

La ingeniería, la transhumanidad y la posthumanidad

Asdrúbal Valencia Giraldo*

Profesor Emérito

Facultad de Ingeniería

Universidad de Antioquia

1. Introducción

Estamos preocupados por la manera como va evolucionando el mundo, con el crecimiento de la población, el agotamiento de los recursos, el calentamiento global, las desigualdades socioeconómicas, etc., que lo hacen insostenible y se piensa en un futuro apocalíptico. Por ello es pertinente recordar las palabras de un pensador, como John Harris, cuando dice "...Es significativo que se ha alcanzado un punto en la historia de la humanidad en el cual los intentos por hacer un mundo mejor deben incluir no solo los cambios en el mundo mismo, sino también los cambios en la humanidad, quizá con consecuencias, como que nosotros, o nuestros descendientes, cesaremos de ser humanos en el sentido en el cual entendemos ahora esa idea..." (Harris, *Enhancing Evolution: The Ethical Case for Making Better People*, 2010).

Por lo anterior la justificación de este trabajo radica en ese gran problema –relativamente nuevo– que actualmente hace parte del discurrir filosófico, sobre todo en el campo de la Ética y su relación con las ciencias particulares. Se trata del impacto que los últimos avances de la Ciencia y la Tecnología –es decir, de la Ingeniería – tienen y tendrán sobre los entornos físicos, sociales, biológicos y culturales del futuro humano, y de los dilemas morales que éstos traen consigo. Y es de estas relaciones que han surgido los conceptos de transhumanismo y poshumanismo.

La idea de transhumanismo hace referencia a la mejora de los seres humanos por medios tecnológicos, seres que llegarán a existir en un estado más allá del estado humano o sea que se convertirán en poshumanos.

Aunque el asunto de cómo será la poshumanidad es sobre todo filosófico, no es este el aspecto que se aspira abordar en este artículo, donde se busca hacer énfasis sobre en cómo la Ingeniería –unida a las ciencias biológicas– propicia esta situación y genera todo tipo de conocimientos, prácticas y especulaciones. Es un tratamiento breve que, de ninguna manera, pretende dilucidar los muchos aspectos que estas situaciones implican. Para ello habrá que empezar por considerar qué es el humanismo.

2. El humanismo

El humanismo, en sentido amplio, significa apreciar positivamente al ser humano y la condición humana. En este caso, está relacionado con la generosidad, la compasión y la preocupación por la valoración de los atributos y las relaciones humanas. En sentido filosófico es el movimiento intelectual desarrollado en Europa durante los siglos XIV y XV que, rompiendo las tradiciones escolásticas y la fuerte influencia que ejerció la Iglesia católica en todos los órdenes de la vida durante la Edad Media y exaltando en su totalidad

* Autor de correspondencia: Asdrúbal Valencia Giraldo. Correo electrónico: avalencg@gmail.com

las cualidades propias de la naturaleza humana, pretendía descubrir al hombre y darle un sentido racional a la vida tomando como maestros a los clásicos griegos y latinos, cuyas obras redescubrió y estudió.

Sin embargo, como anota Enrique Gonzalez González: “...La palabra humanismo es relativamente reciente pues sólo fue puesta en circulación en 1808 por el pedagogo alemán F. I. Niethammer para referirse al tipo de educación escolar fundado en el estudio de las literaturas griega y latina, a diferencia de la incipiente educación técnica. En castellano parece que el término fue introducido hacia 1875 por Menéndez y Pelayo con un significación de carácter literario...” (González González, 1989), figura 1.

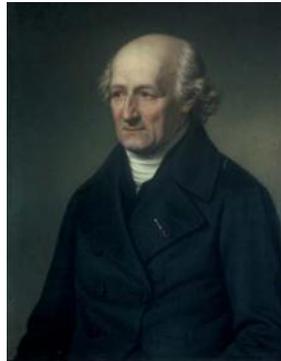


Figura 1. El pedagogo alemán F. I. Niethammer fue el primero que utilizó la palabra humanismo.
Fuente: <http://www.filosofia.org/mon/humano.htm>

Y señala el mismo autor que lo cierto es que los términos humanista y humanidades se usaron durante siglos en la academia y la palabra humanismo sólo se hizo presente cuando la tecnología empezó a presentarse como una alternativa de educación frente a la otra tradición.

Pero sin complicarse con los diferentes significados de la palabra humanismo lo cierto es que como dicen Mariana I. Herazo y Carlos Arturo Cassiani: “...El *homo sapiens* del siglo XXI es el resultado de una larga progresión en el desarrollo de la inteligencia, y esta tendencia es muy probable que continúe en el próximo siglo. El humanismo, la visión del mundo que sustentó el pensamiento occidental durante años, ha sido severamente criticado por los filósofos que destacaron sus limitaciones teóricas y éticas inspiradas por la aparición de la cibernética y las nuevas tecnologías como la robótica, comunicaciones, inteligencia artificial, la ingeniería genética y la nanotecnología. En la actualidad, la convergencia de estas plantea una nueva situación: los seres humanos no son solo la configuración del entorno externo con el fin de mejorar las condiciones de vida del ser humano, sino que tratan de cambiarse a sí mismos la existencia biológica humana...” (Herazo Bustos & Cassiani Miranda, 2015).

Ya se sabe que desde el decenio de 1970 empezaron a acuñarse términos como deconstrucción, posmodernismo, poscolonialismo, que cuestionaban los fundamentos epistemológicos de la Modernidad y del orden mundial establecido y proclamaban el fin de las utopías y de las ideologías totalizantes, así como un cambio radical en la cultura. Como reitera Gabriela Chavarría Alfaro, estas fueron manifestaciones que en el siglo XXI, se concretaron dejando atrás el humanismo tradicional para dar paso a otras concepciones de lo humano y a otras subjetividades, el cyborg, el hombre numérico, el hombre simbiótico. En efecto, los humanismos del siglo XX que tenían como base epistemológica el logos y el hombre como medida de todas las cosas, ya no se adecuaban a las nuevas sociedades de la información, de la velocidad, de la ciencia y de la tecnología. Ese humanismo tradicional, inspirado en la cultura del libro y en el canon de los fundadores de la filosofía y la historia occidental, parecía que se estaba quedando obsoleto frente a los descubrimientos de la neurociencia que daban respuestas nuevas a los viejos

conceptos de razón, emoción y consciencia. Nuevos descubrimientos sobre el funcionamiento del cerebro humano y el desarrollo de las biotecnologías transformaban las antiguas ideas sobre la naturaleza humana. (Chavarría Alfaro G. , 2013), (Valencia Giraldo, Sobre ciencia y literatura, 2000).

Ese es pues el origen de las posturas como el transhumanismo y el poshumanismo.

3. Los desarrollos

En el desarrollo del transhumanismo han incidido múltiples factores pero se pueden mencionar los principales como son la inteligencia artificial, la automatización y la robótica, la cibernética, los desarrollos en los biomateriales y los avances en las ciencias biomédicas. Como se puede observar, todo esto está mediado por la Ingeniería...

3.1. Inteligencia artificial

Desde el decenio de 1950 se hicieron esfuerzos para componer música y crear arte visual con el computador. Los trabajos producidos de esta manera reflejaron el ingenio de los individuos que programaban los computadores; sin embargo, no se podían considerar manifestaciones de ningún genio creativo por parte de las máquinas mismas. Los computadores son proficientes en la demostración de teoremas, juegos de ajedrez y otras tareas muy lógicas. Su éxito en estas actividades se atribuye en parte a la habilidad para manipular información simbólica a velocidades extremadamente rápidas y en parte a una mejor comprensión del acto mismo de razonar.

Una buena definición de inteligencia artificial (IA), figura 2, es muy elusiva, simplemente porque la inteligencia humana no se ha entendido del todo. ¿Es la habilidad de razonar? ¿Es la habilidad de adquirir y aplicar conocimiento? ¿Es la habilidad de manipular y comunicar ideas? Sin duda todas esas habilidades hacen parte de lo que es inteligencia, pero no son la totalidad de lo que puede decirse. En realidad, una definición en el sentido usual parece imposible porque la inteligencia es una amalgama de muchos talentos de procesamiento y de representación de la información. En general se puede decir que los objetivos principales de la inteligencia artificial son hacer más útiles los computadores y entender los principios que hacen posible la inteligencia. Hay muchas definiciones de IA, cada una de las cuales hace énfasis en diferentes perspectivas de acuerdo con el interés de quien la formula. Sin embargo, una buena definición podría ser la siguiente: inteligencia artificial es el campo de estudio que comprende técnicas computacionales para llevar a cabo tareas que aparentemente requieren inteligencia cuando son realizadas por seres humanos. Tales problemas incluyen el diagnóstico de problemas en aparatos, computadores y personas, el diseño de nuevos computadores, la escritura de historias y sinfonías, el hallazgo de teoremas matemáticos, el ensamble e inspección de productos en las fábricas y la negociación de tratados internacionales. Es una tecnología de procesamiento de la información, relacionada con el proceso de razonamiento, aprendizaje y percepción.

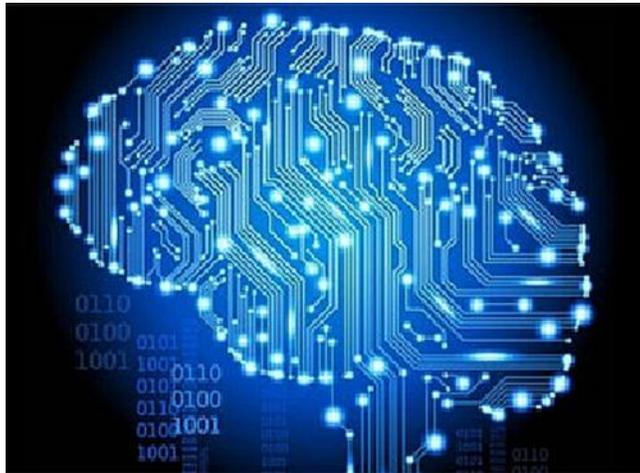


Figura 2. Una buena definición de inteligencia artificial (IA) es muy elusiva.

