

Caracterización de la industria biofarmacéutica cubana a partir de las redes de colaboración

Characterization of the Cuban biopharmaceutical industry from collaborative networks

María Victoria Guzmán Sánchez ¹, Maybel Piñón ², José Luis Jiménez-Andrade ³, Elio Atenógenes Villaseñor ⁴ & Humberto Carrillo-Calvet ⁵

¹ Instituto Finlay de Vacunas (IFV), Cuba, mvguzman@finlay.edu.cu

² Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, maybel.pinon@gmail.com

³ Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, mvguzman@finlay.edu.cu

⁴ Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación (INFOTEC), México, atenogenes@gmail.com

⁵ Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, hcarrillocalvet@gmail.com

Resumen

INTRODUCCIÓN: Los estudios de colaboración científica han permitido introducir los conceptos de redes de colaboración. Estas permiten representar la estructura social de una comunidad de investigadores y la transmisión del conocimiento en un país o sector económico específico. La industria biofarmacéutica cubana es un caso excepcional de estudio, pues ha logrado alcanzar un importante desarrollo en el contexto de un país del “Tercer Mundo”.

OBJETIVO: Este trabajo tiene como objetivo general caracterizar la industria biotecnológica cubana a partir de las redes de colaboración.

MÉTODO Y PROCEDIMIENTOS: Se tomó como base de datos el WoS (1969-2015) y se aplicaron indicadores métricos de colaboración científica a partir del campo afiliación. Las visualizaciones en forma de red se obtuvieron a partir del software NodeXL.

RESULTADOS: BioCubaFarma reúne cerca del 50% de la producción científica total de Cuba en todos los sectores. Desde su formación, el sector ha mantenido una significativa colaboración interna y externa, tanto con Europa como América Latina, incluyendo con los Estados Unidos. Esto último es significativo al no existir relaciones diplomáticas con dicho país. La colaboración es mayor hacia los centros del antiguo “Polo científico” que hacia las antiguas empresas del sector farmacéutico. Por otra parte, existe una correlación entre la magnitud de la producción científica con los niveles de colaboración.

CONCLUSIONES: Para el desarrollo de la biomedicina en Cuba, la colaboración no ha sido solo endógena sino que ha habido de manera importante transferencia y comunicación de conocimiento de Cuba hacia otros países y a la inversa.

Palabras clave: redes de colaboración; BioCubaFarma; estudios métricos

Abstract

INTRODUCTION: Studies of scientific collaboration have introduced the concepts of collaborative networks. These networks may represent the social structure of researchers' community and knowledge transmission in a specific country or economic sector. Cuban biopharmaceutical industry is an exceptional study case. This high-tech sector has achieved an important development in the context of a "Third World" country, with a different political organization from the rest of the world.

PURPOSE: The main goal of this work is to characterize the Cuban biotechnology industry from collaborative networks.

METHOD AND PROCEDURES: WoS database (1969-2015) was used and metric indicators of scientific collaboration were applied from the affiliation field. Visualizations netlike were obtained with NodeXL software.

RESULTS: BioCubaFarma meets about 50% of the total scientific production of all Cuban sectors. Since its foundation, the sector has maintained a significant internal and external collaboration, with Europe, Latin America and the United States of America. The United States collaboration has been significant in the absence of diplomatic relations with that country. Collaboration is greater among centers of the old "scientific pole" than among old companies of the pharmaceutical sector. Moreover, there is a correlation between the magnitude of the scientific production and the collaboration levels.

CONCLUSIONS: For the development of biomedicine in Cuba, collaboration has not only endogenous but has been have significant transfer of knowledge between Cuba and other countries.

Keywords: *collaborative networks; BioCubaFarma; metrical studies*

Introducción

El desarrollo científico actual requiere dar soluciones a problemas complejos, esto exige que las comunidades de investigadores coordinen sus esfuerzos individuales y los conviertan en colectivos. Esto exige la implementación de procesos de colaboración donde, a partir del aporte de varias ideas creadoras, se busque (y encuentre) el resultado a un problema o pregunta de investigación. Varios autores (Bush y Lowell, 1956; Garrido, 2003; Newman, 2001) han estudiado el aumento de la creatividad científica, la eficiencia del trabajo en equipo y el progreso científico relacionado con las interacciones de colaboración que se establecen entre los especialistas de un campo, ya sea a nivel institucional, nacional o internacional.

Para Patel (1973) el proceso de colaboración científica es el trabajo en equipo de investigadores para lograr el objetivo común de producir nuevo conocimiento para incrementar los capitales sociales y culturales del país e individuales. Puede entenderse como

un proceso continuo que progresa desde formas sencillas a formas más complejas. La colaboración incluye tareas de contacto, cooperación y coordinación (Wagner y Leydesdorff, 2003). Es decir, dos científicos colaboran cuando comparten datos, equipos e ideas en un proyecto de investigación que después puede resultar en prácticas experimentales y análisis de investigaciones cuyos resultados pueden ser publicados en la forma de artículo (Katz y Martin, 1997). Una vez publicado, ese artículo tendrá una autoría o autorías, por esa razón, los autores que contribuyen con documentos publicados a un determinado campo constituyen una población y cuando se estudia esa población emergen padrones de comportamiento en la forma de autores individuales o colectivos (autorías múltiples).

Las métricas (bibliometría, cienciometría, informetría, webmetría, etc.) como modelo métrico de la ciencia han sido utilizadas por varios autores para estudiar la colaboración a partir de la autoría o filiación de los autores en los artículos científicos, tales como Begum y Sami (1988) y posteriormente Newman (2001), Guan, Zuo, Chen y Yam, (2016), entre otros.

