evolución molecular y los árboles filogenéticos.

Las especialidades médicas que recibieron una mayor influencia de la Bioinformática fueron: la Genética Médica, la Bioquímica Clínica, la Farmacología, las Neurociencias, la Estadística Médica, la Inmunología, la Fisiología y la Oncología.

La Bioinformática ofrece la posibilidad de comparar y relacionar la información genética con fines deductivos, así surgen respuestas que no parecen obvias a la vista de los resultados de los experimentos. En los últimos años, se aprecia el crecimiento de una corriente de investigación y desarrollo de nuevas técnicas para la extracción del conocimiento, la minería de datos y la visualización, cuyo objetivo es acelerar los descubrimientos científicos, a partir de la reducción de los costos y el aumento del número de experimentos. Estas nuevas técnicas, útiles para la investigación de distintas enfermedades y el diagnóstico clínico, establecen el camino a seguir por bioinformáticos e investigadores durante siglo XXI, el cual se ha dado en llamar por los especialistas como "el siglo de las tecnologías de la información."

## Referencias bibliográficas

1. Martín Sánchez F, López Campos G, Ibarrola de Andrés N. La convergencia de la informática médica y la bioinformática: impactos en la práctica clínica y en la educación de los profesionales de la salud. En: Servicios de Salud: ¿estrategias o tecnologías?. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 1999.
2. Hagen JB. The origin of bioinformatics. Nat Rev Genet 2000;1(3):231-6.
3. Miller PL. Opportunities at the intersection of bioinformatics and health informatics: a case study. J Am Med Inform Assoc 2000;7(5):431-8.
4. Gonzalo Claros M. Bioinformática o cómo perder el tren sin darse cuenta. [En línea] <http://www.ciencias.uma.es/publicaciones/encuentros/ENCUENTROS61/bioinformatica.html> [Consulta: 2 enero 2003].
5. Kohane IS. Bioinformatics and clinical informatics: the imperative to collaborate. J Am Med Inform Assoc 2000;7(5):512-6.

Recibido 3 de mayo del 2003 Aprobado 8 de junio del 2003

Tec. *Ligeya Perezleo Solórzano*

Departamento de Información Científica Centro Nacional de Investigaciones Científicas

Avenida 25 y Calle 158. Cubanacán, Playa. Ciudad de La Habana, Cuba. Apartado Postal 6414.

Correo electrónico: [ictenic@biocnic.cneuro.edu.cu](mailto:ictenic@biocnic.cneuro.edu.cu)

[1 Técnico Medio en Información Científico-Técnica y Bibliotecología. Centro Nacional de Investigaciones Científicas.](#)

[2 Técnico Medio en Información Científico-Técnica y Bibliotecología. Centro Nacional de Investigaciones Científicas.](#)

[3 Técnico Analista de Información. Centro Nacional de Investigaciones Científicas.](#)

[4 Técnico Analista de Sistemas. Centro Nacional de Investigaciones Científicas.](#)

[5 Ingeniero en Telecomunicaciones. Jefe del Dpto de Información Científica. Centro Nacional de Investigaciones Científicas.](#)

---

© 2004 2000, Editorial Ciencias Médicas

Calle E No. 452 e/ 19 y 21, El Vedado, La Habana, 10400, Cuba.



[acimed@infomed.sld.cu](mailto:acimed@infomed.sld.cu)