Fuente: http://timerime.com/es/linea_de_tiempo/2122273/mbito+Historico+de+La+Inteligencia+Artificial+-+Janny+Perez/

Como se ha señalado, los computadores son excelentes para realizar tareas simples y repetitivas, como los cálculos aritméticos complejos y el almacenamiento y recuperación de bases de datos. Lo que estas tareas repetitivas tienen en común es que son de naturaleza algorítmica; esto es, involucran un conjunto de instrucciones diseñadas de manera precisa y lógica, que proporcionan una sola respuesta correcta. Los humanos, por otra parte son excelentes en la solución de problemas que usan símbolos más que números, como cuando establecen un plan de trabajo o entienden un poema. La IA, en términos más específicos, es la ciencia que proporciona a los computadores la habilidad de representar y manipular tales símbolos, de modo que se puedan usar en la solución de problemas que no son fácilmente solubles con modelos algorítmicos.

El concepto de inteligencia artificial fue acuñado por John McCarthy en 1956, durante un taller que organizó en Dartmouth College. Aunque el evento se considera el nacimiento de la IA, lo cierto es que ésta es muy antigua y que su investigación ya estaba en marcha antes de esa fecha.

El énfasis inicial de la IA fueron los juegos y las máquinas que traducían lenguajes naturales. Sin embargo, pronto surgieron otras áreas, como los sistemas basados en el conocimiento, el entendimiento de idiomas, el aprendizaje, la planeación, la robótica, la visión y las redes neuronales. (Prieto Espinosa, Lloris Ruiz, & Torres Cantero, 1989)

Como el objetivo es hacer los computadores más útiles, los científicos e ingenieros de computadores necesitan conocer cómo la IA puede ayudarles a resolver problemas difíciles. Y como otra meta es entender mejor la inteligencia general por sí misma, los psicólogos, filósofos, lingüistas y otros profesionales que quieren entender la inteligencia humana también necesitan conocer y evaluar lo que se aprende.

Los computadores pueden hacer pruebas de inteligencia de analogía geométrica. Pueden aprender, pueden entender dibujos simples, pueden entender idiomas simples, pueden resolver problemas expertos, hacer trabajo industrial útil y modelar procesos psicológicos. (González & Douglas D, 1993, pág. 102).

Líneas centrales en la investigación de la IA son: saber más acerca del cerebro humano, enseñar al computador cómo entender el lenguaje natural y ampliar la gama de la utilidad del computador en la solución de problemas.

El cerebro humano es la entidad más compleja conocida hasta ahora. También es el único fenómeno natural capaz de procesar cualquier tipo de información. Ya que el computador es la única máquina que tiene esta habilidad, los científicos creen que un modelo por computador del cerebro puede enseñar más acerca de la forma en que éste funciona. Tal modelo también resultaría útil para enseñar al computador a procesar información por medio de reglas prácticas o heurísticas, como lo hacen los seres humanos, en vez de realizarlo tan sólo basándose en la lógica, como suelen hacerlo los computadores.

Además de enseñar a los computadores cómo comprender el lenguaje cotidiano que utilizan los humanos, la mayor parte de la investigación sobre IA se dedica al desarrollo de técnicas de solución de problemas que supera la gama de los métodos algorítmicos normales usados por los computadores. Otras técnicas de IA incluyen la participación en juegos y en mejorar la capacidad para reconocer patrones recurrentes de todo tipo, ya que esta capacidad constituye un importante elemento en la planeación y en la predicción.

Por último, la investigación en IA se ocupa del desarrollo de técnicas de programación automáticas para programas largos y complicados. Es decir que los computadores establezcan un programa sin más información que el objetivo de éste, y por medio de un proceso denominado carga inicial lo usen para escribir otro todavía más inteligente. (Winston, 1989) (VALENCIA GIRALDO, 2004)

3.2. Automatización y robótica

La automatización industrial combina la electrónica, la electrotecnia, la mecánica y la informática para crear sistemas que puedan emplearse en procesos repetitivos, de alto riesgo o precisión, haciéndolos más eficientes, flexibles, confiables y rentables.

Las máquinas y plantas industriales son controladas por elementos que cumplen funciones de adquisición de datos, procesamiento de la información recibida, enlaces de comunicaciones, interfaz hombre-máquina, supervisión y manejo del suministro de potencia. En ellas se tiene la posibilidad de incluir técnicas como la visión y la inteligencia artificial, redes neuronales, sistemas con aprendizaje, lógica difusa y robótica, según el grado de exigencia que requiera la aplicación.

La automatización industrial implica, necesariamente, un aumento en el grado de especialización en las tareas dentro de la producción y los servicios. A partir de situaciones como éstas las transformaciones económicas condicionan el comportamiento de los grupos sociales, las características propias del país y las relaciones internacionales (Radlow, 1988).

Un robot es un dispositivo automático que puede ser controlado por computador y responder a comandos provenientes de éste para efectuar alguna acción. Es un hecho físico y objetivo capaz de producir trabajo muy calificado. La robótica es una de las aplicaciones más útiles e importantes de la inteligencia artificial y en menos de 30 años pasó de ser un mito, propio de la imaginación de autores literarios, a ser una realidad imprescindible en el actual mercado productivo. (Hinestroza G & Pizarro D, 1998).



Figura 3. Robot industrial.



Figura 4. Robot humanoide.

Fuentes: <https://www.logismarket.com.mx/fanuc-robotics/robot-industrial-de-soldadura/1637171848-1233048773-p.html>; <http://www.actualidadgadget.com/avances-de-la-robotica-humanoide-en-peru/>

La robótica se ha convertido en un fecundo campo de trabajo interdisciplinario, donde concurren disciplinas básicas y tecnológicas como la teoría de control, la mecánica, la electrónica, el álgebra y la informática, entre otras.

No existió un dispositivo semejante a un robot antes de 1959, aunque los antiguos fueron muy aficionados a las estatuas móviles y a los títeres. En el siglo XVII se produjeron no sólo los primeros relojes, sino los primeros autómatas con apariencia de vida y mecanismos internos de relojería. Sin embargo, la palabra *robot* es una forma truncada de una palabra checa y polaca *robotá*, que significa esclavitud o trabajo forzado. Robotá se relaciona en cierta manera con la palabra alemana *arbeit* (trabajo) ya que desciende de una raíz común sánscrita. Pero la forma abreviada, conocida por todos, la acuñó el dramaturgo checo Karel Kapek, en su obra *R.U.R. (Rossum's Universal Robots)*, publicada en 1923 y presentada tanto en Estados Unidos de América como en Inglaterra en el mismo año. (Kapek, 2001)..

En *R.U.R.* un robot es una persona fabricada en forma artificial que posee inteligencia mecánica pero carece de alma. Rossum es un científico que ha desarrollado cierto número de seres mecánicos para liberar a la humanidad del trabajo. Sin embargo, unas personas traicionan al científico y desean utilizar los robots en la guerra, para la matanza de los seres humanos. Con el tiempo, alguien irresponsable dota a los robots de sentimientos e inteligencia; éstos deciden que son superiores a los seres humanos y matan a todos en la Tierra.

La obra de Kapek trata acerca de temas sociales y éticos y no sobre robots, que no existían cuando la escribió. Sus robots son símbolos. Pero éste es el camino por el que la palabra entró al lenguaje, completada con las implicaciones siniestras que conserva hasta nuestros días. Como se verá, esta reputación en realidad no tiene fundamento.

El término robot hubiera caído en desuso si no hubiese sido por los escritores de ciencia ficción, especialmente Isaac Asimov (1920-1992) el máximo impulsor de la palabra robot. En 1942 publicó en la revista *Galaxy Science Fiction* una novela que por primera vez enunció sus tres leyes de la robótica, complementadas con una cuarta en 1985.

1. Un robot no puede lastimar a la humanidad o, por falta de acción, permitir que ésta sufra daño.
2. Un robot no puede perjudicar a un ser humano, ni con su inacción permitir que un humano sufra daño.
3. Un robot ha de obedecer las órdenes recibidas de un ser humano, excepto si tales órdenes entran en conflicto con las leyes anteriores.

4. Un robot debe proteger su propia existencia mientras tal protección no entre en conflicto con las anteriores leyes.

Se atribuye a Asimov la creación del término robótica y, sin lugar a duda, con sus obras contribuyó a divulgarla. (Asimov, 1985).

El trabajo experimental en la construcción de robots empezó en la década de 1940 y continuó hasta la de 1950, impulsado por la necesidad de la Atomic Energy Commission de Estados Unidos de América de disponer de manos mecánicas que manejaran materiales radioactivos. En 1948 fue desarrollado el primer telemanipulador, por R.C. Goertz del Argonne National Laboratory, y en 1954 se hizo uso de la tecnología electrónica y el servocontrol, sustituyendo la transmisión mecánica por otra eléctrica y desarrollando así el primer telemanipulador con servocontrol bilateral. Fueron estas investigaciones las que permitieron la construcción de robots industriales. La sustitución del operador por un programa de computador que controlase los movimientos del manipulador dio paso al concepto de robot.

