

La bioingeniería en el Caribe colombiano: historia y evolución

Alejandro E. Romero Santiago, cebi@uac.edu.co, alerome@ieee.org
Director Centro de Bioingeniería Cebi-UAC
Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia

Resumen— La región Caribe colombiana y en especial Barranquilla, considerada su capital política, cultural y financiera, ha sido pionera en muchos aspectos de la vida nacional. Grandes desarrollos como el primer vuelo en avión (1912), la primera aerolínea del continente americano y segunda del mundo SCADTA (1919), el primer correo aéreo (1919), las primeras empresas públicas del país (1925) y la primera emisora comercial La voz de Barranquilla (1929), entre muchos otros, han tenido su asiento en esta ciudad [1]. Tal vez con relación a la Bioingeniería, la ciudad y la región ocupen también un lugar importante en el podio de los forjadores de esta disciplina en el país. El objetivo del presente artículo está enfocado a emprender un viaje por la historia de la bioingeniería en la región Caribe, abordando sus logros y alcances de cara al siglo XXI.

Palabras clave— Bioingeniería, Ingeniería Biomédica, Región Caribe Colombiana.

I. INTRODUCCIÓN

Definir un punto de inicio en el desarrollo de la bioingeniería en la región Caribe colombiana es una tarea tan ardua como establecer quiénes fueron sus primeros protagonistas. Sin embargo, cuatro grandes personajes en esta tierra han marcado la pauta en cuanto al desarrollo en el campo biomédico se refiere: el doctor Salomón Hakim con su válvula para el tratamiento quirúrgico de la hidrocefalia, el doctor Cesar Carlos Carriazo con sus patentes en cirugía refractiva, el doctor Issa Sabbag, fundando en 1957 el primer centro de radiología en Barranquilla y el doctor Luís Escaf Jaraba, con el desarrollo de un bisturí ultrasónico para la cirugía de cataratas.

El doctor Salomón Hakim [2] nació en Barranquilla en 1929, adelantó sus estudios de medicina en la Universidad Nacional de Bogotá, y se especializó en neurología, neurocirugía y neuropatología en la Harvard Medical School en EE.UU. Es reconocido por sus aportes en la descripción de la hidrocefalia con presión constante del líquido cefalorraquídeo, cuadro clínico que lleva su nombre, síndrome de Hakim (1964), y en el campo de la ingeniería biomédica su contribución es notable introduciendo a la práctica neuroquirúrgica el desarrollo de una válvula de presión fija para el drenaje del líquido cefalorraquídeo, conocida mundialmente como la válvula de Hakim. Ha obtenido múltiples patentes por diversos inventos en el área, otorgadas por la Oficina de Patentes de Estados Unidos de América y posee diversas publicaciones en revistas especializadas. Sus tres hijos han continuado con su legado, especialmente el doctor Carlos Hakim, ingeniero biomédico, Ph.D. del Massachusetts Institute of Technology, el cual junto con su padre diseñó la válvula de Hakim de presión variable.

Por su parte, el doctor Cesar Carlos Carriazo, médico oftalmólogo nacido en 1967, es pionero en la introducción de tecnología para la corrección de problemas refractivos y para el tratamiento de cataratas. Cuenta con ocho patentes de reconocimiento mundial, destacándose el “Microquerátomo Carriazo-pendular y la queratoplastia lamelar con láser asistida por paquimetría”. Fundó en 1999 el Centro Oftalmológico Carriazo en la ciudad de Barranquilla, ofreciendo

servicios para la corrección de defectos refractivos, trasplantes corneales y el tratamiento de diversas patologías oftalmológicas, constituyéndose además en un espacio para la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico [3].

En cuanto al doctor Issa Sabbag, se destacó por la introducción y aplicación de tecnología de punta en el campo de las imágenes diagnósticas, y hoy en día su compañía, *Sabbag Radiólogos*, es pionera en el manejo de las imágenes digitales en Colombia y en Suramérica. Esta empresa fue fundada en 1957 en Barranquilla, ofreciendo servicios de radiología e imágenes diagnósticas a la comunidad local y regional. Actualmente está dotada con equipos de última generación, entre los que se destacan la resonancia magnética de alto campo, la tomografía computarizada helicoidal multicorte, el ultrasonido 3D-4D, entre otros [4].