Estos autores consideran al artículo científico como un indicador de producción de la investigación científica y establecen una simetría entre la noción de ciencia como conocimiento con el documento que demuestra el resultado de una investigación. Este sustento teórico se hace a partir del papel central que juegan los artículos científicos en el ciclo de vida de la comunicación de la ciencia y la variable de coautoría en artículos publicados.

Los estudios de la colaboración y los avances en las técnicas de visualización de los estudios métricos han permitido introducir los conceptos de redes de colaboración y "Colegios Invisibles". A partir de ambas representaciones se puede entender la estructura social de una comunidad científica (Crane, 1969 y 1972; Price 1963; Price y Beaver 1966). Los mapas globales de la ciencia o mapeo científico se han convertido recientemente en herramientas viables que ofrece una vista preliminar general de los campos científicos (Grauwin y Jensen, 2011). Ya desde la década del setenta Price (1966) estudió la autoría en la colaboración como indicios de vínculos sociales, y de este modo analizó los colegios invisibles y los grupos homogéneos. Este autor decía que la interacción entre los científicos es la esencia de la

práctica científica actual, y son las redes de colaboración las que han propiciado una investigación transdisciplinar rica y profunda.

Las redes de colaboración desde la perspectiva métrica está basada en la teoría de las redes sociales, la cual retoma a su vez diferentes corrientes de pensamiento y teorías como la antropológica, psicológica, sociológica y también matemática. En el caso del análisis de las redes sociales, que estudia estas estructuras sociales, se identifica a cada individuo como un nodo y a cada relación como una arista para aplicar la teoría de grafos en su estudio (Structure, versión 4.2., 1991). Incluye datos relacionales que expresan contactos, transacciones, lazos, conexiones, vínculos, servicios dados o recibidos y comunicaciones entre grupos a partir de agentes (Scott, 1991). Es decir, el análisis de redes no son más que un conjunto conceptual y de métodos descriptivos-estructurales que permiten representar un conjunto, en el caso de este estudio al conjunto que conforma a la comunidad científica de la industria biofarmacéutica cubana.

Algunos autores han estudiado el fenómeno de la colaboración científica cubana usando indicadores métricos. Por ejemplo, De Moya (1999) analiza la colaboración de Cuba al compararla con el resto de los países de Latinoamérica. Este autor expone que el porcentaje de co-autoría en el caso de Cuba es un magro 4%. Por lo cual, un indicador de baja colaboración científica es una evidencia del aislamiento de Cuba. Rodríguez y colegas (2007) analizan, entre otros elementos, la colaboración en el área de las ciencias sociales. Mientras que Aguado (2012), usando las bases de datos de Redalyc (<http://www.redalyc.org/>) analiza la colaboración como un acápite dentro de la actividad científica de Cuba en revistas iberoamericanas de acceso abierto. Arencibia y colegas (2006) caracterizan el sector biofarmacéutico, pero solo abordan la colaboración a partir del “Índice de Colaboración International” ofrecido por Scimago que toma como base los datos de Scopus, no profundizan en las redes de colaboración del sector. No se encontraron estudios de colaboración enfocados al área específica de la industria biofarmacéutica y que abarcaran un período tan extenso (1969-2015, 46 años de investigación) tomando como base los datos del WoS (<http://ipscience.thomsonreuters.com/product/web-of-science/>).

Este trabajo tiene como objetivo principal caracterizar la industria biotecnológica cubana a partir de las redes de colaboración. Se hace énfasis en los patrones de colaboración que dieron lugar al antiguo “Polo Científico” y al resto de las instituciones que conforman la industria, así como las formas de transmisión del conocimiento científico. Esta industria se conformó recientemente a partir de la unión de los centros de la biotecnología o “Polo Científico” con la industria farmacéutica. En el 2012, surge oficialmente la Organización Superior de Desarrollo Empresarial (OSDE) del Grupo de las Industrias Biotecnológica y Farmacéuticas (BioCubaFarma) (Consejo de Ministros - 307, 2012). Esta OSDE representa a toda la industria biofarmacéutica cubana.

El análisis de esta área del conocimiento, es fundamental no solo para Cuba sino para el resto del mundo (Evenson, 2007, Lage, 2012) Según Thorsteinsdóttir y colegas (2004), el desarrollo de la biomedicina necesita de recursos humanos, materiales y de un conocimiento científico acumulado, por lo que se hace difícil su avance en países pequeños y con escasos recursos económicos, Cuba es una excepción, actualmente los productos o servicios proveniente de la biomedicina ocupan el segundo renglón de exportaciones del país y algunos de ellos son pioneros en el mundo (López et al. 2006).

El estudio de los factores que han influido en este éxito o la comprensión de estos fenómenos podrían aportar elementos para entender las estructuras del conocimiento y vínculos que se establecen en la ciencia y especialmente en la ciencia bajo condiciones especiales de desarrollo.

Métodos y procedimientos

La fuente de información utilizada para realizar el presente trabajo fue la colección principal de Web of Science (Web of Science Core Collection), disponible a través de la plataforma ISI *Web of Knowledge* de Thomson Reuters. El WoS (por sus siglas en inglés) contiene información sobre investigación multidisciplinaria de alta calidad publicada en revistas líderes mundiales en las ciencias [exactas], ciencias sociales, artes y humanidades. La nueva

plataforma del Web of Science permite acceder, además a la colección SCielo (Scientific electronic library online) desde el 17 de febrero de 2014. (<http://wokinfo.com/>).

El período de tiempo analizado fue de 1969 hasta diciembre del 2015. No se establecieron límites ni en idioma, ni en tipo de documento en el algoritmo de búsqueda. La ecuación de búsqueda para la recuperación de registros se realizó considerando el campo de la afiliación (límite dentro del WoS). El término introducido fue la palabra Cuba con sus posibles variantes (Cuba OR Habana OR Havana).