George C. Devol, ingeniero estadounidense, inventor y autor de varias patentes, fue quien estableció las bases del robot industrial moderno. En 1954, Devol concibió la idea de un dispositivo de *transferencia de artículos programada*. En 1956 puso esta idea en conocimiento de Joseph F. Engelberger, ávido lector de Asimov y director de ingeniería de una empresa aeroespacial. Juntos, Devol y Engelberger comenzaron a trabajar en la utilización industrial de sus máquinas, para lo cual fundaron una empresa inicial que luego se convertiría en Universal Automation (Unimation). Tales robots, producidos por Unimation Inc, aparecieron por primera vez en el mercado en 1959, y la empresa instaló su primera máquina Unimate — en 1960— en la fábrica General Motors de Trenton, Nueva Jersey, en una aplicación de fundición por inyección. (Barrientos, Peñin, Balaguer, & Aracil, 1998).

El trabajo de laboratorio en robótica continuó en las décadas de 1960 y 1970, conforme los científicos de la computación. Al aplicar lo que se conocía de inteligencia artificial, intentaban hacer robots más completos e inteligentes. El crecimiento de la robótica en Japón aventajó en breve a los Estados Unidos gracias a Nissan, que formó la primera asociación de robótica del mundo, en 1972. En Europa, la robótica empezó en Suecia en 1973, cuando ASEA construyó el robot Irb6 y en 1980 se fundó la *Federación Internacional de Robótica*, con sede en Estocolmo.

Las configuraciones de los primeros robots respondían a las llamadas esférica y antropomórfica, de uso especialmente válido en la manipulación. En 1982 el profesor Makino, de la Universidad Yamanashi de Japón, desarrolló el concepto de robot SCARA (*Selective Compliance Assembly Robot*) que busca un robot con un número reducido de grados de libertad (3 o 4), un coste limitado y una configuración orientada al ensamble de piezas. También en 1982, la gran compañía Westinghouse adquirió a Unimation y empezó a producir robots de todas las clases.

En fin, cuando alguien oye la palabra robot se imagina un humanoide como los de la película *La guerra de las galaxias*. Sin embargo, por ahora, los robots importantes son los de uso industrial, los cuales son manipuladores multifuncionales programables con varios grados de libertad, capaces de manejar materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales, según trayectorias programadas para realizar tareas diversas. (Zeldman, 1984).

La Federación Internacional de Robótica clasifica los robots industriales por generaciones:

1ª Generación: Repite la tarea programada secuencialmente. No toma en cuenta las posibles alteraciones de su entorno.

2ª Generación: Adquiere información limitada de su entorno y actúa en consecuencia. Puede localizar, clasificar y detectar esfuerzos y adaptar sus movimientos en consecuencia.

3ª Generación: Su programación se realiza mediante el empleo de un lenguaje natural. Posee capacidad para la planificación automática de tareas.

La robótica en general es un área de investigación y desarrollo que avanza todos los días; sin embargo, es difícil que alcancemos a conocer los robots humanoides. (Klafer, 1998).

3.3. La cibernética

La palabra cibernética viene del griego κυβερνήτης (*kybernētēs*, el timonel que «gobierna» la embarcación) o sea que se refiere a mecanismos precisos de gobierno y control y en ese sentido fue usada por Platón. En el mismo sentido político - social fue utilizada en 1834 por el físico André-Marie Ampère (1775-1836) para referirse a las ciencias de gobierno en su sistema de clasificación de los conocimientos humanos.

El término cibernética fue utilizado por primera vez en referencia a la ingeniería humana por Norbert Wiener, en 1940, quien realizó trabajos estadísticos aplicados durante la Segunda Guerra Mundial. Su objetivo era pronosticar la posición de los aviones atacantes, tomando en cuenta la secuencia de los datos disponibles sobre sus posiciones anteriores y mediante el cálculo instantáneo hacer ajustes utilizando el concepto y los mecanismos de la retroalimentación de información.

Junto con científicos como John von Neuman, Warren MacCulloh, Walter Pitts y Julian Bigelow, Wiener estudió aspectos centrales de la previsión basándose en estudios matemático fisiológicos previos. (Winer, 1948).

En la actualidad la cibernética es una disciplina íntimamente vinculada con la teoría general de sistemas, al punto de que muchos la consideran inseparable de esta, y se ocupa del estudio de: el mando, el control, las regulaciones y el gobierno de los sistemas. El propósito de la cibernética es desarrollar un lenguaje y técnicas que permitan atacar los problemas de control y comunicación en general, figura 5.

La cibernética se centra en lo que estabiliza y coordina el funcionamiento de los sistemas complejos, como los seres vivos o las sociedades, y les permite hacer frente a las variaciones del ambiente y presentar un comportamiento más o menos complejo, que es el control, el cual le permite al sistema seleccionar los ingresos (inputs) para obtener ciertas respuestas (outputs) a su equilibrio dinámico y alcanzar o mantener un estado.



Figura 5. La cibernética se centra en lo que estabiliza y coordina el funcionamiento de los sistemas complejos, como los seres vivos o las sociedades.

Fuente: <https://divineconomy.files.wordpress.com/2009/12/machine-skull2.jpg>

Se vio que un concepto muy importante o casi fundamental en cibernética es el de la retroalimentación. La retroalimentación parte del principio de que todos los elementos de una totalidad de un sistema deben comunicarse entre sí para poder desarrollar interrelaciones coherentes. Sin comunicación no hay orden y sin orden no hay totalidad, lo que rige tanto para los sistemas físicos como para los biológicos y los sociológicos.

La retroalimentación puede ser positiva, negativa o compensada. La retroalimentación es negativa cuando su función consiste en contener o regular el cambio, es positiva si amplifica o multiplica el cambio en una dirección determinada y se dice que es compensada cuando un regulador ejerce alternadamente retroalimentaciones positivas y negativas, según las necesidades del mantenimiento de la estabilidad del sistema regulado.

Lo cierto es que la humanidad siempre ha estado fascinada con la cibernética, es decir, en la manera como nos relacionamos y respondemos al mundo circundante.

Es de anotar que muchas veces el público confunde la cibernética y la robótica, la primera tiene una variedad de aplicaciones en Ingeniería, Biología, Economía y Sociología. Debe anotarse que la teoría del control propiamente también estudia estos campos, pero lo hace con un mayor acento en las matemáticas aplicadas. (Kelly, 1995). (Berr, 2009).

Por su parte la robótica es el estudio de cómo crear máquinas multipropósito, generalmente inteligentes, las cuales usan circuitos de retroalimentación y por tanto hay un gran solape entre la robótica y los controles (y por tanto, la cibernética). Sin embargo, la robótica también se entiende con el diseño de nuevos mecanismos, la electrónica, los sensores (en el sentido de las ingenierías de materiales, mecánica y eléctrica), etc. Y los constructores de robots no están interesados, en primera instancia, en estudiar Economía o Sociología, y normalmente se interesan en la Biología porque inspira el diseño de las máquinas.

3.4. Los biomateriales

Los biomateriales se definen como sustancias no farmacológicas que se pueden poner en contacto íntimo con estructuras vivas sin efectos dañinos y, por ello, son apropiadas para su inclusión en el cuerpo humano en sistemas que ayudan o sustituyen funciones de órganos y tejidos corporales. Los biomateriales de primera generación son materiales de ingeniería que extienden sus aplicaciones al campo médico. Los materiales diseñados se desarrollan especialmente de acuerdo con los requerimientos clínicos y se usan cada vez más para resolver problemas médicos. (Chemical Week, 2006).

Con el surgimiento de la ingeniería de los tejidos se han desarrollado nuevos materiales y matrices (o sistemas de soporte) para la formación de tejido *in vitro* o *in vivo*.

Es importante distinguir entre biomateriales para uso clínico, y aparatos o componentes de aparatos médicos. Los primeros se convierten en dispositivos o aparatos (internos o externos al cuerpo humano) cuando se procesan y dan forma para servir una función específica. Los implantes son una subclase de aparatos que necesitan ser localizados en el interior del cuerpo para lograr su propósito. Así el término biomaterial se introdujo para designar sustancias que se pueden incorporar exitosamente en dispositivos de interés médico.

Este concepto de biomaterial se puede encontrar desde la Antigüedad. Pertenecen a los pequeños objetos de la historia general los implantes de placas de oro para cubrir defectos del cráneo, esculturas de cuero para reemplazar narices u orejas perdidas y cristales de roca pulidos para usar como lentes de aumento puestos. El denominador común de todos esos sustitutos fue la búsqueda de materiales con propiedades mecánicas apropiadas y reacción biológica catastrófica retardada. (Peppas, 1994).

La época moderna de los aparatos médicos empezó con la disponibilidad de materiales notablemente inertes, desarrollados para otros propósitos, después de la Segunda Guerra Mundial. La estrategia era tratar de reemplazar un órgano con un objeto que, de alguna manera, se pareciera a él. El material que se usó para el corazón artificial, un poliuretano, se derivó de un ligero de mujer porque tenía buenas propiedades de flexibilidad. El material escogido para el riñón artificial fue originalmente el forro de salchicha, hecho de acetato de celulosa. El material usado para injertos vasculares (vasos sanguíneos artificiales) fue Dacrón, porque era un material fácil para coser. Los materiales usados para implantes de senos tienen orígenes similares: un lubricante (silicona) o el relleno de colchones (poliuretano). Eso materiales pudieron resolver parcialmente algunos problemas médicos.

