

La ingeniería biomédica: aplicación e impacto de la tecnología en salud

Clarena Cruz Fandiño*

Resumen

En este artículo de revisión se exploran las diferentes facetas de la ingeniería biomédica, desde sus inicios, maduración, técnicas, alcances y desarrollo actual en Colombia, con el fin de ofrecer un panorama de su importancia en el ámbito investigativo al interior de las universidades y los centros médicos, y de su impacto en el bienestar de la sociedad.

Palabras clave: biología, medicina, prótesis, tecnología

Abstract

This review article explores the different facets of biomedical engineering, from its beginnings, maturation, techniques, scope and current development in Colombia, in order to provide an overview of its importance in the field of research within universities and medical centers, and of its impact on the welfare of society.

Keywords: Biology, Medicine, Prosthetics, Technology

* Docente de Ingeniería Electrónica de la Corporación Unificada Nacional de Educación Superior (CUN). Contacto: clarena-solangelly@gmail.com

Introducción

La ingeniería biomédica es el resultado de la aplicación de los principios y técnicas de la ingeniería al campo de la medicina. Su definición más aceptada es la aplicación de los principios de la ingeniería a las ciencias de la vida. Esta disciplina se dedica fundamentalmente al diseño y construcción de productos sanitarios y tecnologías de salud tales como equipos médicos, prótesis, dispositivos médicos, dispositivos de diagnóstico (imagenología médica) y de terapia (Roa, 2016).

La ingeniería biomédica es una disciplina de reciente creación. Aún se encuentra en desarrollo si se compara con las demás ingenierías y las ciencias de la vida (medicina, farmacia, biología, biotecnología). Combina y orienta los criterios de diseño en ingeniería y las herramientas de análisis provenientes de las matemáticas, la física y la química hacia la resolución de problemas en medicina, biología, biotecnología, farmacia, etc. (Ingeniería Biomédica, 2014).

¿Qué diferencias hay entre la bioingeniería y la biotecnología?

Ingeniería biomédica y la bioingeniería son dos nombres utilizados para el mismo tipo de actividad. La ingeniería biomédica es la de aquellos ingenieros con sólidos conocimientos de matemáticas, física, electrónica, programación y análisis de la información que han recibido formación específica en biología y medicina, y que se orientan a participar en proyectos como: el diseño de equipos electrónicos que se utilizan en hospitales y diagnóstico médico; el análisis de los datos del genoma humano para la identificación de posibles nuevos fármacos; el diseño de programas que permitan analizar la estructura tridimensional de proteínas; el diseño de una bomba de insulina; el modelado de órganos fisiológicos (modelos de corazón, del sistema vascular, del sistema nervioso); el análisis de datos de pacientes en una unidad de cuidados intensivos; el análisis de imágenes de rayos X (TAC), resonancia magnética nuclear (IRM), tomografía de emisión de positrones (PET); el diseño de *software* y algoritmos para aplicaciones bioinformáticas, de gestión hospitalaria, telemedicina y asistencia domiciliaria. También se entiende por ingeniería biomédica aquella disciplina que

se dedica al diseño de prótesis óseas, válvulas para el sistema cardiovascular, miembros ortopédicos, tecnologías de apoyo a la discapacidad, entre otras aplicaciones médicas (Soto, 2009).

La biotecnología es una titulación más cercana a la química, la bioquímica, la biología o la farmacia. Su herramienta de trabajo es el laboratorio biológico. Los profesionales en esta rama del conocimiento participan en proyectos de regeneración tisular, tecnología de los alimentos, aplicaciones de microorganismos para la agricultura, el medioambiente y la salud, diseño de nuevos fármacos y terapia. Algunos ejemplos de trabajos que pueden realizar los biotecnólogos son: mejorar el proceso de fermentación de algunos alimentos, crear alimentos enriquecidos en Omega-3, diseñar un fármaco que sea absorbido de un modo más eficiente por el organismo, diseño y mejora de procesos ambientales, etc.

Dentro de las secciones de IEEE, la ingeniería biomédica es reconocida en medicina y biología dentro del capítulo "Group of engineering in medicine and biology, GEMB/IEEE". En febrero de

1977, esta estableció las siguientes divisiones de la bioingeniería: ingeniería biológica, ingeniería biomédica e ingeniería clínica. Desde 1977 hasta nuestros días se han desarrollado disciplinas dentro de esta clasificación que son más

especializadas y que han dado paso a avances dentro de cada una de estas áreas por su campo de acción y con competencias profesionales se encuentran definidas, aunque transversalmente se toquen y se relacionen.