Esta ecuación de búsqueda realizada en WoS generó 21207 registros; los cuales fueron exportados a una Base de Datos (BD) llamada RedBio para facilitar el tratamiento de la información.

Normalización de la base de datos y domino OSDE

La BD RedBio fue realizada en el Gestor de Bases de Datos Bibliográficas ProCite, lo cual permitió la normalización. El primer criterio de refinamiento de los registros, fue localizar los registros duplicados y eliminarlos, así como registros que no se correspondían con la estrategia de búsqueda trazada. Por ejemplo, existían registros que en el campo de afiliación tenían la palabra Cuba (o Habana- Havana) pero se correspondían a nombres de calles, instituciones con sedes en la base naval de los Estados Unidos (USA) en la bahía de Guantánamo en Cuba o nombre de Instituciones como “Cuba Mem Hosp Inc” en USA. Finalmente, la BD quedó conformada por 21167 registros en total.

Como segundo paso, se agruparon en ProCite solo los registros (opción de Grupos) de los centros que conforman BioCubaFarma. Para la conformación de los grupos, se interrogó a la BD RedBio con todas las posibles acepciones correspondientes a los siguientes centros que componen la industria biofarmacéutica cubana actual:

Los centros agrupados dentro de este sector fueron: Empresa Importadora-Exportadora FARMACUBA; Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos EMCOMED; Empresa de Frascos Plásticos, FRAS-PLAST; Empresa de Productos Dentales, ACRI-LEST; Empresa Farmacéutica “8 de Marzo”; Empresa Laboratorios MedSol, Empresa Laboratorio

Farmacéutico “Reinaldo Gutiérrez”; Empresa Laboratorio Farmacéutico “Roberto Escudero”; Empresa Laboratorio Farmacéutico Oriente; Empresa Laboratorio Farmacéutico “Julio Trigo”; Empresa Laboratorio Farmacéutico Líquidos Orales de Bayamo, MEDILIP; Empresa de Sueros y Productos Hemoderivados “Adalberto Pesant”; Empresa de Servicios de la Industria Químico Farmacéutica; Empresa de Mantenimiento de la Industria Químico Farmacéutica EMIF; Empresa Importadora-Exportadora para la Industria Biofarmacéutica IBF IMPORT-EXPORT; Empresa de Laboratorios Farmacéuticos AICA; Empresa Productora de Insulina y Carpules Laboratorios LIORAD; Empresa Laboratorios NOVATEC; Empresa de Producciones Varias EMPROVA; Centro de Ingeniería y Proyectos de Alta Tecnología para la Industria Biofarmacéutica CIPAT-BIOFARM; Centro Nacional de Investigaciones Científicas CENIC; Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos CIDEM; Centro de Química Biomolecular; Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología; Centro de Neurociencias de Cuba CNEURO; Centro de Inmunología Molecular; Centro de InmunoEnsayo; Planta de Derivados de la Placenta; Instituto Finlay de Vacunas; Centro Nacional de Biopreparados; Centro de Histoterapia Placentaria y Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio CENPALAB.

Para estos grupos, se hicieron cambios globales y se normalizó el campo afiliación con la herramienta del ProCite (Global Find/Replace). En este proceso, se llevaron los nombres extensos de las instituciones a sus siglas.

Procesamiento de datos

La confección de las matrices fue realizada con la Macro de Excel Toolinf, la cual permite efectuar conteos de frecuencia y obtener (posteriormente) matrices de coincidencia para identificar la colaboración y otros patrones que indiquen estrategias de difusión del conocimiento y producción científica de los centros que componen BioCubaFarma.

Se utilizaron indicadores métricos de actividad (distribución por años de la producción científica), así como indicadores relacionales como las redes de colaboración (colaboración dentro del sector BioCubaFarma, colaboración internacional- nacional e institucional).

Visualización de datos

El análisis de las redes de colaboración se realiza mediante representaciones gráficas que ofrecen una visión global de estos patrones de vinculación y colaboración, ya que este tipo de redes refleja de manera más original la interacción profesional entre científicos del antiguo llamado Polo y la industria farmacéutica.

Las redes obtenidas en esta investigación fueron realizadas a partir del sistema NodeXL (<https://nodexl.codeplex.com/>). Esta herramienta es un complemento para Microsoft Excel que permite visualizar y analizar grafos. Los datos se tratan en una plantilla que se maneja de la misma manera que el resto de datos en Excel, por lo que la interfaz para gestionar los datos del grafo (redes) y la visualización es muy intuitiva para cualquier usuario mínimamente familiarizado con la tecnología. Esta herramienta está más orientada a la visualización que a la gestión de los datos, por lo que ofrece gran variedad de opciones para la representación del grafo en pantalla, aunque también permite obtener distintas propiedades matemáticas del grafo.

Resultados y discusión

A partir de los inicios del llamado período revolucionario (1960), la investigación científica cubana estuvo marcada por el nuevo contexto político. La ciencia formó parte de un programa nacional y se trazó una estrategia de desarrollo integral (ACC, 2011). Es decir, la organización de la I+D parte desde una posición cero a partir de esa época. La Figura 1, es un reflejo de esa organización y del tiempo que demora un país en divulgar sus resultados científicos al mundo.

En la imagen (Figura 1) se aprecia que las curvas de crecimiento y decrecimiento de la producción científica de BioCubaFarma coinciden con la producción científica de Cuba y de las biomedicina. El crecimiento de las tres áreas analizadas ha sido exponencial. Sin embargo, se podría decir que no se alcanza una madurez hasta 1998, donde los centros que componen el sector logran producir unos 200 artículos anuales.