En resumen, se puede ver que los aceros inoxidable, el titanio, los cauchos de silicona, las resinas epóxicas, el polietileno de alta densidad, el politetrafluoroetileno (compacto o microfibrilar) y el poliuretano, fueron formulados inicialmente para aplicaciones no médicas. Hace apenas cinco décadas los investigadores confiaban básicamente en la intuición para seleccionar materiales de origen industrial en la solución de problemas clínicos. La creencia era que la identificación de biomateriales para una aplicación específica era simplemente una cuestión de escoger entre el catálogo casi ilimitado de compuestos desarrollados para otros propósitos, y pescar el mejor candidato. En estas circunstancias, se ponía atención a la pureza del material y estabilidad en el ambiente biológico, a la limpieza y esterilidad en la fabricación de los aparatos y al desempeño continuo en un medio húmedo y salado de considerable complejidad bioquímica. Sin embargo, una vez logrado esto hasta un grado aceptable, los fabricantes, personal de la salud y agencias reguladoras centraron su atención en los aparatos más que en los materiales. Desde orígenes tan modestos el sector de los biomateriales ha crecido hasta ser una de las industrias mayores de productos médicos.

En cuanto a los biomateriales metálicos, se puede recordar que, en el decenio 1920, Reiner Erdle, técnico dental alemán, y Charles Prange, metalurgista de la compañía General Electric, unieron sus conocimientos para desarrollar el Vitallium, que fue el primer biomaterial metálico aleado con características mecánicas, de biocompatibilidad y de resistencia a la corrosión, aceptables para aplicaciones quirúrgicas. Esta aleación (65%Co, 30%Cr, 5%Mo), fue el punto de partida de una serie de investigaciones interdisciplinarias en el desarrollo de nuevas aplicaciones ortopédicas, como clavos, tornillos y fijadores de huesos fracturados, además de varios tipos de implantes de reemplazo articular, como cadera, rodilla, hombro, codo, entre otras.

Posteriormente, en el decenio de 1930, se desarrolló el acero inoxidable grado quirúrgico 316LQ. Otras aleaciones aeronáuticas han tomado importancia en aplicaciones médicas como son las de titanio, Ti6Al4V, la cual se ha modificado reemplazando el V por Nb, con lo cual se ha logrado una notable mejora en la biocompatibilidad.

Por razones de biocompatibilidad y para incrementar la resistencia al desgaste, se usan recubrimientos duros en cabezas femorales, aplicados mediante técnicas de deposición física en fase vapor (PVD), además de utilizar materiales cerámicos como alúmina Al_2O_3 o circonia ZrO_2 .

Los biomateriales metálicos se usan como alambres, clavos, placas y tornillos, endoprótesis de articulaciones, prótesis dentales y anillo de válvulas cardíacas. Los metales y aleaciones más usados para este propósito son: aceros inoxidables, aleaciones de titanio, aleaciones cobalto – cromo y amalgamas y aleaciones de oro para uso odontológico.²¹

Los biocerámicos están constituidos por moléculas de elementos metálicos y no metálicos. Debido a sus enlaces iónicos o covalentes, son, generalmente, duros y frágiles; además de tener un alto punto de fusión y bajas conductividades térmica y eléctrica, los cerámicos se consideran resistentes al desgaste. Los principales biocerámicos son alúmina, zirconia, hidroxiapatita, porcelanas, vidrios bioactivos y vidrio cerámicos. Sus principales aplicaciones están en el sistema óseo, con todo tipo de implantes y recubrimientos en prótesis articulares; también se utilizan en aplicaciones dentales, en válvulas artificiales, cirugía de la espina dorsal y reparaciones craneales.

Así pues, entre los materiales cerámicos y vítreos son comunes las cerámicas dentales, incluida la porcelana, y los cementos cerámicos como el de fosfato de zinc y el de silicato. Para otros usos las más utilizadas son las cerámicas de fosfato de calcio y la alúmina. Los biovidrios fueron desarrollados a fines del decenio de 1960, su debilidad es la fragilidad. Aquí es posible incluir el carbono pirolítico o pirolita, que es carbono puro vitrificado.

Existe una gran variedad de polímeros biocompatibles: los polímeros naturales como la glucosa, la glucosalina, etc., y polímeros sintéticos como el polietileno de ultra alto peso molecular. El desarrollo de los biopolímeros en aplicaciones incluye prótesis faciales, partes de prótesis de oído, aplicaciones dentales, marcapasos, riñones, hígado y pulmones. También incluyen películas delgadas y capas de PVC que se utilizan en bolsas de almacenamiento y empaquetamiento quirúrgico de sangre y otras soluciones; partes de esófago, segmentos de arterias, suturas biodegradables, partes de implantes articulares en dedos, acetábulos de cadera y rodilla, entre otros.

En general, los biopolímeros incluyen el polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE), el polimetil metacrilato (PMMA), los derivados del poliuretano, los poliésteres como el Dacron, el polipropileno, el politetrafluoretileno (PTFE), los polímeros derivados de las poliamidas (Nylon y KevlarTM), los colágenos y los polímeros absorbibles sintéticos como el ácido poliglicólico. Es posible tener en cuenta fibras como la seda, el algodón y el lino, utilizadas para suturas en cirugía. (Echavarría V, 1993).

Los biomateriales compuestos son la combinación de dos o más materiales en una escala macroscópica, que permiten aprovechar las propiedades físicas y mecánicas de cada uno. Están constituidos, como mínimo, por una fase discontinua (el refuerzo) embebida en una continua (la matriz). Los materiales porosos son tipos especiales de materiales compuestos particulados donde las partículas son burbujas de

aire. Usados tanto en los tejidos blandos como los duros, los biomateriales porosos promueven el crecimiento de los tejidos en la interfaz.

El éxito clínico de los biomateriales es bastante notable, considerando lo limitado de nuestra comprensión de los mecanismos físicos y biológicos que subyacen en las interacciones tejido – material. En realidad la conclusión más sorprendente que se puede lograr al revisar los registros de literalmente millones de implantes es como sólo se han reportado unos pocos accidentes mayores, y lo raros y benignos que han sido los efectos secundarios de implantar cantidades importantes de materiales sintéticos en el cuerpo humano.

Sin embargo, ha habido sorpresas; globalmente, el hallazgo más importante hasta ahora es que, entre los millones de compuestos y materiales, no más de un par de docenas de éstos son útiles para aplicaciones médicas. Otro hallazgo imprevisto es que algunos implantes funcionales demandan propiedades intrínsecas de los materiales que rebasan los límites de las tecnologías actuales en polímeros, cerámicos o metales.

A finales del decenio de 1960, los ingenieros ingresaron en los laboratorios de clínica médica, quirúrgica y dental, y sus contribuciones comenzaron a aparecer en la literatura biomédica. La influencia del ingreso de la Ingeniería al campo de los biomateriales se evidenció en la aplicación de técnicas para caracterizar la estructura y la superficie de los materiales, para correlacionarlos con las respuestas biológicas observadas. También, con la incorporación de los materiales cerámicos para el reemplazo de partes óseas y con el desarrollo de materiales compuestos.

En las últimas décadas ha surgido una Ciencia y una Ingeniería de los Biomateriales a partir de las observaciones iniciales poco sistemáticas que ha madurado a partir de una percepción empírica convirtiéndose en una ciencia analítica y predictiva. Por ello el desarrollo de la Medicina se ha potenciado gracias a equipos e implantes especialmente diseñados y construidos por especialistas en varias áreas: medicina, mecánica, electrónica, ingeniería de materiales, entre otros, figura 6.

Un grupo interdisciplinario de especialistas es capaz de diseñar y fabricar aparatos e implantes necesarios para pacientes que requieren la sustitución total o parcial de su organismo: pulmones, corazón artificial, estimuladores cardíacos, varios tipos de prótesis etc. (Galletti, 1984) (ABRAHAM, GONZALEZ, & CUADRADO, 1998).

Ampliando la definición inicial se puede decir que los biomateriales son sustancias biocompatibles que en contacto con tejidos vivos o fluidos biológicos pueden degradarse o ser absorbidos, o bien actuar como dispositivos que transfieran al ser vivo una propiedad o estímulo sin ser destruidos ni rechazados, sino integrados como materiales propios del tejido receptor.

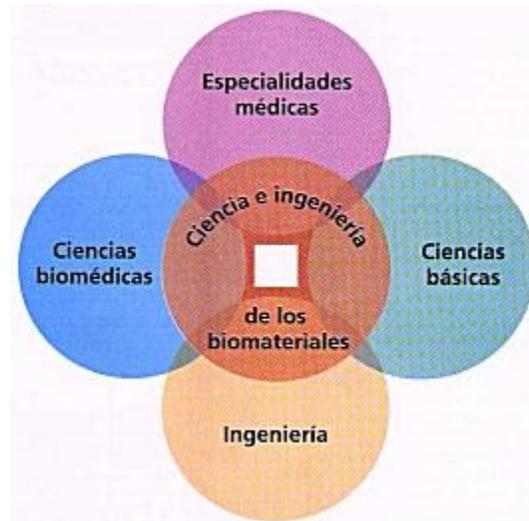


Figura 6. Disciplinas que participan en la ciencia e ingeniería de los biomateriales.

Se puede señalar entonces, que los biomateriales sintéticos (polímeros, metales, cerámicos y compuestos) o naturales (proteínas, polisacáridos, etc.), juegan papel central en la ingeniería de tejidos y las aplicaciones de la medicina regenerativa proporcionando (i) matrices tridimensionales para la actividad celular, (ii) matrices para la liberación de agentes terapéuticos (drogas, proteínas, DNA, siRNA) y (iii) componentes de aparatos funcionales (soportes mecánicos, elementos sensores y estimuladores, superficies no trombogénicas, barreras difusionales).