Historia de la ingeniería biomédica

Desde tiempos inmemoriales, el hombre ha investigado y desarrollado artefactos rústicos que le ayudaron, por ejemplo, a reparar una extremidad amputada por una herida de guerra o por infecciones propias del hacinamiento de algunas ciudades antiguas, así como sustancias o elementos para ayudar a aliviar una enfermedad o condición de insalubridad.

La primera escuela de medicina conocida de la antigua Grecia abrió en la ciudad de Gnido, cerca del año 700 a. C. Alcmeón de Crotona, autor del primer trabajo conocido de anatomía, trabajó en esta escuela y estableció la práctica de la observación de pacientes. Muchas de las sustancias que usaban los antiguos egipcios en su farmacopea fueron exportadas a Grecia y su influencia aumentó tras el establecimiento de una escuela de medicina griega en Alejandría.

Avances de la medicina

En el 1000 a. C. se realizaban prótesis de madera que hoy en día han sido encontradas en momias.

Figura 1. Prótesis de madera



Fuente: Jiménez (2016, s. p.)

En 460 a. C. nace Hipócrates, médico griego y fundador de la primera universidad. Considerado el padre de la medicina, Hipócrates fue el primero en afirmar que las enfermedades eran causadas por elementos naturales.

En 130 d. C. nace Galeno, considerado por muchos como el médico que más contribuyó a la medicina después de Hipócrates. Publicó unos 500 tratados y todavía es respetado por sus contribuciones a la anatomía, la fisiología y la farmacología. En 335 d. C., durante el gobierno de Constantino I, se crea el concepto y la primera

Hospitales

En el siglo IV d. C., el concepto de hospital se refería a un lugar donde los pacientes podrían ser tratados por los médicos con equipamiento especializado. Su embrión se desarrolló en algunos lugares del Imperio Romano. Más tarde, en Occidente, los monasterios fueron los centros donde surgieron los primeros hospitales para

Farmacias

La primera farmacia se abrió al público en Bagdad, capital de Califato Abásida, en el año 754. Se trató de un conjunto de oficinas en las que se dispensaban medicinas y remedios preparados

Gafas

No se sabe con claridad quién fue el inventor de las gafas, un instrumento que permitía corregir los problemas de visión, pero a finales del siglo XIII ya eran usadas en Italia. Giordano de Pisa pronunció un sermón en 1305 en el que hablaba

infraestructura de un hospital. En 910 d. C. el médico persa Rhazes es el primero en identificar la viruela, diferenciarla del sarampión y sugerir la sangre como posible causa de las enfermedades infecciosas.

Se tiene la percepción de que la Edad Media fue un periodo oscuro y sin avances sustanciales con respecto a los aportados por los antiguos. Sin embargo, se ha revelado que en el medievo surgieron muchos de los logros de la Medicina que todavía hoy están vigentes. Algunos de estos son:

dar servicio a los viajeros, transeúntes y pobres. Mientras, en Oriente, en el mundo árabe, los hospitales surgieron en el siglo VIII. En ellos había un número importante de médicos especializados en materias diferenciadas y separadas unas de las otras en distintas áreas.

por un boticario por prescripción de un médico. En el siglo XII llegaron a Europa y, a partir de ahí, el farmacéutico se convirtió en uno de los profesionales de referencia dentro de las ciudades.

de la invención de las gafas veinte años atrás. Años después, en 1352, aparece la primera representación de una persona usando gafas en un fresco de Tommaso da Modena en la que aparece el cardenal Hugo de Provenza.

Anatomía y disección

En 1315, el médico italiano Mondino de Luzzi realizó una disección pública para sus alumnos y los espectadores ocasionales que quisieron asistir

a este acontecimiento. Un año después, escribiría su obra *Anathomia corporis humani*, que es el primer manual conocido de anatomía y disección.

La enseñanza de la medicina en las universidades

Las primeras leyes dictadas sobre estándares en la educación médica las promulgó Federico II en 1231. Estas fueron un punto de partida para el

futuro tanto de la medicina como de la profesionalización de los médicos.