Los acumulados en la generación de investigaciones publicada es de un 46% (3682 investigaciones) en BioCubaFarma con respecto al resto de los sectores que componen la producción total en Biomedicina, el resto de los sectores que forman parte de esa producción están integrados por las Universidades, los Hospitales, Institutos Públicos de Investigación y el resto de los centros que componen el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

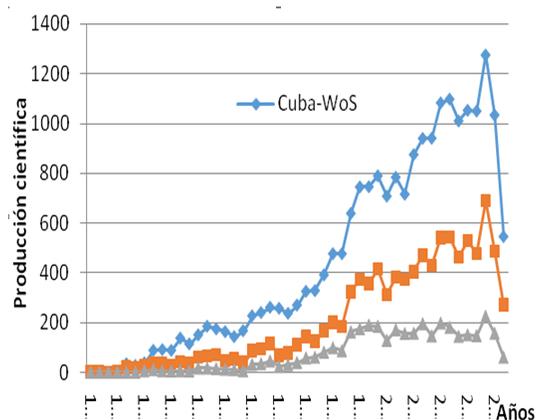


Figura 1. Comparación de la Producción científica cubana general, en Medline y de BioCubaFarma en el WoS Fuente: Elaboración propia.

Entre el año 1962 a 1973 se crearon y organizaron 53 entidades de I+D entre las que destacaban instituciones médicas como los Institutos de Endocrinología; Cardiología y Cirugía Cardiovascular; Neurología y Neurocirugía; Oncología y Radiobiología; Gastroenterología; Angiología; Hematología e Inmunología; y Nefrología, así como hospitales y universidades médicas que pasaron a formar parte del Sistema Nacional de Salud.

Una excepción en estos años fue el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC) que se funda en el año 1965. Se acota que en ese momento la institución pertenecía al Ministerio de Educación Superior posteriormente es que pasa al sector biotecnológico por la misión y el papel que comenzó a desempeñar en el desarrollo científico – tecnológico del país.

Esta etapa está caracterizada por la formación de una masa crítica de recursos humanos dedicado a la Investigación y el Desarrollo (I+D) que pudiese consagrarse a la obtención de resultados (Capote, 1998). Así como en la institucionalización de la ciencia, a partir de la creación de centros de investigación, por ejemplo durante el período de 1962 a 1973 se crearon y organizaron 53 entidades de I+D en áreas que abarcaban desde las ciencias exactas y naturales hasta las médicas, tecnológicas, agrícolas y sociales. Durante la década del 60 se crearon los Institutos de Endocrinología; Cardiología y Cirugía Cardiovascular; Neurología y Neurocirugía; Oncología y Radiobiología; Gastroenterología; Angiología; Hematología e Inmunología; y Nefrología, así como hospitales y universidades médicas que pasaron a formar parte del Sistema Nacional de Salud. La primera etapa de análisis refleja la producción científica de estos centros de investigación.

A partir de mediados de los ochenta se comienzan a dar los pasos para la creación del llamado “Frente Biológico” hoy antecedente de BioCubaFarma. En ese momento el “Frente Biológico” estaba formado por pequeños grupos de investigadores que procedían de los centros de investigaciones, institutos nacionales y facultades universitarias que ya habían sido creados y trabajaban en diferentes proyectos importantes para el país, como el descubrimiento de una vacuna contra la *Neisseria meningitidis serogrupo B*, la cual serviría para dar respuesta a una epidemia de proporciones sin precedentes. Este grupo se formó entre 1989 y 1990, sin embargo desde su gestación comenzaron a producir resultados de interés para la comunidad internacional.

El CIGB refleja 1144 resultados científicos (Ver Figura 2) publicados en un menor período de tiempo (desde 1986) que el CNIC. Este centro nacional se posiciona en un segundo lugar en la comunicación de sus resultados, se acumulan desde 1973 hasta la fecha 1030 registros. Sobresalen también CNeuro y el CIM. Se acota que el actual CNeuro pertenecía al CNIC y tiene varias publicaciones asociadas a este último (como afiliación), no tenía una identidad propia. Esto es importante, porque este colectivo de autores contiene muchas más investigaciones sobre el tema asociado a las neurociencias.

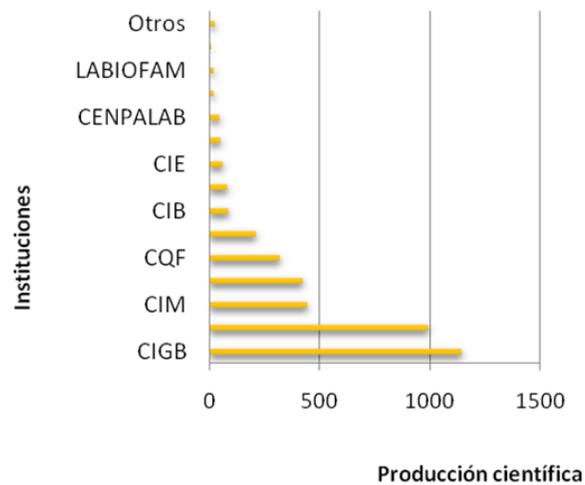


Figura 2. Producción científica de los centros que integran a BioCubaFarma. Fuente: Elaboración propia.

En la etiqueta “Otros” de la Figura 7 se encuentran registrados 6 centros que juntos acumulan 25 registros en el período analizado. Estos son Histoterapia Placentaria, AICA, laboratorios Roberto Escudero, LIORAD, Novatec y MedSol.