Por último, terminamos este recorrido a través de los anales de los ilustres representantes de la bioingeniería en la región Caribe colombiana con el doctor Luís Escaf Jaraba, Oftalmólogo costeño, inventor del *Ultrachopper*, bisturí ultrasónico que puede ser utilizado para la división de cataratas de todo tipo de dureza, de manera fácil, efectiva y segura para el paciente [5]. El instrumento ya ha sido patentado y sus derechos de fabricación y distribución han sido cedidos a la casa *Alcon* de Estados Unidos de América, multinacional con gran dominio en el campo de la instrumentación para la intervención de cataratas. Así mismo, el doctor Escaf fundó hace 25 años la Clínica Oftalmológica del Caribe, de la cual es actualmente Director Científico. Esta Institución está ubicada en la ciudad de Barranquilla y está orientada a la prevención, diagnóstico, tratamiento, investigación y enseñanza de la salud visual en la población del Caribe colombiano [6].

Los casos descritos anteriormente denotan los grandes avances registrados en las últimas cuatro décadas del siglo XX en materia de desarrollo tecnológico en el campo de la medicina, impulsados por personalidades e instituciones oriundas de la región Caribe. Sin embargo, es a principios de la presente década que la bioingeniería empieza a tomar asiento y a organizarse como disciplina. La constitución del Capítulo Caribe de la Asociación Colombiana de Bioingeniería y Electrónica Médica, *ABIOIN-Caribe*, y la conformación de grupos de investigación afines al ámbito de la bioingeniería e ingeniería biomédica en diversas instituciones de educación superior de la región, permitieron este gran salto hacia el futuro.

II. CAPÍTULO *ABIOIN - CARIBE*

La organización del *I Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica* y la *II Ronda Nacional de Proyectos en Tecnología Biomédica*, llevados a cabo entre los días 15 y 18 de octubre de 2003 en la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, fue un hecho trascendental para el avance de la bioingeniería en Colombia, en general, y para la región Caribe, en particular, ya que en este espacio se establecieron los cimientos para la creación del Capítulo *ABIOIN-Caribe* y se sembró la semilla que posteriormente germinó en la consolidación del movimiento estudiantil afín a la bioingeniería en el Caribe colombiano.

En este evento se realizó una reunión convocada por *ABIOIN*, donde se planteó la preocupación por parte de la Junta Directiva Nacional, encabezada por el doctor Isnardo Torres, de la poca incidencia que tenían algunas regiones, entre ellas la región Caribe, en las decisiones y políticas de la asociación. Es por ello que se hizo un llamado para que estas regiones, que aún no estaban adscritas a este organismo, conformaran capítulos regionales tendientes a expandir las fronteras de influencia de la asociación, proyectando el carácter nacional de *ABIOIN* y mejorando de esta forma los lazos de cooperación nacional. Lo anterior también condujo a brindar mayores espacios de participación a instituciones de formación de otras zonas del país.

A raíz del compromiso adquirido ante la Junta Directiva Nacional de propender por la creación del Capítulo Caribe de la Asociación Colombiana de Bioingeniería y Electrónica Médica *ABIOIN-Caribe*, tres instituciones de educación superior de la región y específicamente del departamento del Atlántico, a saber la Universidad Autónoma del Caribe, la Universidad del Norte y el Instituto Tecnológico de Soledad-Atlántico *ITSA*, lideraron esta iniciativa. En el marco del *I^{er} Encuentro de Bioingeniería y Electrónica Médica-Región Caribe*, organizado por el programa de ingeniería electrónica y telecomunicaciones de la Universidad Autónoma del Caribe el día 12 de noviembre de 2004, se convocaron a profesionales, académicos y científicos del área de la salud, la ingeniería, la tecnología biomédica y áreas afines a la bioingeniería con domicilio en diferentes ciudades de la región Caribe, con el fin de sentar las bases para la creación y conformación del Capítulo *ABIOIN-Caribe*, cuyo objetivo primordial es incentivar y fomentar el desarrollo de la bioingeniería en esta zona del país. La reunión contó con la distinguida presencia del doctor Isnardo Torres, presidente de *ABIOIN* y miembro de la Junta Directiva Nacional. Sin embargo, sólo fue hasta marzo de 2007 que oficialmente se constituyó *ABIOIN-Caribe*, siendo registrada ante la Cámara de Comercio de Barranquilla. En la tabla 1 se presenta los miembros de la Junta Directiva:

PRESIDENTE	Ing. Alejandro Ernesto Romero Santiago
SECRETARIO	Doctor Habib Adolfo Santiago González
TESORERO	Ing. Ingrid Oliveros Pantoja
VOCAL	Ing. Jaime Fernando Delgado Saa
VOCAL	Ing. Ivette Patricia Jiménez Guardiola