Oftalmología y óptica

Ibn al-Haytham, un científico del siglo XI, fundamentó una nueva explicación de la visión a través de sus investigaciones sobre óptica y la anatomía del ojo. En su *Libro de óptica* planteó su trabajo y se convirtió en la investigación más

importante en este campo. Los médicos árabes fueron pioneros en los avances en oftalmología. Uno de ellos fue la invención de la primera jeringa para extraer una catarata del ojo humano.

Limpieza de las heridas

Ciertos escritores médicos antiguos creían que durante la cirugía debería quedar cierta cantidad de pus en las heridas, ya que creían que esto podría ayudar a su curación. Sin embargo, un cirujano del siglo XIII, Teodorico Borgognoni, ideó un método antiséptico. Consistía en limpiar las heridas con unas gasas sumergidas en vino

como desinfectante para luego suturarlas y provocar que la curación de estas fuera más rápida. También, fue el pionero del uso de la anestesia en cirugía. Sus pacientes quedaban inconscientes después de que les colocara bajo la nariz una esponja empapada en opio, mandrágora o cicuta.

Cuarentena

A raíz de la llegada de la peste negra, se comenzó a aislar a ciertos grupos de enfermos separados del resto de personas para que la enfermedad no se propagara. En Ragusa, la actual Dubrovnik (Croacia), se emitieron en 1377 varios mandatos para que, a fin de combatir esta plaga, los buques permanecieran 30 días en el puerto antes de que los pasajeros pudieran poner pie en tierra. Para los viajeros por tierra este período se amplió a 40 días, *quaranta* en italiano. Las medidas fueron un éxito y por eso se implantaron en otros lugares de Italia y Europa a partir de entonces.

En 1485, Leonardo Da Vinci y sus estudios anatómicos, así como su interés por la mecánica del cuerpo humano, lo llevaron a la idealización de complejos dispositivos que semejaran el movimiento humano y animal, hasta concretar la idea de un "robot" de madera que pudiera replicarlos. Leonardo Da Vinci es uno de los máximos representantes de lo que podía asemejarse en esa época a un ingeniero biomédico.

Figura 2. Ilustraciones de anatomía por Leonardo Da Vinci

Fuente: Jiménez (2016, s. p.)

En el año 1590, el pulidor de lentes holandés Zacharius Jannssen inventa el microscopio. En 1628, William Harvey publica un estudio anatómico del movimiento del corazón y de la sangre de animales, que describe cómo se bombea sangre a través del cuerpo por el corazón, y luego regresa al corazón y recircula. Inicialmente, el libro resultó muy controvertido, pero pronto se convirtió en la base para la investigación moderna sobre el corazón y los vasos sanguíneos.

1656 el arquitecto Inglés Sir Christopher Wren fue el primero en administrar medicamentos por vía intravenosa a través de una vejiga animal conectada a una pluma afilada. Wren también experimentó con las transfusiones de sangre canina.

En 1670, Anton van Leeuwenhoek refinó el microscopio, descubrió las células sanguíneas y observó diferentes tejidos y microorganismos animales y vegetales. En 1796, Edward Jenner

desarrolló un método para proteger a las personas de la viruela mediante la exposición al virus de la viruela de las vacas. En su famoso experimento, frota pus de una vaca lechera con viruela en arañazos del brazo de un niño y luego lo expone a la viruela seis semanas después. El proceso se conoce como la vacunación. La vacuna de la viruela se hace obligatoria en Gran Bretaña en 1853.

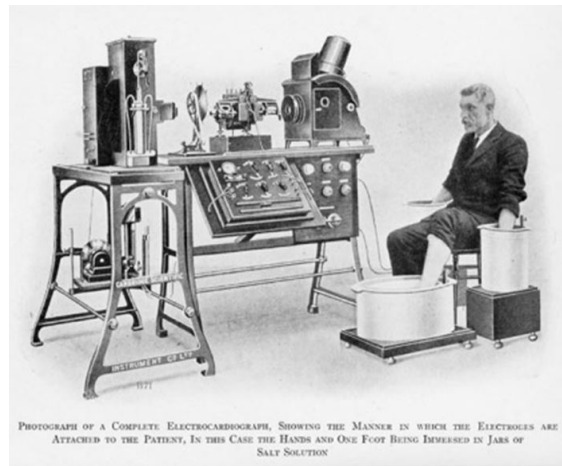
En 1848, Hermann von Helmholtz aplicó los principios de la ingeniería en un problema de fisiología e identificó la resistencia del tejido muscular y nervioso a la corriente directa. En 1895, Wilhelm Röntgen produjo y detectó la radiación electromagnética de los rayos X. Entre 1890 y 1930 se conocen registros que se aplicaron las primeras técnicas de prótesis para reemplazo de extremidades.