A mediados del decenio de 1980 se desarrollaron las primeras matrices o andamios de soporte en donde las células podían crecer hasta transformarse en tejidos. Si bien las primeras matrices estaban hechas con ciertos polímeros biodegradables (por lo que no sólo brindaban a las células una estructura sino también su alimento), en la actualidad existe una gran variedad de materiales que pueden ser utilizados para construir estos andamios celulares. Sintéticas o naturales, cerradas para encapsular el tejido y así protegerlo de los embates del sistema inmunológico, o abiertas para establecer un mejor contacto con el organismo anfitrión, hay matrices para casi todos los gustos.

Los biomateriales son sustratos biocompatibles idóneos para la generación de sistemas matriciales que permitan la inclusión, el crecimiento y la estimulación fenotípica de las células sembradas y de las células de los tejidos adyacentes al implante de sustitución o regeneración de un órgano concreto.

No es posible anotar acá todos los desarrollos que están ocurriendo en este campo, sobre todo en la llamada ingeniería de tejidos, los nanomateriales, los materiales biomiméticos y otros avances. (Valencia Giraldo, La Ingeniería y los biomateriales, 2008).

3.5. La biología

Es imposible resumir en estas líneas los espectaculares avances que ha tenido la Biología en los últimos 50 años, por lo que el asunto se limitará a la Ingeniería Genética la cual, obviamente, empezó con el conocimiento de la estructura de los genes, pues ellos controlan todos los aspectos de la vida de cada organismo, incluyendo metabolismo, forma, desarrollo y reproducción. Pero ¿qué son los genes? Pues bien, todo organismo, por simple que sea, porta una enorme cantidad de información. Esta información

se encuentra almacenada en una macromolécula que se halla en todas las células: el ADN. Este ADN está dividido en gran cantidad de sub-unidades (la cantidad varía de acuerdo con la especie) llamadas genes. Cada gen contiene la información necesaria para que la célula sintetice una proteína. Así, el genoma es la responsable de las características del individuo. De ahí la importancia de que la informática hubiera permitido descifrar el genoma humano.

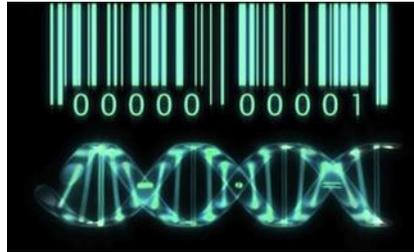


Figura 7. El genoma es la responsable de las características del individuo.

Fuente: <http://culturacientifica.com/2015/06/04/en-manos-de-quien-ponemos-nuestro-genoma/>

Cuando se comprendió esa estructura y cómo la información que portaban los genes se traducían en funciones o características, se comenzó a buscar la forma de aislarlos, analizarlos, modificarlos y hasta de transferirlos de un organismo a otro para conferirle una nueva característica. Así la Ingeniería Genética se puede definir como un *conjunto de metodologías que permite transferir genes de un organismo a otro y expresarlos (producir las proteínas para las cuales estos genes codifican) en organismos diferentes al de origen.* (Desmond S. T, 2008).

El ADN donde se combinan fragmentos de organismos diferentes es el llamado *ADN recombinante*. Por ello, las técnicas que emplea la ingeniería genética se denominan *técnicas de ADN recombinante*. Así, es posible no sólo obtener proteínas recombinantes de interés sino también cambiar cultivos, animales y seres humanos. Los organismos que reciben un gen que les aporta una nueva característica se denominan *organismos genéticamente modificados (OGM) o transgénicos*. Y ya se sabe que la discusión sobre los productos transgénicos está a la orden del día.

Las posibilidades de la Ingeniería Genética se concretan en la Biología Sintética, que empezó a mencionarse en el decenio de 1980 para referirse a la tecnología usada en la producción de las primeras bacterias modificadas genéticamente, es decir, que tenían uno o varios genes que no pertenecían a su estructura original. Hoy Biología Sintética es la Tecnología que diseña y construye bloques de genes que dan a los organismos características y funciones nuevas, que no existen en la naturaleza. Es decir implica la creación de nuevos organismos vivos, con todas las consecuencias filosóficas y religiosas posibles, desde recordar a Frankenstein hasta el fin del Vitalismo, como posición filosófica. (Church & Regis, 2014).

De otro lado la clonación es una consecuencia de todo esto y se puede definir como el proceso mediante el cual se consiguen, de forma asexual, copias idénticas de un organismo, célula o molécula ya desarrollados. De modo que un clon es una unidad genéticamente igual a la unidad predecesora, de la que está clonado. Como se anotó, la unidad puede ser molecular, clonando un gen, un grupo de genes, el ADN completo, una célula, un tejido, un órgano o un individuo completo. La primera clonación en el mundo animal fue realizada en 1952, a partir del óvulo de una rana, por científicos de la Universidad de Pennsylvania, quienes después del éxito logrado continuaron haciendo clonación con ratones. También en el ahora famoso Instituto de Roslin nació también vía clonación a partir de una célula proveniente de una oveja adulta Dolly, hecho que se hizo público a fines de febrero de 1997, cuando la oveja ya tenía varios meses de nacida y después de que Ian Wilmut, de dicho Instituto, había patentado el método de la reproducción. Lo extraordinario en el descubrimiento de Wilmut fue lograr que Dolly naciera no de una

célula embrionaria, sino de una célula altamente especializada. Dolly fue reproducida a través del núcleo de una célula que había sido tomada por Wilmut de la ubre de una oveja. (Oliver, 2013).

Las posibilidades y los problemas de un clon humano idéntico físicamente –porque delo demás no se puede decir nada– plantea problemas ético filosóficos indecibles.

3.6. La medicina

De la mano de los desarrollos antes mencionados los avances de la medicina han sido impresionantes en todos los sentidos y sería imposible reseñarlos así fuera muy brevemente, pero se pueden recordar algunos singulares como

- La impresión 3D para crear prótesis, como un pecho de titanio para un sobreviviente del cáncer
- La impresión 3D para crear órganos humanos, por ahora para la investigación, pero más adelante para usarlos como implantes.
- Las simulaciones de órganos u «organoides» que se cultivan a partir de células madre similares a las encontradas en los embriones o se obtienen a partir de los órganos existentes, o mediante el tratamiento de células de la piel con ciertos productos bioquímicos que las convierten en células madre.
- La terapia genética, en la cual los genes de una persona se modifican para combatir las enfermedades y se vuelven al cuerpo, ya se ha usado en pacientes con leucemia y otros cánceres de la sangre.
- Otra área en que se avanza son las tripas, es decir, las bacterias que habitan allí. Se ha encontrado que puede haber una conexión fisiológica directa entre la mezcla de microbios que hay en el tracto digestivo y cómo funciona el cerebro y que esa mezcla puede ser un factor determinante en si es obeso o flaco. Esas bacterias afectan no sólo las enfermedades gastrointestinales sino el cáncer y las alergias
- La inmunoterapia del cáncer, que es el uso de drogas que potencian el sistema inmune del cuerpo para luchar directamente contra las células cancerosas. Esto no ocurre naturalmente porque esas células se arropan con una capa protectora. De modo que el mismo principio se aplica a las células sanas para que se protejan a sí mismas. (Loder, 2016).
- El ojo biónico es una diminuta cámara, en las gafas, que captura imágenes, las cuales se convierten en impulsos eléctricos, que se transmiten a una antena en un implante retinal, lo que permite superar la parte dañada de la retina. Los pulsos se transmiten al nervio óptico del cerebro, que interpreta las imágenes y crea patrones de luz. Así algunos pacientes percibirán objetos y colores.
- Ya se están no sólo reconstruyendo caras sino trasplantándolas.
- Hay muchas aplicaciones que ayudan, como un estetoscopio remoto que puede transmitir el ritmo cardíaco de una persona al médico, o una manilla con un espectrómetro que detecta los nutrientes que llegan al torrente sanguíneo durante y después de la comida y así muchos otros aparatos, como un lector de contacto que mide los niveles de azúcar.
- Ya hay prótesis que no son controladas por los músculos sino por el cerebro. (Carr, 2016).

Así se podría hacer una gran lista, pero los más impresionantes son los que operan directamente en el cerebro. Por ejemplo se sabe que una célula de memoria es el bloque fundamental en la construcción de la memoria de un computador. Es un circuito electrónico que graba 1 bit de información y almacena 1 a alto voltaje y 0 a bajo voltaje. Pues bien, se ha construido una célula de memoria – 10000 veces más delgada que un cabello humano– que puede almacenar información y procesarla al mismo tiempo, como el cerebro humano. El primer paso para lograr el cerebro biónico, figura 8, porque esta célula puede retener, recordar y ser influida por información que ha almacenado previamente en ella, algo que no hacen las actuales. (Davies, 2014).



Figura 8. La célula de memoria permitirá obtener el cerebro biónico.

Fuente: <http://www.consalud.es/tecnologia/mas-cerca-de-un-cerebro-bionico-para-experimentar-18025>

Y en general hay que recordar los implantes en el cerebro, los cuales a diferencia de los marcapasos, las coronas dentales o las bombas de insulina implantables, las neuroprótesis –los aparatos que restauran o suplementan las capacidades de la mente con medios electrónicos insertados directamente en el sistema nervioso– cambian la manera de como percibimos el mundo y nos movemos en él, es decir, son parte de nosotros.

Ya se han mencionado los audífonos y los implantes cocleares así como el ojo biónico, también se usan pequeños electrodos implantados en el cerebro para enviar pulsos a lo profundo de este, para activar algunas de las trayectoria necesarias en el control motor de los enfermos de Parkinson.

Es más, en Stanford se ha desarrollado un implante cerebral inalámbrico –pues funciona con ondas de radio de «campo medio»– del tamaño de un grano de arroz que se ubica en lo profundo del cerebro y estimula directamente las neuronas, lo que permite reemplazar las terapias con drogas que se aplican para la depresión, el Alzheimer, epilepsia y otras enfermedades neurológicas. Por supuesto está el potencial para otras aplicaciones trashumanas. (Marcus, 2013).