Hoy en día se ve con optimismo que otros capítulos como el de Cundinamarca y el del Eje Cafetero también han logrado consolidarse, esperando únicamente por el Capítulo Occidente, en proceso de conformación. Por lo tanto, el *I Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica* quedará registrado en la historia de la bioingeniería en Colombia como el evento que prendió la chispa para la expansión de la bioingeniería e ingeniería biomédica en el país. No obstante, es conveniente recordar que en el año 1996 se celebró en la ciudad de Bucaramanga la VI Reunión del Consejo Regional de Ingeniería Biomédica para América Latina *CORAL*, liderada también por el doctor Isnardo Torres. A este evento asistieron representantes de diferentes universidades colombianas los cuales contaron con la inmensa oportunidad de conocer el desarrollo alcanzado en esta área en otros países de la región. Este intercambio sin duda produjo un importante impulso a la bioingeniería y a la ingeniería biomédica en Colombia.

III. GRUPOS DE INVESTIGACIÓN EN BIOINGENIERÍA DEL CARIBE

En el año 2003 se conformaron grupos, líneas de investigación y movimientos estudiantiles con intereses afines al campo biomédico en las tres instituciones de educación superior que lideraron el proceso de constitución del Capítulo *ABIOIN-Caribe*. El Centro de Bioingeniería de la Universidad Autónoma del Caribe, *Cebi-UAC*, el Grupo de Investigación en Lógica Programable y Procesamiento Digital de Señales, *Gilp&Dsp*, del Instituto Tecnológico de Soledad-Atlántico *ITSA*, el cual contaba con una línea de investigación en dispositivos biomédicos, y el Grupo Estudiantil de la Universidad del Norte, *Bio UNing*, jugaron un papel preponderante en la creación del Capítulo *ABIOIN-Caribe*. Estos grupos asumieron la responsabilidad para fomentar la adquisición, interiorización, difusión y creación de conocimientos en sus comunidades académicas e investigativas en el campo de la bioingeniería. Posteriormente, en el año 2005 la Universidad Simón Bolívar, a través de su Centro de Investigaciones Biomédicas *CIBM*, se vinculó a la orquesta de la bioingeniería en la región con su Grupo de Investigaciones en Ingeniería Biomédica del Caribe, *IngeBioCaribe*, liderado por el doctor en Física Luis Carlos Castro Ortiz.

Centro de Bioingeniería de la Universidad Autónoma del Caribe, Cebi-UAC

Cebi-UAC, sigla que responde al nombre de Centro de Bioingeniería de la Universidad Autónoma del Caribe, es un grupo de investigación orientado a la adquisición, interiorización y creación de conocimientos en el contexto de la bioingeniería, promoviendo a su vez la aplicación de las ciencias ingenieriles a la medicina y biología. Fue el primer grupo de su clase en la región Caribe colombiana y constituye un punto de obligada referencia para la valoración de la evolución de la bioingeniería en la región. Las actividades a nivel académico, investigativo, profesional y de desarrollo experimental del Centro de Bioingeniería de la Universidad Autónoma del Caribe *Cebi-UAC* se enmarcan en las siguientes grandes áreas, de las cuales se desprenden las líneas de investigación y desarrollo: ingeniería biomédica, biomecánica y bioinformática.

Uno de sus primeros grandes logros fue participar en el III Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica *III CLAEB'2004*, efectuado en la ciudad de Joao Pessoa, Brasil, los días 22 a 25 de septiembre de 2004 con la presentación de los trabajos "*Diseño de una prótesis mioeléctrica para discapacitados de la extremidad superior*" (M. Sánchez, O. Rodríguez y A. Romero) y "*Design and implementation of an equipment for the acquisition and visualization in PC of electroencephalographs signals*" (G. Borja, T. Ortega and A. Romero), constituyéndose junto con *Gilp&Dsp* del Instituto Tecnológico de Soledad-Atlántico *ITSA* en los únicos grupos de Colombia que participaron en este evento.

Adicionalmente, para Colombia este congreso tuvo una especial importancia ya que gracias a la gestión adelantada por la doctora Martha Zequera, en representación del doctor Isnardo Torres, Colombia y en especial *ABIOIN*, fue aceptada nuevamente dentro del Consejo Regional de Ingeniería Biomédica para América Latina *CORAL*, curul que había perdido por la inasistencia de un representante de Colombia a reuniones anteriores de *CORAL* debido a dificultades económicas.