En 1901, Karl Landsteiner describe el sistema ABO de determinación del grupo sanguíneo.

Este sistema clasifica la sangre de los seres humanos en los grupos A, B, AB y O. Landsteiner recibe el Premio Nobel de Fisiología o Medicina

en 1930 por su descubrimiento. En 1903, Willem Einthoven inventó el electrocardiograma.

Figura 3. Primer equipo de electrocardiografía



Fuente: Jiménez (2016, s. p.)

En 1907 se da con éxito en humanos la transfusión de sangre usando la técnica ABO del grupo sanguíneo de Landsteiner. En 1913, el Dr. Paul Dudley White se convierte en uno de los primeros cardiólogos de Estados Unidos y en pionero en el uso del electrocardiógrafo, al explorar su potencial como herramienta de diagnóstico

(Bribiescas y Domínguez, 2017). En 1921, se da el primer entrenamiento formal de ingeniería biomédica en el Instituto Oswalt de Física Médica en Frankfurt, Alemania. En 1924, Hans Berger inventó la electroencefalografía y, en 1935, Albert Grass inventó la primera máquina de tres canales para realizar un electroencefalograma.

Figura 4. Primer equipo de electrocardiografía



Fuente: Jiménez (2016, s. p.)



En 1927 se inventó el respirador Drinker, dispositivo que permitía a las personas respirar después de perder la habilidad muscular para ello, a través del manejo de presiones atmosféricas en una cabina sellada (Jiménez, 2016, s. p.). En 1928, el bacteriólogo escocés Alexander Fleming descubre la penicilina. Gana el Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1945. En 1937, Bernard Fantus comienza el primer banco de sangre en el hospital del Condado de Cook en Chicago, usando una solución al 2 % de citrato de sodio para conservar la sangre, que la mantenía refrigerada hasta diez días (Bribiescas y Domínguez, 2017).

Entre 1939 y 1945, la Segunda Guerra Mundial abrió camino a la investigación médica y a los avances tecnológicos que influyeron en los ejercicios precursores de la ingeniería biomédica. Durante este periodo también se alcanzaron grandes avances en ingeniería de la salud y se sentaron las bases para muchos de los equipos y la tecnología que actualmente se usa en el ámbito hospitalario.

Con el desarrollo del transistor en 1947, se dio uno de los grandes saltos tecnológicos que permitió el desarrollo de equipos y tecnologías cada vez más eficientes en procesamiento de datos y

más exactos que sus antecesores. En 1952, Paul Zoll desarrolla el primer marcapasos para controlar los latidos irregulares del corazón. En 1953, James Watson y Francis Crick describen la estructura del ADN. Watson, Crick y Wilkins (que también estaba estudiando la estructura del ADN) comparten el Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1962. En 1954 el Dr. Joseph E. Murray realiza el primer trasplante de riñón entre gemelos idénticos.

En 1967, el cardiocirujano Dr. Christian Barnard realiza el primer trasplante de corazón humano. En 1978 nace en el Reino Unido el primer bebé probeta. En 1982, el Dr. William DeVries implanta el Jarvik-7 (un corazón artificial) a un paciente llamado Barney Clark. Clark vive 112 días (Bribiescas y Domínguez, 2017).

En el 2000, se anuncia el primer borrador del humano genoma; la versión final es liberada tres años después. En el 2007, científicos descubren cómo utilizar células de piel humana para crear células madre embrionarias y ha sido un gran aporte para la ingeniería de tejidos. En el 2014 la FDA de Estados Unidos aprueba los primeros ensayos clínicos en humanos de un riñón artificial portátil diseñado por Blood Purification Technologies Inc. de Beverly Hills, California.