Si se analiza la producción por año de estas instituciones se podrá apreciar fluctuaciones y períodos donde la comunicación de sus resultados científicos alcanza picos importantes (Ver Figura 3). El CQF desaparece como centro, en el 2011 se fusiona con el Centro de Antígenos Sintéticos de la Universidad de La Habana para formarse el CQB (Centro de Química Biomolecular).

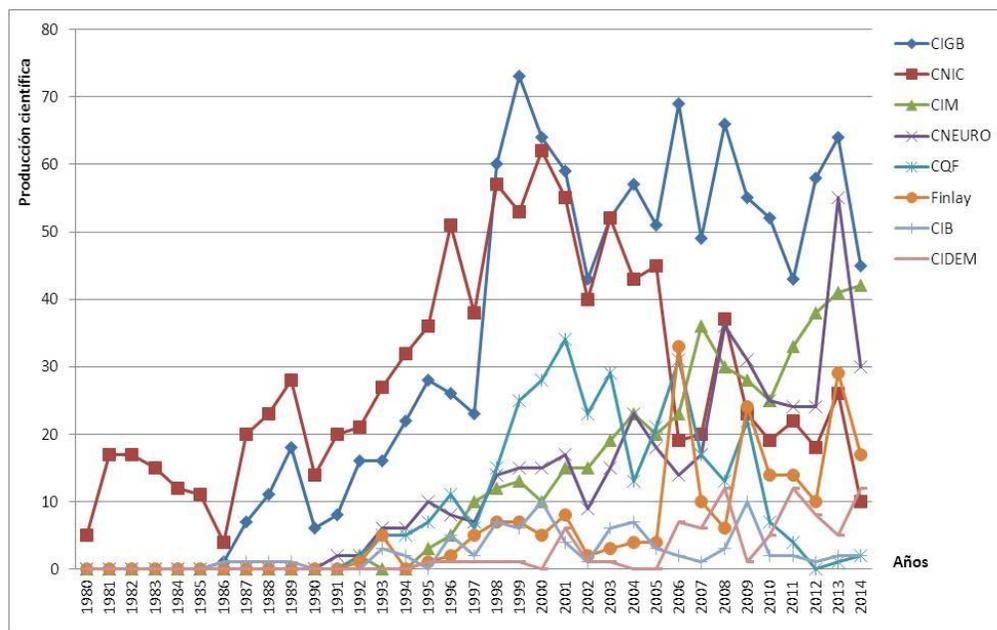


Figura 3. Dinámica de la comunicación científica de los centros más productivos de BioCubaFarma. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3 se destaca al CNIC que de más de 60 artículos publicados en el año 2000 produjo en el 2014 solo 10 artículos. En los últimos 14 años el CIGB mantiene una estabilidad moderada en su producción científica, oscilando su actividades entre aproximadamente 50 – 60 artículos publicados anualmente. El CIM destaca con un crecimiento exponencial y sostenido, mientras que CNeuro ha mantenido un crecimiento constante con algunos períodos de fluctuación negativa entre el 2008 y el 2012 donde denota un crecimiento. El Instituto Finlay se mantiene con fluctuaciones entre 10 y 30 artículos anuales entre el 2005 a la fecha. Evidentemente, el liderazgo en niveles de actividad científica no lo tiene en estos momentos el CNIC, sino centros como el CIGB, el CIM y CNeuro que mantienen crecimientos exponenciales en la comunicación y visibilidades de sus resultados investigativos.

Colaboración científica dentro del sector BioCubaFarma

La colaboración entre los centros que componen el sector es representada en la Figura 4. BioCubaFarma ha surgido con la filosofía de potenciar la colaboración entre las instituciones y la sección dedicada a la biotecnología surge de los Polos Científicos. Los cuales consideraban entre sus propósitos a la colaboración de instituciones de alta tecnología con universidades, otros centros de investigación y entre ellos mismos.