Grupo de Investigación en Lógica Programable y Procesamiento Digital de Señales, Gilp&Dsp

Gilp&Dsp tuvo su origen en el programa de tecnología en electrónica del *ITSA*, el cual posteriormente evolucionó al Grupo de Investigación en Innovación y Tecnología *GIIT*. En sus inicios, *Gilp&Dsp* estaba enfocado al fomento de la actividad investigativa y desarrollo tecnológico en torno a la microelectrónica, los dispositivos lógicos programables, los lenguajes de descripción de hardware y el procesamiento digital de señales. Hoy en día, su espectro es más amplio comprendiendo todo lo relacionado con la innovación, el diseño, el desarrollo y la adaptación de las tecnologías para la solución de las necesidades del sector empresarial en su radio de acción [7]. Su primer gran trabajo de desarrollo tecnológico en el campo de la ingeniería biomédica lo constituyó el proyecto “*Design and construction of a portable breathing frequency monitor using the method of transthoracic impedance*” (A. Romero, L. Vásquez and J. Barros), el cual también fue presentado en III Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica *IIICLAEB'2004* en Joao Pessoa, Brasil.

Grupo Estudiantil de la Universidad del Norte, BioUNing

Este grupo, liderado por la ingeniera Ingrid Oliveros Pantoja, docente e investigadora de la Universidad del Norte en Barranquilla, cuenta con amplia experiencia en el desarrollo de dispositivos biomédicos orientados al campo de la rehabilitación y la terapia ocupacional. Destacan entre sus trabajos los proyectos: “*Diseño de equipos para apoyo en terapias a infantes con discapacidad cognitiva*”, “*Entrenador de lenguaje para niños con parálisis cerebral*”, “*Dispositivo electrónico usado en terapias para estimular el habla en niños con problemas de autismo*”, entre otros. *BioUNing* se caracteriza por desarrollar proyectos de bioingeniería de alto impacto social, como ellos mismos lo establecen [8].

Grupo de Investigaciones en Ingeniería Biomédica del Caribe, IngeBioCaribe

El Grupo de Investigaciones en Ingeniería Biomédica del Caribe, *IngeBioCaribe*, es un grupo que tiene como objetivo investigar la estructura, función y alteraciones del Sistema General de Seguridad Social en Salud *SGSSS* en Colombia y el estado de la técnica de la tecnología biomédica en el Caribe, con el fin de proponer soluciones reales a las distintas problemáticas existentes en términos de bioingeniería, que conduzcan a la optimización de los servicios de salud y al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del Caribe colombiano. *IngeBioCaribe* ha adelantado proyectos en el ámbito de la ingeniería clínica, la bioinstrumentación y la bioinformática, específicamente en biocomputación, telemedicina y e-Salud [9]. Una de sus grandes contribuciones al desarrollo de la bioingeniería en la región ha sido la organización del *Primer Congreso Internacional de Investigaciones Biomédicas del Caribe Colombiano* que se llevó a cabo los días 12 y 14 de octubre de 2005, el cual constituyó un punto de encuentro para profesionales, académicos, investigadores y estudiantes con intereses comunes a la bioingeniería. Fue en este congreso que surgió la iniciativa de la conformación de la Red de Grupos de Investigación en Bioingeniería del Caribe Colombiano *RedBioCaribe*.

Las actividades adelantadas en torno a la bioingeniería no solamente se restringen a instituciones y grupos de investigación del departamento del Atlántico. Otras instituciones de educación superior como la Universidad del Magdalena (con proyectos relacionados a la valoración del estado de descomposición del pescado a través de técnicas de bioimpedancia y el análisis de la señal ECG por transformada wavelet), la Universidad Popular del Cesar (en el área del procesamiento de imágenes) y la Universidad Tecnológica de Bolívar (con adelantos afines a las redes neuronales artificiales), también han sumado al afianzamiento de la bioingeniería en la región.