Desarrollo de la ingeniería biomédica

En el siglo xx, la innovación tecnológica ha progresado a pasos tan acelerados que ha permitido estar presente en cada faceta de la vida. Esto es notorio principalmente en el campo de la medicina y en la prestación de los servicios para el cuidado de la salud. Hoy en día, en los países más desarrollados, los hospitales modernos han emergido como centros de un sistema

tecnológicamente sofisticado para el cuidado de la salud.

Como resultado, la disciplina de la ingeniería biomédica ha emergido como un medio integrador de dos profesiones dinámicas: la medicina y la ingeniería. En este proceso, los ingenieros biomédicos han llegado a estar directamente

envueltos en el diseño, desarrollo y utilización de materiales, dispositivos (tales como equipos de ultrasonido para exploración, los marcapasos, etc.) y técnicas (tales como el procesamiento

de señales e imágenes, inteligencia artificial, etc.) para la investigación clínica, también como en el diagnóstico y tratamiento de pacientes.

Tecnologías para mejorar la salud

La ingeniería biomédica se encuentra a la vanguardia en la revolución médica. Los avances en la ingeniería biomédica se logran mediante actividades interdisciplinarias que integran las ciencias físicas, químicas, matemáticas y computacionales con principios de ingeniería para poder estudiar biología, medicina y comportamiento. Entre los ejemplos de investigaciones que un ingeniero biomédico podría realizar están:

- Diseño y desarrollo de tejidos de reemplazo viables que sean biológicos y no sintéticos, así como de materiales artificiales que sean implantables y biocompatibles con el organismo receptor.
- Tecnologías automatizadas para realizar pruebas a pacientes y cuidarlos.
- Sistema de captación de imágenes médicas mediante exploración a través de equipos especializados.
- Sensores biológicos capaces de monitorizar la química de la sangre o analizar su contenido

de toxinas del medioambiente o sustancias peligrosas.

- Biomecánica de lesiones o del proceso de curación de heridas.
- Desarrollo de endo y exoprótesis.
- Desarrollo de órganos cada vez más parecidos al tejido humano.
- Aplicación de robótica de asistencia en procedimientos quirúrgicos.
- Aplicación de biomateriales cada vez más compatibles y con estructuras muy similares a las biológicas.
- Aplicación de internet de las cosas a dispositivos médicos.
- Programas de disposición final de dispositivos médicos.
- Diseño de tecnología de asistencia y ayudas técnicas para personas con discapacidad.

Ingeniería biomédica en Latinoamérica y Colombia

Tras hacer un recorrido por el continente, se encontró que a finales de los años sesenta se consolidaron algunos programas de bioingeniería que se han constituido en una importante referencia para los programas nacionales, entre ellos, el de la Universidad de la Florida en Estados Unidos

y la Universidad de Estudios de Pavia en Italia. En Latinoamérica y en Colombia, se fortaleció la ingeniería biomédica desde los años setenta con la aparición de las escuelas de electromedicina, nombre inicial con el que se bautizó esta disciplina.

Algunas instituciones que ofrecieron este programa bajo ese nombre fueron la Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI) (Colombia), la Universidad Francisco Miranda (Venezuela), la Universidad Latina (Costa Rica); programas que aparecieron casi al tiempo que los del Hospital Reina Sofía y de la Universidad Víctor Segalen de Bordaax (Francia).

Durante los setenta, época en la que la mayoría de las aplicaciones de la electrónica se dirigían hacia las telecomunicaciones y el control industrial, empezó un movimiento mundial por la diversificación de las ramas aplicativas de la electrónica. Lo anterior fue consecuencia del auge de la electrónica de estado sólido y del procesamiento digital, luego de la invención del transistor, de la aparición de múltiples sensores piezoeléctricos, capacitivos, inductivos y del manejo de los biopotenciales que, junto con otros dispositivos y equipos aplicados al monitoreo y cuidado de la salud, fortalecieron la disciplina de la electrónica aplicada al campo hospitalario. Estos avances permitieron que se acuñara el término *electromedicina* a la especialidad técnica que dio lugar a la ingeniería biomédica. Muchos equipos, como los electrocardiógrafos y electromiógrafos, desarrollados por empresas transnacionales, con la tecnología de las válvulas al vacío, migraron al estado sólido, aparecieron variados circuitos integrados tanto analógicos como digitales, entre ellos, el amplificador operacional, que dio lugar al amplificador instrumental, tan requerido en el procesamiento de señales biomédicas y otras importantes innovaciones. Con la electromedicina nació la ingeniería biomédica.