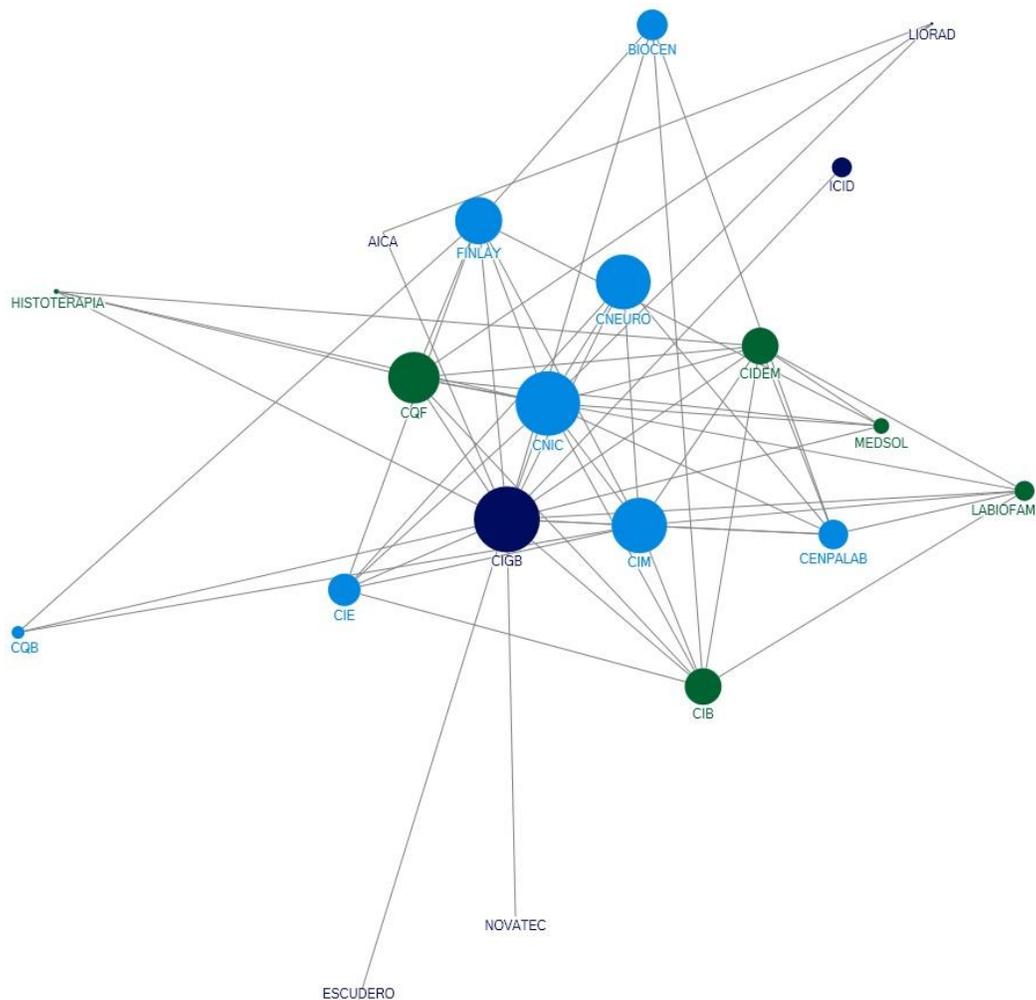


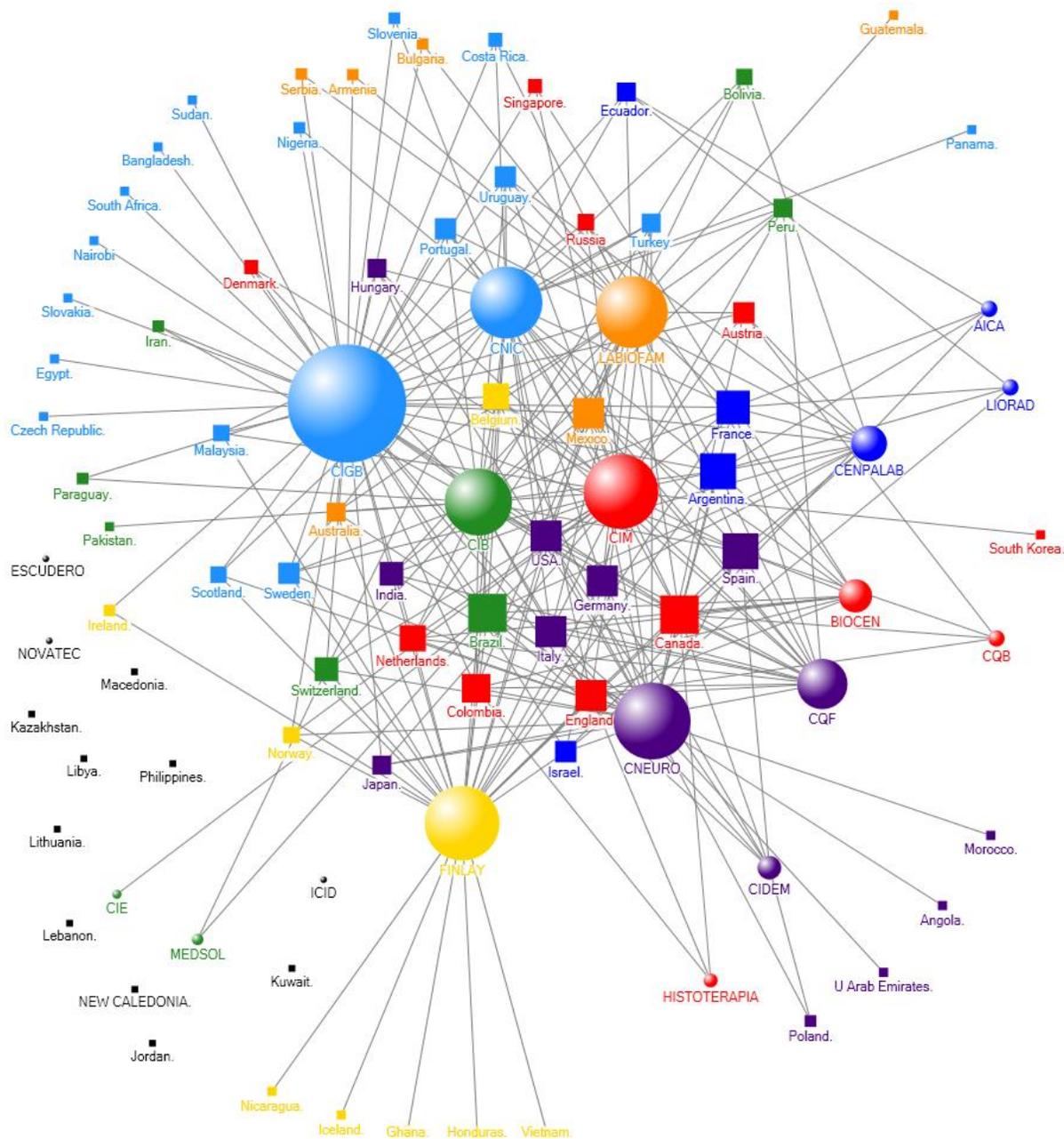
Figura 4. Colaboración entre las Instituciones que componen el sector BioCubaFarma. Fuente: Elaboración propia.