IV. REDBIOCARIIBE

RedBioCaribe constituye la Red de Grupos de Investigación en Bioingeniería del Caribe Colombiano y es una iniciativa liderada inicialmente por el Centro de Bioingeniería de la Universidad Autónoma del Caribe, *Cebi-UAC*, el Grupo Estudiantil y de Investigación en Bioingeniería, *BioUNing*, de la Universidad del Norte y el Grupo de Investigaciones en Ingeniería Biomédica del Caribe, *IngeBioCaribe*, de la Universidad Simón Bolívar. Tiene como misión contribuir desde el marco de acción de la ingeniería con la solución de problemas en el área de la salud y afines, para los sectores público, privado y gremios de la región Caribe colombiana. Nació en el 2005 y su propósito primordial se enfocaba a establecer sinergias entre los diferentes actores de la bioingeniería en la región con el objeto de fomentar un trabajo más participativo y colaborativo, un mejor aprovechamiento de los recursos humanos y técnicos, evitando la duplicación de esfuerzos y promoviendo la formulación y ejecución de proyectos interinstitucionales en el marco de esta disciplina.

La invitación extendida a *RedBioCaribe* por parte de la Universidad Autónoma Metropolitana de México, Unidad Iztapalapa, *UAM-I*, a participar en un intercambio académico realizado entre los días 26 y 30 de junio de 2006 en sus instalaciones en Ciudad de México, D.F. fue un gran reconocimiento a la labor desempeñada por cada uno de los grupos que conformaban la red, en pro del impulso inyectado al avance y consolidación de la bioingeniería en la región Caribe y en Colombia. En este intercambio se hicieron públicos el modelo de red, los alcances y perspectivas de *RedBioCaribe*, se presentó una breve descripción de cada grupo y de sus proyectos más representativos. A su vez, se tuvo la oportunidad de explorar los avances y adelantos que en materia de bioingeniería había alcanzado la Universidad Autónoma Metropolitana de México, Unidad Iztapalapa, *UAM-I*, y compartir conocimientos con sus docentes e investigadores. Adicionalmente, se contó con el acompañamiento y apoyo de la doctora Martha Zequera, quien en su calidad de presidenta del Capítulo Colombiano de la Sociedad de Ingeniería en Medicina y Biología *EMB-IEEE*, monitoreó y avaló la labor desempeñada por *RedBioCaribe* ante la *UAM*. Sin duda esta experiencia también le dio un gran empujón a la consolidación de la bioingeniería en la región y un reconocimiento internacional a los avances obtenidos en esta zona del país.

En el marco de esta red se ejecutó el proyecto “*Creación de un departamento de ingeniería clínica para una institución de salud de tercer nivel en la ciudad de Barranquilla (Colombia)*”, desarrollado conjuntamente por *Cebi-UAC*, *IngeBioCaribe* y la Clínica de la Costa. Este proyecto, liderado por los ingenieros Jair Villanueva y Roxana Saavedra, egresados del programa de ingeniería electrónica y telecomunicaciones de la Universidad Autónoma del Caribe y miembros de *Cebi-UAC*, fue el primer trabajo en ingeniería clínica y gestión tecnológica hospitalaria realizado en la región Caribe, y fue nominado al “Premio al investigador joven” en el marco del IV Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica *CLAIB2007*, llevado a cabo en Isla Margarita-Venezuela, del 24 al 28 septiembre de 2007. En este evento, es de destacar la participación masiva de grupos de investigación y universidades de todas las regiones de Colombia a través de ponencias y pósters.

V. EMPRENDIMIENTO EN EL CAMPO DE LA BIOINGENIERÍA

La región Caribe colombiana cuenta también con un caso exitoso de una empresa de base tecnológica que surgió a partir de un proyecto de innovación y desarrollo tecnológico adelantado por un grupo de investigación. El proyecto empresarial tuvo sus inicios en el Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico, *ITSA*, en donde se diseñó y construyó un equipo biomédico portátil capaz de monitorear la frecuencia respiratoria de un paciente, mostrando a través de una interfaz de visualización no sólo el valor numérico de esta información biomédica sino adicionalmente la forma de onda de la señal respiratoria. Este proyecto fue presentado en el III Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica *IIICLAEB'2004*, efectuado en Brasil, como se comentó anteriormente.

Hoy en día, el proyecto empresarial es una realidad y se denomina Bioinger Ltda. Esta empresa fue creada el 21 de octubre de 2006 con recursos de la *Convocatoria Nacional No. 021 de 2005* que buscaba “Presentar proyectos de apoyo a creación de empresas innovadoras de base tecnológica”, auspiciada por el SENA. El proceso de incubación empresarial fue apoyado por la Fundación Incubadora de Empresas de Base Tecnológica del Caribe-Incubar del Caribe, hoy Avanza Atlántico, y la Cámara de Comercio de Barranquilla. Actualmente, Bioinger Ltda. es una empresa de base tecnológica, con domicilio en la ciudad de Barranquilla, Colombia, orientada a satisfacer las necesidades tecnológicas del sector salud mediante la gestión del conocimiento, la investigación, la innovación y el desarrollo de tecnología en los campos de la bioingeniería e ingeniería biomédica.