Es decir, que el uso de la Ingeniería para alterar el cerebro es ya una realidad y eso son palabras mayores, porque se está rediseñando el cerebro, la mente y todo lo que ello implica.

3.7. Los humanoides

El término humanoide se refiere a cualquier ser cuya estructura corporal se asemeja a la de un humano es decir, es la atribución de características y cualidades humanas a los animales de otras especies, a objetos o a fenómenos naturales. A veces también es llamado antroformismo. El término también se utiliza para referirse a un conjunto de creencias o doctrinas que atribuyen a la divinidad la figura o las cualidades humanas, el llamado antropoteísmo.

El primer uso registrado del término humanoide fue en 1870, refiriéndose a personas indígenas en áreas colonizadas por europeos. En el siglo XX el término llegó a describir fósiles que eran morfológicamente similares, pero no idénticos, a los del esqueleto humano.

El termino humanoide es menos específico que los cuasi humanos, que generalmente implica un ancestro común con los humanos. La clasificación de los humanoides no es estricta, generalmente debe tener un anatomía similar a la humana, es decir disposición bípeda, cabeza con ojos, nariz y boca, brazos y piernas con dedos.

En todas las épocas se ha hablado de humanoides y se pueden mencionar los duendes, los gnomos, los enanos, los gigantes, las hadas, el hombre lobo, los duendes, los elfos, el gremlin, los hobbits, los ogros, los trasgos, los trolls, el yeti y todas las especies extraterrestres que aparecen en la Ciencia Ficción. Esto sin mencionar a la cuasi humanos como las sirenas, los centauros y los faunos.

Pero también ha habido humanoides creados por el hombre, por ejemplo el golem, el homúnculo, Pinocho, Frankenstein y los robots humanoides.

De acuerdo con la tradición judía un golem es un ser creado mágicamente a partir de fuerzas elementales, a menudo para servir a su creador, figura 9. El *Sefer Yezirah* (Libro de la Creación) da instrucciones sobre cómo hacer un golem. Dicen que el primer golem fue de carne en un intento por animar a un muerto y que después se usaron la arcilla, la madera y los metales. La fuerza del golem es un espíritu elemental de la tierra, de naturaleza desconocida, que se activa mediante los ritos prescritos. El golem más famoso es el que hizo el rabino Judá Lowe ben Bezael (1513- 1609) en Praga. Se dice que lo hizo de arcilla para proteger a la comunidad judía y trabajar materialmente, porque los goles son muy fuertes. Sobre este se hizo una película en 1920 y Borges retomó el tema. (Wecker, 2013). (Borges, 1989).



Figura 9. El golem de la película de 1920.

Fuente: <http://www.cinerecobrado.cl/el-golem/>

El concepto de homúnculo (del latín *homunculus*, «hombre pequeño») se refiere a un pequeño ser hecho en el laboratorio. La creación se produce mediante un ritual que fue descrito por Paracelso, alquimista y médico que vivió en el siglo XVI y es conocido también como Philippus Theophrastus Aureolus Bombastus von Hohenheim, nombre que por cierto se compuso él mismo.

Paracelso afirmó en una ocasión que había creado un pequeño ser humano, al que se refirió con el nombre de homúnculo, figura 10. Se trataba al parecer de una criatura de unos 30 cm de altura y que hacía las funciones que habitualmente eran asociadas con los golems. Se cuenta que pasado el tiempo, el homúnculo se volvió contra su creador y desapareció. Un homúnculo se creaba (según la leyenda) con la ayuda de una bolsa de huesos donde se habían depositado además, esperma, fragmentos de piel y pelo de algún animal del que se quisiera sacar un híbrido. Todo esto se enterraba rodeado de estiércol de caballo y se suponía que al cabo de 40 días el embrión estaría ya formado. La película *Species* de 1995 se inspira en la leyenda del homúnculo. (Campbell, 2010).



Figura 10. El homúnculo de Paracelso.

Fuente: <http://www.taringa.net/post/info/10671700/Paracelso-y-su-teoria-del-Homunculo.html>

A su vez Pinocho es un personaje literario debido a la pluma de Carlo Lorenzini (Florencia 1826 - 1890), cuyo seudónimo era Carlo Collodi. Pinocho es la marioneta de madera protagonista del libro *Las aventuras de Pinocho*, publicado en un periódico italiano entre 1882 y 1883. La historia cuenta que Pinocho cobra vida cuando el carpintero Geppetto (diminutivo de Giuseppe) lo termina de armar en su taller. Pinocho es una ser travieso que desobedece a su creador y vive muchas aventuras. En resumen, es un famoso cuento cuyo simbolismo ha suscitado muchas discusiones y especulaciones. (Collodi, 2011).

Como cuenta William Ospina en su libro *El año del verano que nunca llegó*, (Ospina, 2015) que se refiere a la tremenda erupción volcánica en Indonesia que convirtió el verano europeo de 1816 en uno de los más fríos y desapacibles de la historia; en esa oscuridad Mary Shelley (1797 – 1818) escribió primero *Frankenstein como un cuento cuando* Lord Byron sugirió a sus amigos que escribieran una historia de fantasmas; en esa misma ocasión John Polidori, escribió *El Vampiro* (Drácula). La historia cuenta como un joven estudiante Victor Frankenstein hace un cuerpo cosiendo partes robadas de las tumbas y dándole vida con la electricidad. Se cuenta del remordimiento de Victor por crear tal cosa. El monstruo Frankenstein se da cuenta lo que es y de que es rechazado por la humanidad, por lo que busca venganza en la familia de su creador para calmar su pena. La carga simbólica de esta novela ha sido objeto de mucha literatura y el tema ha sido llevado al cine repetidas veces.

Ya se anotó que la palabra robot la acuñó el dramaturgo checo Karel Kapek, en su obra *R.U.R. (Rossum's Universal Robots)*, publicada en 1923 y presentada tanto en Estados Unidos de América como en Inglaterra en el mismo año, aunque el término apareció por primera vez en 1912 para referirse a los fósiles que fueron morfológicamente similares al esqueleto humano, pero no idénticos.

También se sabe que Al Jazari (1136 – 1206), un inventor musulmán, hizo autómatas y, en 1206, los primeros robots humanoides. Y en 1495 Leonardo da Vinci diseñó un robot humanoide.

Aunque existen muchos robots humanoides en las historias de ficción, apenas empezaron a desarrollarse desde el decenio de 1930, realmente avanzados en el decenio de 1990 y algunos de aspecto real – andróides– desde el año 2000 con ASIMO, de la empresa Honda, robot humanoide capaz de desplazarse de forma bípeda e interactuar con las personas. Desde entonces los desarrollos van acercando el tema las propuestas de la Ciencia Ficción. (Moravec, 2008). (Minsky, 1987)

Así el robotista Hans Moravec dice que después del 2100 serán los robots inteligentes los que conquisten el espacio exterior. (Moravec, *Robot: Mere Machine to Transcendent Mind*, 2000)

3.8. Los Cyborgs

La palabra *cyborg* es un acrónimo en inglés de *cyber* [cibernético] y *organism* [organismo], así un organismo cibernético es una criatura compuesta de elementos orgánicos y dispositivos cibernéticos, generalmente con la intención de mejorar las capacidades de la parte orgánica mediante el uso de tecnología, figura 11.

El término *cyborg* fue definido por primera vez por Manfred E. Clynes y Nathan S. Kline en 1960 para describir ser humano mejorado capaz de sobrevivir en el espacio extraterrestre. El término apareció por primera vez en forma impresa, 5 meses antes, cuando The New York Times reportó sobre los aspectos psicofisiológicos del Espacio Simposio de vuelo donde Clynes y Kline presentaron por primera vez su papel: “Un *cyborg* es esencialmente un sistema hombre-máquina en el cual los mecanismos de control de la porción humana son modificados externamente por medicamentos o dispositivos de regulación para que el ser pueda vivir en un entorno diferente al normal”. En 1991 Donna Haraway lo definió como “un híbrido de máquina y organismo, una criatura de realidad social y también de ficción”. (Haraway, 1991)

De acuerdo con definiciones más amplias ya muchos somos *cyborgs*, por ejemplo, una persona a la que se le haya implantado un marcapasos podría considerarse un *cyborg*, puesto que sería incapaz de sobrevivir sin ese componente mecánico. Otras tecnologías médicas, como el implante coclear, que permite que un sordo oiga a través de un micrófono externo conectado a su nervio auditivo, también hacen que sus usuarios adquieran acceso a un sentido gracias a la tecnología, aproximando su experiencia a la de un *cyborg*. Así el músico y artista Neil Harbisson, quien para poder percibir los colores se hizo instalar una antena en el cerebro visible desde el exterior, fue el primero en ser reconocido legalmente como *cyborg* por el gobierno británico en 2004.

En resumen, como dice Faith Popcorn: “...habrá una gran fusión/mezcla/unión en el futuro: humanos mejorados por la tecnología robot y robots con un poco de humanidad. Y después la reproducción entre sí –su «ADN», nuestro ADN: un nuevo ADN–. Una transformación de nuestra especie nos espera...” (Popcorn, 2016) (Aguilar García, 2008)



Figura 11. Un *cyborg* es una criatura compuesta de elementos orgánicos y dispositivos cibernéticos.