En la década de los setenta, Latinoamérica ya contaba con algunos referentes de programas de bioingeniería: la Universidad Nacional de Entre Ríos (Argentina), que aparece casi al tiempo que el de la ECCI y la Universidad Santiago de

Cali (Colombia). Estos parecen ser los programas más antiguos en América Latina. Para la ingeniería biomédica, los primeros programas fueron el del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE) en Cuba y el de la Universidad de Favaloro en Argentina.

Actualmente, son de resaltar en el campo de la ingeniería biomédica la Universidad Nacional de Tucumán (Argentina), la Universidad de los Andes, la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito en asocio con la Universidad del Rosario y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

En Colombia, vale la pena destacar algunas personalidades del país que, como referentes históricos, han sido paradigmáticos por su influencia en la ingeniería biomédica y se han constituido en ejemplo y motivación dentro del área. En 1958, el ingeniero Jorge Reynolds Pombo fue pionero en el mundo con el diseño y la construcción del primer marcapasos en Bogotá, basado en el modelo de John Hopps de 1950.

En 1964, el neurólogo colombiano Salomón Hakim inventó la válvula de Hakim que drena líquido cefalorraquídeo para controlar la hidrocefalia. En 1964, una de las figuras más conocidas por su trabajo en el campo de las neurociencias, el neurofisiólogo Rodolfo Llinás, quien trabaja de la mano con la Nasa, investigó las incidencias del estado de cero gravedad sobre los sistemas nerviosos y presentó sus estudios sobre los desarrollos con redes neuronales en los sistemas de conocimiento deductivo, los cuales enriquecieron notablemente la ingeniería biomédica.

En 1992 y 1994, el doctor Manuel Elkin Patarroyo, apoyado por un equipo científico que incluyó médicos, bacteriólogos, ingenieros electrónicos, de sistemas y técnicos en electromedicina

colombianos, desarrolló la vacuna sintética contra la malaria, que le significó el premio Príncipe

de Asturias en 1994, y que se evaluó en Tanzania, Uganda y Tailandia en 1999.

Dispositivos médicos: una mirada tecnológica puesta en lo social

Actualmente, Colombia es un país que importa el 90 % de tecnología en salud. De acuerdo a datos del Invima, se cuentan con aproximadamente veinte mil registros sanitarios con corte actual dentro de los cuales la mayor cantidad de productos son importados y se tiene un estimado de empresas nacionales de trescientos fabricantes que manufacturan dispositivos de riesgo bajo y medio, y son muy pocos los que se encuentran en el rango de fabricación de dispositivos de alto riesgo (Decreto 4725 de 2005, art. 2).

La ingeniería biomédica, por el tipo de productos que desarrolla, ya de por sí tiene un impacto social representativo frente a otras ingenierías. Esto es porque el derecho a la salud es uno de los consignados en nuestra constitución y, por ende, todos los servicios que establezcan para tal fin deben cumplir con altos estándares de calidad y seguridad. Se tratan vidas con las tecnologías de salud.

Debido a los grandes saltos y desarrollos que ha dado la tecnología en los últimos años, las universidades han sido grandes actores en estos avances, ya que el conocimiento se genera primero en los laboratorios de estas instituciones. Actualmente, a nivel mundial se gestan alianzas entre el sector industrial y las universidades para la generación de tecnología, lo que incluye al sector de salud. La industria invierte recursos para que las universidades puedan diseñar los desarrollos que hoy en día conocemos. Esta es una figura que recién se está dando en nuestro país, toda vez que vamos siendo cada vez más conscientes de que para desarrollar tecnología

propia el sector productivo y el sector de educación deben unirse. Las necesidades y problemáticas generalmente se desenlazan en proyectos de investigación en los grupos de estudio de las universidades y es la industria quien los puede llevar al mercado con más experiencia que el centro educativo.

En Colombia se ha dado un fenómeno de desarrollo local en los últimos diez años. Este es el caso de Antioquia, Valle, Santander y Bogotá, regiones que más fabrican en este momento tecnología biomédica. Universidades como la de Antioquia y la Escuela de Ingeniería de Antioquia han presentado productos ya terminados que pueden ser probados y usados en pacientes gracias a la unión de universidades y hospitales. Por eso es tan importante destacar la labor que tiene la ingeniería al servicio de la salud y el gran compromiso en el desarrollo y uso de sus conocimientos aplicados.