VI. REFLEXIONES FINALES

Es probable que la bioingeniería en Colombia haya tenido sus inicios a partir de la segunda mitad del siglo XX con el diseño del primer marcapasos por parte del ingeniero Jorge Reynolds Pombo, la invención de la válvula de Hakim o los valiosos aportes del ingeniero Ignacio Escobar Mejía, considerado como el “Padre de la bioingeniería en Antioquia”. Sin embargo, en los últimos diez años la bioingeniería en Colombia ha presentado una evolución vertiginosa, para lo cual los congresos nacionales han jugado un rol esencial. El primer congreso, realizado en Medellín en el año 2003, dio la cuota inicial para el desarrollo explosivo de la bioingeniería en el país, mientras que el *II Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica*, llevado a cabo en el Capitolio Nacional en Bogotá, los días 27 y 28 de octubre de 2005, mostró al país una bioingeniería madura, obteniendo el reconocimiento político merecido por tantos años de trabajo, esfuerzo y dedicación por parte de los bioingenieros colombianos.

El papel desempeñado por la Asociación Colombiana de Bioingeniería y Electrónica Médica *ABIOIN*, de la mano de su presidente el doctor Isnardo Torres, ha sido fundamental en este proceso, pero se hace necesario brindar un mejor

soporte y mayor apoyo a la asociación, fortaleciendo los capítulos regionales. Así mismo, la inclusión en la historia de la bioingeniería en Colombia del Capítulo Colombiano de la Sociedad de Ingeniería en Medicina y Biología *EMB-IEEE*, constituido en el marco del *II Congreso Internacional de la Región Andina-IEEE 2004* (ANDESCON 2004), llevado a cabo en Bogotá del 12 al 14 de agosto de 2004 y liderado por la doctora Martha Zequera, brindó un mayor dinamismo a la evolución de esta disciplina en el país. Vale la pena aclarar que la Asociación y el Capítulo *EMB-IEEE* no son organismos rivales, sino que, por el contrario, se complementan en un fin común como lo es el avance de la bioingeniería en Colombia.

Por su parte la región Caribe, antes relegada, ha ido posicionándose poco a poco en los anales de la historia de la bioingeniería en Colombia, con aportes cada día más significativos. Pido disculpas de antemano a tantos otros que han puesto su granito de arena para el éxito de la bioingeniería en la región Caribe colombiana y en el país en general, que no fueron mencionados en este artículo.

REFERENCIAS

- [1] Villalón J. Barranquilla en la historia. Foro: Barranquilla, Memoria Arqueológica, Histórica y Ambiental. En el marco de encuentros ambientales 2005. Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia. 7 de abril de 2005.
- [2] Biografía Hakim, Salomón. Biblioteca Luis Ángel Arango. Consultado el 19 de mayo de 2009 en: <http://www.lablaa.org/blaavirtual/biografias/hakisalo.htm>.
- [3] Cesar Carlos Carriazo. Centro Oftalmológico Carriazo. Consultado el 19 de mayo de 2009 en: [http://www.carriazo.com/visitado en 19/05/2009](http://www.carriazo.com/visitado%20en%2019/05/2009).
- [4] Historia. Sabbag Radiólogos. Consultado el 20 de mayo de 2009 en: http://www.sabbagradiologos.com/html/Perfil_Historia.asp.
- [5] Escaf Ultrachopper. Consultado el 20 de mayo de 2009 en: <http://www.escafultrachopper.com/>.
- [6] Clínica Oftalmológica del Caribe. Consultado el 20 de mayo de 2009 en: <http://www.cofca.com/>.
- [7] Centro de Investigaciones y Proyectos *CIP*. Instituto Tecnológico de Soledad, Atlántico, *ITSA*. Consultado el 21 de mayo de 2009 en: <http://www.itsa.edu.co/>.
- [8] Grupo de Investigación en Bioingeniería. Ingrid Oliveros. Consultado el 21 de mayo de 2009 en: <http://www.uninorte.edu.co/extensiones/IDS/>.
- [9] La investigación en la Universidad Simón Bolívar. Documento Institucional. Elaborado por el Instituto de Investigaciones. Universidad Simón Bolívar, Barranquilla, Colombia, 2007.