Fuente: [http://villains.wikia.com/wiki/Cyborg_\(Injustice:_Gods_Among_Us\)](http://villains.wikia.com/wiki/Cyborg_(Injustice:_Gods_Among_Us))

4. Transhumanismo

El término transhumanismo, fue presentado por Peter Sloterdijk, en su conferencia *Reglas para el Parque humano*, de 1999, y lo utilizó para calificar a la crítica que Heidegger, en su *Carta sobre el humanismo*, de 1946, dirigió al joven pensador francés Jean Beaufret. Sloterdijk definió la conocida Carta como la inauguración de un «espacio de pensamiento transhumanista o posthumanista» porque no representaba otra cosa sino una suerte de condena del humanismo, debido a que Heidegger se preguntaba si acaso en la «catástrofe presente se mostraba precisamente, que el problema es el hombre mismo junto con sus sistemas de autoelucidación y autoensalzamiento metafísico»; revelándose de paso con ello que cuando se desarrollan positivamente los poderes científicos, no sería sino una triste figura de los seres humanos la que, como en épocas de temprana inocencia, quisiera poner una fuerza superior en su lugar (Dios, la casualidad o los otros). En el futuro –afirmó casi optimistamente Sloterdijk– este juego se encarará activamente y se formulará un código de las antropotécnicas, que cambiará el significado del humanismo clásico puesto que «la humanitas no solo implica la amistad del hombre con el hombre, sino también –y de modo crecientemente explícito– que el ser humano representa el más alto poder para el ser humano». (Sloterdijk, 1999) (Villarroel, 2015)

El transhumanismo sostiene que es deseable, mejorar la condición humana; no mediante el sistema educacional o por modificaciones socioambientales determinadas, como la economía o la cultura, sino recurriendo a medios técnicos que intervienen directamente el organismo humano para lograrlo, es decir, interviniendo directamente su sustrato fisiológico-corporal. Como señala Manuel Garrido: “...Los transhumanistas piensan que existen importantes motivaciones para sostener que las capacidades humanas actuales pueden ser ampliadas mediante dispositivos técnicos y que, incluso, hasta el comportamiento ético podría ser igualmente objeto de modificaciones o mejoras por vía de procedimientos de ingeniería genética...” (Garrido, 2007)



Figura 12. Peter Sloterdijk acuñó la palabra transhumanismo en 1999.

Fuente: <http://arteaithesis.blogspot.com.co/2010/11/peter-sloterdijk-extranamiento-del.html>

De modo que el poshumanismo defiende la licitud de recurrir a todo tipo de tecnologías (bio, nano, info, etc.) no sólo para mejorar las capacidades humanas sino para dotarla de otras nuevas. El objetivo es que el ser humano guíe su propia evolución biológica, como dice John Harris. (Harris, *Enhancing Evolution: The Ethical Case for Making Better People*, 2010)

Otra de las figuras preeminentes en el movimiento transhumanista ha sido Nick Bostrom, filósofo sueco de la Universidad de Oxford, quien señala que “...el progreso ocurre cuando más gente se hace más capaz

de autoformar sus vidas y las maneras como se relacionan con otros, de acuerdo con sus más profundos valores...” (Bostrom, 2003) esto porque los transhumanistas no rechazan los valores de la libertad, de la tolerancia, la libertad o la preocupación por los demás. Como ya se ha dicho, según ellos el mejoramiento de la condición humana no debe estar limitado a métodos tradicionales como la educación o el desarrollo cultural sino que también se deben usar los medios tecnológicos para traspasar las barreras físicas, mentales e intelectuales de lo humano, llegando a lo transhumano. Pero la tecnología siempre ha estado unida a la educación y la cultura, de modo que, según eso, ya somos transhumanos hace tiempo. (Machadinha Maia, 2015)

Señala el mismo Nick Bostrom, retomando el concepto de la perfectibilidad del ser humano elaborado por Condorcet, que el transhumanismo debe ser considerado como la continuación del humanismo de la Ilustración. Condorcet define el progreso como el perfeccionamiento continuo y sin cesar del ser humano, “marchando a paso firme y seguro sobre la ruta de la verdad, de la virtud y de la felicidad”. Según esto, encontramos en Condorcet la idea de que el progreso constituye la marcha del género humano hacia su perfección, hacia su felicidad. (Missa, 2013) Es decir, que la teoría está basada en la utopía del progreso ilimitado de la ciencia. No piensa en los límites de la misma, solo en su fin y sus medios. ¿Quién toma las decisiones?

Es decir, que como señala el ingeniero Naief Yehiya, autor de *El cuerpo transformado. Cyborgs y nuestra descendencia tecnológica en la realidad y en la Ciencia Ficción*: “...Los crecientes progresos en la Ciencia han creado la impresión de que nos acercamos vertiginosamente a un mundo poblado por *Cyborgs* o tecnoquimeras capaces de proezas inverosímiles. Un ejemplo son los corredores sin piernas que emplean prótesis –de materiales elásticos y resistentes– con las que pueden correr a velocidades asombrosas. Pero mucho más ambiciosas que estas extremidades de alto rendimiento, o que los ojos, oídos, páncreas o pulmones artificiales, son las modificaciones que trae la nanotecnología, la ingeniería de tejidos y la colisión de las tecnologías digitales de la información con la biología. Y así como tenemos una corriente que espera mejorar el cuerpo humano, también hay otra que aspira seriamente a desecharlo del todo en favor de un mejor «envase», a mudar la conciencia a la memoria de una computadora donde pueda habitar por siempre y en todas partes, siendo omnipresente gracias al poder de Internet...” (Yehiya, Apuntes para una historia de la poshumanidad, 2003) (Yehiya, *El cuerpo transformado. Cyborgs y nuestra descendencia tecnológica en la realidad y en la Ciencia Ficción*, 2001)

No hay duda de que se puede utilizar la tecnología para lograr lo que se propone, el debate es sobre si es deseable. Un asunto que no se debatirá acá porque escapa al alcance de estas notas.

5. Poshumanidad

Como se anotó sobre la cibernética, ella está presente en todos los desarrollos científicos y mecánicos contemporáneos, desde el «cerebro» perpetuamente autoperfeccionado por sucesivas generaciones de computadores hasta la automatización industrial. Entre ambos extremos la electrónica, en camino hacia la biónica, y guiada por la cibernética, señala los actuales desarrollos de una ciencia y una técnica aliadas en el terreno de las máquinas, de la fisicoquímica y de la biología (un continuum inseparable) para lograr productos cuya secuela en los próximos 10 000 años ya es anunciada por los más audaces prospectos. Es por ello que, de acuerdo con Gabriela Echavarría Alfaro, los teóricos del posthumanismo (Hayles, 1999) (Pepperell, 2003) concuerdan en ubicar el origen del pensamiento posthumanista a partir de la cibernética en los decenios de 1950 y 1960 debido a que el desarrollo de ésta modificó radicalmente las ideas científicas que se usaban para explicar el mundo y nuestra propia “identidad humana”. (Chavarría Alfaro G.)

Pero, como se señaló desde el principio, hay que reiterar que este contexto un transhumano sería un humano en fase de transición hacia lo posthumano: es decir, alguien con capacidades físicas, intelectuales y psicológicas, mejoradas respecto a un «humano normal». En tanto que un poshumano sería alguien cuyas capacidades excederían de forma excepcional al humano actual, es decir, no hay ambigüedad entre humano y posthumano.

En resumen, el futuro ser posthumano vivirá una larga vida saludable, aumentará grandemente su cognición y percibirá más vívidamente su entorno, es decir, serán más fuertes sus emociones, con todo lo que eso implica... figura 13.



Figura 13. Los seres posthumanos son cada vez más posibles.

Fuente: <http://www.thenanoage.com/transhumanism-posthumanism.htm>

No obstante, hay temores sobre el empleo irracional de estos avances en el hombre. Algunos investigadores admiten que algunas de estas tecnologías u otras venideras podrían causar grandes males a la vida humana; incluso, podrían poner en riesgo su supervivencia y, aunque de momento, son posibilidades extremas, están siendo tomadas muy en serio por un número cada vez mayor de científicos y pensadores sociales. (Rey, 2004)

Es también necesario escuchar a los que dudan de la posibilidad de esta poshumanidad: “...Parece, por tanto, poco probable, a pesar del optimismo imaginario del transhumanismo, modificar nuestra naturaleza a partir de la implementación de interfaces hombre-máquina porque al final lo que somos depende del resultado asimilado de nuestras acciones, de nuestra praxis, que es imposible de ejercer por medio de una interfaz computacional. Y aunque podemos aventurar que no habrá tal futuro poshumano, que nos permita saltar de lo que somos a un tipo diferente de ser humano biomodificado, esta propuesta ha venido a provocar nuevas rutas de discusión en el campo de la filosofía de la tecnología y de la filosofía de la ciencia sobre tópicos como la identidad humana y la oposición entre naturaleza y libertad, que parecían haberse cómodamente resguardado en el discurso de la antropología, y que la ciencia o al menos algunas de las reflexiones filosóficas sobre la ciencia contemporánea, nos han venido a recordar que debemos seguir estudiando y discutiendo hasta qué punto el entorno y el hombre mismo se modifican, bajo el reto constante al que el hombre se somete cada día: *llegar a ser* lo que *debe ser* a partir de lo que esencialmente *ya es*...”. (Velázquez Fernández, 2009)

Pero de todas estas posibilidades a lo que se quiere invitar a los ingenieros es a pensar –una vez más– en los alcances de sus actividades demiúrgicas, porque en la actualidad el posthumanismo parece concretar los deseos de una élite mundial postindustrializada y millonaria que tiene cubiertas sus necesidades humanas tan completamente que ahora puede ponerse a pensar en las diferentes formas para extender

su existencia. Porque actualmente la obsesión no es la de crear un hombre nuevo, o la de realizar las potencialidades humanas, sino la de cuidar la salud, evitar la vejez y modificar indefinidamente al cuerpo – pensemos en la cirugía plástica, los gimnasios, las dietas, las drogas y todas esas cosas que acompañan el culto al cuerpo –, como modo de constituirse un yo pleno, ¿qué es lo que se espera en el futuro? ¿Poblaciones infinitamente sanas en medio de cada vez más *ghettos* de seres descartables, puesto que las formas de exclusión no cesan de crecer y diversificarse? ¿Cómo se producen estas nuevas fantasías de cría fuera de lo humano? Visto así, el pensamiento posthumanista podría ser un instrumento para allanar el camino a la libre colonización del cuerpo humano de unos hombres por otros hombres. Podría también ser el instrumento para crear otro tipo de discriminación, la discriminación genética.