Cada vez más universidades en unión con hospitales e industrias le están apostando a desarrollar dispositivos locales que puedan suplir una necesidad o mejorar un procedimiento médico. A punta de ensayo y error, estos proyectos se van ampliando para sacar a la luz productos terminados de calidad y seguros que puedan ser comercializados. Algunos ejemplos de estos son los de tecnología de asistencia para personas con discapacidad, tema que, considero, tiene un gran impacto en la población que es beneficiada por este tipo de tecnología. Estos le apuntan al desarrollo de proyectos con impacto social con una población objetivo vulnerable que, según

cifras del Registro para la Localización y Caracterización de Personas con Discapacidad del Ministerio de Salud y Protección Social a corte del 30 de junio de 2016, sería un total de 1 255 126 personas en el territorio colombiano, de las cuales un alto porcentaje también ha sido víctima del conflicto armado.

Bogotá es una de las regiones donde más se diseña tecnología de asistencia: desde prótesis funcionales o solo cosméticas, hasta prótesis mioeléctricas de acuerdo a las necesidades de los pacientes. Estas últimas son desarrollos con un bajo mercado, ya que, a pesar de ser desarrollos locales, no dejan de tener un alto costo para las poblaciones vulnerables que debido a su condición no tienen como adquirirlas. En el Valle y Santander también encontramos sucursales de multinacionales que tienen en estos territorios plantas de manufactura para algunas de sus líneas de productos.

También se cuenta con tecnología importada de última generación, como es un pequeño chip

Órganos artificiales

Actualmente, existen avances en ingeniería biomédica, robótica, electrónica y nanotecnología para crear órganos artificiales que suplen el funcionamiento de los originales. Hasta hace poco, por ejemplo, la única alternativa para el diabético era inyectarse insulina, pero hoy es posible usar una bomba con movimiento que va liberando la sustancia. Además, ya existe el páncreas artificial y hay pacientes utilizándolo.

Otra opción para sustituir partes del cuerpo son las técnicas de impresión 3D, que permiten obtener piezas precisas en partes de cráneo y

que recorre el flujo sanguíneo de una persona para advertir de un infarto; otra tecnología que permite que desde Estados Unidos un especialista asesore una cirugía en Colombia como si estuviera presente, y el uso de impresoras 3D para fabricar moldes de la mandíbula de un paciente (Giraldo, 2015).

Estos desarrollos dejaron de ser de ciencia ficción; son el presente de los avances médicos en los que trabajan investigadores de todo el mundo, incluso de Colombia, y que abarcan tres grandes grupos: medicamentos, dispositivos médicos y procedimientos médicos, como cirugías mínimamente invasivas o cirugías asistidas por un robot especializado. Médicos expertos en avances tecnológicos manifiestan que, aunque los avances suben los costos, la precisión lo justifica, lo cual disminuye el error en la praxis (Forero, 2014). Algunos de los adelantos más revolucionarios en materia de salud que vemos hoy en día y que ya se encuentran en Colombia son:

mandíbula a la medida del paciente, sin esperar donaciones en bancos de huesos. Sobre esto hay modelos exitosos en Estados Unidos y Europa. Y las alternativas se amplían con la opción de los órganos cultivados en laboratorios: médicos han podido crear tráqueas sintéticas, implantes de piel, cartílagos y vasos sanguíneos artificiales.

En cuanto a piel, hay técnicas como el autoinjerto mallado, cultivos de la propia piel del paciente, injertos de piel de cadáver y productos sintéticos que son altamente biocompatibles con el tejido humano (Forero, 2014).

Telemedicina y e-Health

Con el desarrollo de las redes informáticas, crece la tendencia de la telemedicina, que les permite a los médicos conectarse con sus pacientes. También se cuentan con aplicaciones en los teléfonos celulares que registran el conteo de pasos de los

usuarios, medidas de horas de sueño, movimientos durante el sueño, control de porciones de alimentos, distancias de carreras y un estimado de pulsaciones y gasto energético (Giraldo, 2015).

Procedimientos robóticos

La cirugía robótica les dio precisión a operaciones delicadas, como las de próstata, corazón, neurológicas y oftalmológicas. Uno de los equipos más conocidos para este fin es el sistema Da Vinci, una sofisticada plataforma robótica

diseñada para ampliar las capacidades del cirujano. Esta se encuentra en Colombia hace unos cinco años aproximadamente y ha tenido resultados exitosos (Forero, 2014).