De los centros pertenecientes al sector, los procedentes de la Industria farmacéutica tienen menos actividad colaborativa, mientras que los que provienen del Polo Científico mantienen una mayor colaboración e interacciones entre todos. Destacan el CIGB, el CNIC y el CIM, los tres centros están en el centro de la red y han mantenido colaboración con prácticamente todas las instituciones del sector. Sin embargo, el CNIC ha colaborado en mayor medida con el antiguo CQF, el CQB y el CIB. El CIGB ha mantenido su mayor colaboración con el CIM, la cual representa el 31% del total de la colaboración de esa institución. En resumen, el CNIC, CIGB y CIM reúnen el 22%, 21% y 12% de toda la colaboración interna en el sector. Lo cual representa el 55% de toda la colaboración interna.

Existen instituciones muy aisladas como LIORAD, AICA, ESCUDERO, HISTOTERAPIA, ICID y NOVATEC. Todos ellos mantienen poca actividad colaborativa, la colaboración de todos ellos solo representa el 2,2% de todo lo analizado.

Colaboración científica internacional

La representación de la Figura 5 muestra que Cuba ha desarrollado fuertes lazos de colaboración con los países tanto de Europa como América Latina. La colaboración hacia Europa está encabezada por España (con 16 un porciento) e Italia con un 9 %. Destacan los países Brasil, México y Argentina, que registran el 8%, el 7% y el 4%, respectivamente. De forma general, América Latina tiene muchos vínculos mutuos que son ilustrados en la Figura 5.



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

Figura 5. Representación de la Colaboración Internacional hacia países desarrollados y en desarrollo. Nota: Los círculos representan a las instituciones y los cuadros a los países. Fuente: Elaboración propia

Es de notar que a pesar de la no existencia de relaciones diplomáticas entre Cuba y los Estados Unidos (EE.UU.), BioCubaFarma registra 205 investigaciones con diversas instituciones de dicho país, destacan CNeuro y el CNIC (Figura 5 y el CNIC). De forma general (y considerando todos los campos de la ciencia) este país presenta 29% de colaboración, considerando toda la producción científica cubana registrada en el WoS durante el período analizado.

La colaboración es mayor hacia los centros del antiguo “Polo científico” que hacia las antiguas empresas del sector farmacéutico. Como se puede apreciar en la Figura 5, los centros MedSol, Aica, LioRad y CIDEM tienen una menor colaboración y se encuentra en la periferia de la Red (apreciar tamaño del círculo y posición en Figura 5). El resto de las instituciones del antiguo sector farmacéutico no registran trabajos en colaboración.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) (ver en la Figura 6, WHO) ha desempeñado un papel importante en la estimulación de la cooperación entre los países europeos y Cuba. Se han escrito 203 artículos donde ha participado este organismo.

Existe una correlación entre la producción científica de los centros y su índice de colaboración nacional e internacional. A nivel nacional el CNIC, CIGB y CIM (agrupados en el cluster de la esquina izquierda inferior, Figura 6). Ellas tres reúnen más del 50% de la colaboración internacional. Estas mismas instituciones mantienen una amplia colaboración con países que tradicionalmente mantienen una alta producción científica como Inglaterra y EE.UU. Destacan de Universidad de New York (NYU, Figura 6), con la cual se han mantenido vínculos por más de 16 años, así como la Universidad MacGill y de California. La experiencia de la biotecnología cubana ha sido implementar una estrategia donde se combina la colaboración y flujo de conocimientos con instituciones de Latinoamérica y de Europa, fundamentalmente, hacia las universidades. También se registra una significativa colaboración con centros e instituciones del Ministerio de Salud Cubano (MINSAP), tal como se aprecia en la Figura 6. Se puede identificar colaboración con centros como el IPK e institutos como los dedicados a la investigación oncológica (Instituto de Investigaciones Oncológicas) e inmunológica (Instituto de Hematología e Inmunología). Destaca la colaboración con la Universidad de La Habana y los centros médicos universitarios como las escuelas de medicina. Todo ello denota el cumplimiento de uno de los propósitos de los Polos Científicos y BioCubaFarma: fomentar la colaboración entre los diferentes actores científicos del país.

Se corrobora que la colaboración, sobre todo la industria biotecnológica cubana representada por los centros del antiguo “Polo Científico” son de alto nivel de integración y cooperación entre las instituciones científicas. Tal como decía Thorsteinsdóttir y autores (2004) el enfoque de "ciclo cerrado", hace hincapié en la investigación translacional y coordina el proceso completo entre las instituciones - desde la investigación hasta la comercialización - de un producto biotecnológico y se pone como ejemplo la obtención de la vacuna contra el *Haemophilus influenzae* tipo b vacuna de Cuba (Hib) que fue el resultado de la cooperación de cinco instituciones de diferentes sectores (Salud Pública, Educación e Industria Biofarmacéutica: la Universidad de La Habana (UH), Centro de Ingeniería Genética y

Biotecnología (CIGB), el Instituto Finlay, el Centro Nacional de Biopreparados (BIOCEN), y el Instituto Pedro Kourí de Enfermedades Tropicales (IPK).

Conclusiones

La colaboración científica puede ser una solución ante una tarea investigativa que no se puede abordar de forma independiente sino en grupos de trabajo. Se ha demostrado que ésta puede ser estudiada a partir de los resultados de las investigaciones recogido en las bases de datos (artículos) y las redes de co-autoría, las cuales pueden ser una evidencia de las estrategias de interacción en el desarrollo de investigación científica, sobre todo en centros de alta tecnología como lo es BioCubaFarma.

BioCubaFarma hace un aporte importante a la producción científica en biomedicina, la cual es de alrededor del 50% de todo lo producido por otros sectores del país. Existe transferencia y comunicación de conocimiento a nivel interno (entre las instituciones de BioCubaFarma), igualmente a nivel nacional. Se hace especial énfasis en la colaboración con instituciones del sector sanitario como hospitales, instituto de investigación y universidades médicas pertenecientes al Ministerio de Salud Pública. Lo cual es una evidencia de la estrecha relación de la investigación del sector con los problemas de la salud del país y la estrategia de “ciclo cerrado” de la biotecnología cubana.