Es muy importante tener conciencia de que este conocimiento científico y tecnológico es, y parece que será, un conocimiento de acceso restringido para la mayoría de la población, evidentemente no es para el tercer mundo. Por ello hay una responsabilidad intelectual y es poner todo esto en el debate público y hacerlo accesible a las mayorías. Por tanto, se espera que estas notas contribuyan a introducir uno de los temas más actuales y preocupantes en las ciencias humanas, sociales, naturales y exactas: la idea posthumanista. (Rodríguez, 2010) (Chavarría Alfaro G.)

Referencias

- ABRAHAM, G. A., GONZALEZ, M. F., & CUADRADO, T. R. (1998). La ciencia y la ingeniería de los biomateriales: un desafío interdisciplinario. *Ciencia hoy*, Vol. 9(No. 49), 1. Obtenido de *Ciencia hoy*, Vol. 9, No. 49, Nov./Dic. 1998. <http://www.cienciahoy.org.ar/hoy49/biomat03.htm>: <http://www.cienciahoy.org.ar/hoy49/biomat03.htm>
- Aguilar García, T. (2008). *Ontología Cyborg. El cuerpo en la nueva sociedad tecnológica*. Barcelona: Gedisa.
- Asimov, I. (1985). *The Complete Robot*. New York: Voyager.
- Barrientos, A., Peñin, L. F., Balaguer, C., & Aracil, R. (1998). *Fundamentos de robótica*. Madrid: McGraw-Hill.
- Berr, S. (2009). *Think Before You Think: Social Complexity and Knowledge of Knowing*. Chabury, U. K. : Waveston Press.
- Borges, J. L. (1989). *El Golem*. En J. L. Borges, *El otro, el mismo* (pág. p. 263). Buenos Aires: EMECE Editores.
- Bostrom, N. (2003). *The Transhumanist Fack*. Oxford: Faculty of Philosophy, University of Oxford. Obtenido de <http://www.transhumanism.org/resources/FAQv21.pdf>
- Campbell, M. B. (2010). *Artificial Men. Alchemy, Transubstantiation, and the Homunculus*. *Republic of Letters*, Vol. 1(No. 2). Obtenido de http://arcade.stanford.edu/rofl_issue/volume-1-issue-2
- Carr, G. (Enero de 2016). *El año de los organoides*. *El Tiempo*, pág. 49.
- Chavarría Alfaro, G. (2013). *El posthumanismo y el transhumanismo: transformaciones del concepto de ser humano en la era tecnológica*. San José: Universidad de Costa Rica.
- Chavarría Alfaro, G. (s.f.). *El poshumanismo y los cambios en la identidad humana*. *Reflexiones*, Vol. 94(No. 1), p. 97.
- Chemical Week. (2006). *Nature inspires future*. *Chemical Week*, Vol. 168(No 29), p. 39.
- Church, G., & Regis, E. (2014). *Regenesis: How Synthetic Biology Will Reinvent Nature and Ourselves*,. New York: The Perseus Books Group.
- Collodi, C. (2011). *Las aventuras de Pinocho*. Madrid: Siruela.
- Davies, J. A. (2014). *Life unfolding. How the human body crates itself*. Oxford: Oxford University Press.
- Desmond S. T, N. (2008). *An Introduction to Genetic Engineering*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Echavarría V, A. I. (1993). *Biomateriales: una nueva alternativa para el ingeniero metalúrgico*. *Informetal*.

- Galletti, P. M. (1984). *Contemporary biomaterials*, . Park Ridge: Noyes Publications.
- Garrido, M. (2007). La explosión de la tecnología: tres metáforas para el siglo XXI. En M. Garrido, L. M. Valdés, & L. Arenas, *El legado filosófico y científico del siglo XX* (pág. p. 867). Madrid: Cátedra.
- González González, E. (1989). Hacia una definición del término humanismo. *Estudis: Revista de historia moderna*(No. 15.), p. 45.
- González, A. J., & Douglas D, D. (1993). *The engineering of knowledge based systems*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Haraway, D. J. (1991). *Simians, Cyborgs and Women: The Reinvention of Nature*. New York: Routledge.
- Harris, J. (2010). *Enhancing Evolution: The Ethical Case for Making Better People*. Princenton: Princenton University Press.
- Harris, J. (2010). *Enhancing Evolution: The Ethical Case for Making Better People*. Princeton: Princeton University Press.
- Hayles, K. (1999). *How We Became Posthuman. Virtual bodies in Cibernetics, Literature and Informatics*. Chicago: Chicago University Press.
- Herazo Bustos, M. I., & Cassiani Miranda, C. A. (2015). Humanismo y poshumanismo: dos visiones del futuro humano. *Salud Uninorte*, Vol. 31(No. 2), p. 394.
- Hinestroza G, L., & Pizarro D, J. H. (1998). *Impacto social de la automatización*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Kapek, C. (2001). *Rossum's Universal Robots*. (P. Selver, & N. Playfair, Trads.) New York: Dover Publications.
- Kelly, K. (1995). *Out of Control: The New Biology of Machines, Social Systems, and the Economic World*. Reading: Addison-Wesley Basic Books.
- Klafer, R. D. (1998). *Robotic engineering. An integral approach*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Loder, N. (Enero de 2016). *Cáncer el gran enemigo imbatible*. *El Tiempo*, pág. 50.
- Machadilha Maia, J. J. (2015). *A nossa natureza (trans)humana"*. *Mátria digital*(No. 3), p. 4.
- Marcus, G. (17 de Septiembre de 2013). *A Map for the Future of Neuroscience*. *The New Yorker*, pág. 12.
- Minsky, M. (1987). *La sociedad de la mente: la inteligencia humana a la luz de la inteligencia artificial*. Buenos Aires: Ediciones Galápagos.
- Missa, J.–N. (2013). Biodiversidad, filosofía transhumanista y el futuro del hombre. *Revista Colombiana de Bioética*, Vol. 8(No.1), p. 65.
- Moravec, H. (2000). *Robot: Mere Machine to Transcendent Mind*. Melbourne: Oxford University Press.
- Moravec, H. (2008). *Rise of the robots*. New York: Scientific American Reports.
- Oliver, K. (2013). *Technologies of Life and Death: From Cloning to Capital Punishment*. New York: Fordham University Press.
- Ospina, W. (2015). *El año del verano que nunca llegó*. Bogotá: Random House.
- Peppas, N. A. (1994). *New challenges in biomaterials*. *Science*, March1994, Vol. 263(No. 5154), 1715.
- Pepperell, R. (2003). *The Posthuman Condition. Consciousness beyond the brain*. Portland: Intellect Books.
- Popcorn, F. (Enero de 2016). *"La condición humanoide"* . *El Tiempo* , pág. 53.
- Prieto Espinosa, A., Lloris Ruiz, A., & Torres Cantero, J. C. (1989). *Introducción a la informática*. Madrid: McGraw-Hill.
- Radlow, J. (1988). *Informática: las computadoras en la sociedad*. Ciudad de México: McGraw-Hill.
- Rey, G. H. (05 de Septiembre de 2004). *Mundo de posthumanos*. *El Tiempo*, pág. p. 2.
- Sloterdijk, P. (1999). *Reglas para el parque humano. Una respuesta a la Carta sobre el Humanismo*. Conferencia pronunciada en el castillo de Elmau. Baviera. Obtenido de <http://www.heideggeriana.com.ar/comentarios/sloterdijk.htm>
- Valencia Giraldo, A. (2000). *Sobre ciencia y literatura*. *Revista Universidad de Antioquia*(No. 259), p. 67.
- VALENCIA GIRALDO, A. (2004). *De la técnica a la modernidad*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Valencia Giraldo, A. (17 de Septiembre de 2008). *La Ingeniería y los biomateriales*. Primer Congreso Nacional de Biomateriales. Medellín, Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia.

- Velázquez Fernández, H. (2009). Transhumanismo, libertad e identidad humana. *Thémata. Revista de Filosofía*(No. 41), p. 577.
- Villarreal, R. (2015). Consideraciones bioéticas y biopolíticas acerca del Transhumanismo. El debate en torno a una posible experiencia posthumana. *Filos*, Vol.71, p. 177.
- Wecker, H. (2013). *The Golem and the Jinni*. New York: Harper.
- Winer, N. (1948). *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Winston, P. H. (1989). *Artificial intelligence*. Reading: Addison-Wesley.
- Yehiya, N. (2001). *El cuerpo transformado. Cyborgs y nuestra descendencia tecnológica en la realidad y en la Ciencia Ficción*. Ciudad de México: Paidós Amateurs.
- Yehiya, N. (Enero de 2003). *Apuntes para una historia de la posthumanidad*. Obtenido de Letras libres, : <http://www.letraslibres.com/mexico-espana/ciencia-y-tecnologia/apuntes-una-historia-la-poshumanidad>
- Zeldman, M. I. (1984). *What every engineer should know about robots*. Nueva York: Marcel Dekker.