Medicamentos biotecnológicos

El genoma humano abrió la opción de que a algunas personas les puedan detectar cáncer y les den medicinas personalizadas, sin efectos adversos. Los medicamentos biotecnológicos aumentaron la posibilidad de producir una medicina con datos genéticos y tecnologías para que las células actúen como fábrica de sustancias y luego se conviertan en medicinas. Expertos creen que antes del 2019, el genoma humano estará disponible en menos de 24 horas como un examen convencional y por un costo inferior a los mil dólares (*Portafolio*, 5 de diciembre del 2016).

es el caso de condiciones de discapacidad. Este es el caso del grupo de investigación IdeCun, que recientemente abrió esta línea de investigación con el fin de desarrollar una metodología para que los diseñadores de este tipo de tecnología puedan identificar las fuentes y pasos requeridos para formalizar un desarrollo eficiente y cumplir los estándares de calidad y seguridad, sobre todo tras tener en cuenta la información primaria generada por la fuente que es el paciente, o el médico que ha detectado la necesidad específica, y que puede ser resuelta a través de la aplicación de la tecnología.

La apertura de líneas de investigación en ingeniería biomédica abre el espectro de creación de soluciones a problemáticas especiales que tienen los pacientes o que se detectan en procedimientos en salud de poblaciones vulnerables, como

Finalizo con esta frase de Descartes que como ingenieros debemos tener presente: “No basta tener un buen ingenio, lo principal es aplicarlo bien”, a la que le agregaría: “y aún más cuando se trata de vidas”.

Referencias

- Bribiescas, L. y Domínguez, F. (2017). 100 descubrimientos más importantes en medicina [documento de trabajo no publicado]. Universidad Michoacana de Sn Nicolás de Hidalgo, México. Recuperado de <https://www.slideshare.net/LilianaBribiescas/100-descubrimientos-mas-importantes-en-medicina>
- Forero, A. (11 de octubre del 2014). Tecnología que revoluciona la medicina. El Tiempo. Recuperado de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-14674255>
- Giraldo, C. (9 de noviembre del 2015). Tecnologías en la medicina [entrada de blog]. Recuperado de <https://camilagiraldoarredondo.blogspot.com/2015/11/tecnologias-en-la-medicina.html>
- Ingeniería Biomédica (org.). (2014). *¿Qué es la ingeniería biomédica?* [recurso en línea]. Recuperado de <https://www.ingenieriabiomedica.org/queesingenieriabiomedica>
- Presidencia de la República de Colombia. (25 de diciembre del 2005). Decreto 4725 de 2005: Por el cual se reglamenta el régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano. Recuperado de [http://www.saludcapital.gov.co/sitios/SectorBelleza/Galera%20de%20descargas/Normatividad/Decretos/Decreto%204725%20de%202005%20-%20Dispositivos%20M%C3%A9dicos%20\(Aparatolog%C3%ADa%20est%C3%A9tica\).pdf](http://www.saludcapital.gov.co/sitios/SectorBelleza/Galera%20de%20descargas/Normatividad/Decretos/Decreto%204725%20de%202005%20-%20Dispositivos%20M%C3%A9dicos%20(Aparatolog%C3%ADa%20est%C3%A9tica).pdf)
- Jiménez, D. (2016). *Historia de la ingeniería biomédica/ Ingeniería en sistemas biomédicos* [recurso en línea]. Recuperado de <https://www.sutori.com/story/historia-de-la-ingenieria-biomedica-ingenieria-en-sistemas-biomedicos--G2Wxc4QJQUa3DnAqfpYbNryQ>
- Soto, J. (2009). Ingeniería biomédica. Historia en construcción. *Revista Ingeniería Biomédica*, 3(5), 28-30. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622009000100005
- Portafolio. (5 de diciembre del 2016). Tecnología al servicio de la salud. Recuperado de <http://www.portafolio.co/innovacion/tecnologia-al-servicio-de-la-salud-502059>
- Roa, D. y Quitian, R. (2016). *Situación actual de la ingeniería de tejidos y medicina regenerativa en Colombia* (trabajo de grado). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA), Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/533>