Para el desarrollo de la biomedicina en Cuba, la colaboración no ha sido solo endógena sino que ha habido de manera importante transferencia y comunicación de conocimiento de Cuba hacia otros países y a la inversa. Igualmente, las instituciones biotecnológicas mantienen colaboración con países de todas las regiones del mundo y se han mantenido importantes flujos de conocimiento entre los grupos cubanos con los extranjeros como los del CIM, CIGB y CNIC. Sin embargo, la transferencia de conocimiento ha tenido mayor énfasis con universidad y centros públicos de investigación que con el sector privado o grandes empresas biofarmacéuticas importantes.

Al ser este tipo de estudios válidos para analizar el desarrollo científico – tecnológico de un país, se recomienda ampliar el estudio hacia la colaboración que se establece en patentes y

otras bases de datos más regionales como Scielo (que quizás ofrecería una visión desde una ciencia publicada en revistas de menos impacto, medido por el factor de impacto, pero quizás de mayor impacto social. Igualmente, se exhorta a usar las redes de colaboración como una estrategia para alcanzar mayor intercambio de conocimientos.

Bibliografía

1. Aguado, E., Becerril, A., Rogel, R., Sánchez, C., Casáte. R., Rodríguez, Y., (2012). Perfil de la actividad científica de Cuba 2005-2010, en Revistas Iberoamericanas de acceso abierto. México. Universidad Autónoma del Estado de México.
2. Arencibia, R., De Moya, F. (2008) La evaluación de la investigación científica: una aproximación teórica desde la cienciometría. ACIMED, v.17, n.4, Abril 2008, Ciudad de La Habana
3. Arencibia-Jorge, R., Corera-Alvarez, E., Chinchilla-Rodríguez, Z., & de Moya-Anegón, F. (2016). Scientific output of the emerging Cuban biopharmaceutical industry: a scientometric approach. *Scientometrics*, 108(3), 1621-1636.
4. Begun, KJ; Sami, LK; (1988). Research collaboration in agricultural science. *International Library Review*, v. 20, n. 1, p. 57-63.
5. Bush and Lowell H. Hattery. (1956). Teamwork and Creativity in Research: *Administrative Science Quarterly*. Special Issue on the Administration of Research. Vol. 1, No. 3, pp. 361-372.
6. Crane, D. (1969). Social structure in a group of scientist: a test of the “invisible college” hypothesis. *American Sociology Review*, 34, 335-352.
7. Crane, D. (1972). *Invisible college: diffusion of knowledge in scientific communities*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
8. De Moya, F., Herrero, V. (1999). Science in America Latina: A comparison of Bibliometrics can scientific-technical indicator. *Scientometrics*, Vol, 46, No. 2, 299-320.
9. De Solla Price, D.J. (1966). *Little Science, Big Science*. Columbia Univ. Press, New York.

10. De Solla Price, D.J., Beaver, D. (1966). Collaboration in an invisible college. *American Psychologist*, 21, 1011–1018.
11. De Solla Price, D.J., Gürsey, S. (1976). Studies in Scientometrics. Part 1. Transience and continuance in scientific authorship. *International Forum on Information and Documentation*. 1, 17–24.
12. Evenson, D. (2007). Cuba's Biotechnology Revolution. *MEDICC Review*, Fall 2007, Vol 9, No 1.
13. Freeman, C.; White, R.; Romney, K. (ed.) (1992). *Research Methods in Social Network Analysis*. New Brunswick. (USA), Londres: Transaction Publishers.
14. Gaceta Oficial de la República de Cuba (2012). No. 052 Extraordinaria, de 07 de Diciembre de 2012
15. García Capote, E. (2015). La Idea de un Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación en Cuba: Orígenes, Vicisitudes, Futuros. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*. Vol.5 No.1.
16. Garrido, Antoni El aprendizaje como identidad de participación..., Barcelona, 2003 e Internet
17. Grauwil, S., Jensen, P. (2011) Mapping scientific institutions. *Scientometrics*, 89(3): 943-54.
18. Guan, J., Zuo, K., Chen, K., & Yam, R. C. (2016). Does country-level R&D efficiency benefit from the collaboration network structure?. *Research Policy*, 45(4), 770-784.
19. Katz, J. and B. Martin. 1997. What is research collaboration? *Research Policy*, v. 26, n.1, p.1-18, 1997.
20. Lage Dávila, Agustín (2007). *Biotecnología en Cuba*, en sitio:
21. Newman, M. E. J. The structure of scientific collaboration networks. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2001 Jan 16; 98(2): 404–409.
22. Patel, Narsi. (1973) Collaboration in the professional growth of American Sociology. *Social Science Information*, v. 12, n. 6, p. 77-92, Dec. 1973.
23. Scott, John (1991). *Social Network Analysis*. Newbury Park, Londres: Sage.

24. Structure. Versión 4.2. (1991). Programa de ordenador. Nueva York: Center for Social Sciences. Columbia University
25. Thorsteinsdóttir, H.; Sáenz, T.; Quach, H.; Daar, AS.; Singer, PA. (2004). Cuba—innovation through synergy. *Nature Biotechnology* 22, DC19 - DC24 (2004)
26. Wagner, C. S. y Leydesdorff, L. (2003). Seismology as a dynamic, distributed area of scientific research. *Scientometrics*, 58, 91-114.
27. Wagner, Caroline S. (2008) 'The New Invisible College: Science for Development.' Brooking Press: Washington DC. ISBN