

HOMO FUTURUS: LA REMODELACIÓN TÉCNICA DEL HOMO SAPIENS

Pedro R. García Barreno

Hasta el presente, la paciente modelación del *homo sapiens* ha sido fruto de la evolución darwiniana, lejos del creacionismo o diseño inteligente y fruto del azar y la necesidad. La antropotecnología retoma el diseño –esta vez el sastre es el propio *sapiens*- y pone su objetivo en una mejor especie, un *homo superior* u *homo futurus*. Pero, ¿donde está el límite? ¿cuando se cruza la línea roja? ¿cuando se deja de ser *homo sapiens*? En principio solo los antropoderivados y las xenokuimeras apuntan hacia lo desconocido. Ciborgs y eugenoides seguirán siendo *homo sapiens*; otros humanos, pero *homo sapiens*. Cromañón desplazó a neandertal; ¿desplazará *H. Superior* a *H. Sapiens*? ¿continuará la cadena?

La manipulación prenatal dará lugar a un individuo pleno que, por supuesto, podrá ser manipulado de nuevo una vez nacido. Sin embargo, la actuación antropotecnológica en el ya nacido y ya consciente abre la puerta a la pregunta disruptiva, diletante por supuesto al día de hoy: ¿hasta cuanto yo? Pregunta relacionada con una de las tres leyes de la dialéctica materialista: la ley de la transformación de los cambios cuantitativos en cualitativos. En cualquier caso, la antroposomática es mero reduccionismo materialista.

La antroposómica inaugura un futuro hoy imprevisible en los más diversos aspectos de la vida diaria: cambios en el modo de trabajar con incidencia en tensiones políticas y sociales, deporte –superolimpiadas o Juegos Olímpicos “sin límite” – o una hiperaristocracia. Todo ello – la “realidad real” – queda desplazado de los más variados escenarios por la explosión de las “técnicas de potenciación humana” (*Human Enhancement Technologies*, HETs). Pudiera intuirse una especie de “desplazamiento hacia el rojo” en el que la Medicina va quedando relegada a un mero gasto/negocio mientras que la “aceleración acelerada” – en el sentir de Richard Buckminster Fuller – de las HETs captan el capital – inversión/empresa – para una, todavía, “realidad virtual”. ¿Qué ética puede respaldar relegar enfermedad-enfermo a un segundo plano para potenciar lo que ya funciona per se ni se prevé que vaya a dejar de hacerlo? ¿Una ética de una neoegunesia, eugensia libeal o eugenesia de consumo?

Precaution and Governance of Emerging Technologies plantea la coexistencia entre precaución y apoyo al avance tecnológico hacia la “singularidad tecnológica”. Las posturas de precaución se escudan en los potenciales peligros de tecnologías transgresoras complejas e inciertas; exigen mayor evaluación antes de su utilización pública. Los críticos arguyen que la precaución refleja temores irracionales de riesgos no contrastados; algo así como un pánico al riesgo que paralizaría toda innovación tecnológica. Existen antecedentes de moratorias ante situaciones que reclamaban un mayor debate en profundidad (Conferencia de Asilomar y tecnología del ADN recombinante). Hay, al menos, tres ejemplos recientes. La aplicación de las técnicas CRISPR-Cas9 / *Prime editing* permitirían modificar toda una especie; el cultivo de embriones humanos más allá de la regla de los 14 días, y la creación de embriones interespecies.

Puede entenderse la ética como un constructo de formación-información-compromiso con el otro, que intenta bloquear la incidencia del amaño, la corrupción o el conflicto de intereses sobre profesionales, opinión pública, autonomía individual, ideología, legislación y política, en sus acciones sobre la ciencia, tecnología, desarrollo, derechos de propiedad, inversión, empresa, producto, mercado, publicidad o consumo. A modo de colofón o como consolación, una vez más y mientras exploramos lo desconocido, nos contentaremos con asumir la complejidad de evaluar el potencial social, ético y las implicaciones legales de las antropotecnologías.

«*L'homme est la seule créature qui refuse d'être ce qu'elle est*».

Albert Camus ¹.

«*At first glance there does not seem to be anything philosophically problematic about human enhancement*». Tal es el arranque de la entrada «*Human enhancement*» de la *Stanford Encyclopedia of Philosophy* ². Con ello debería concluirse este escrito: «*That's all Folk*» ³.

Hay casi siempre, sin embargo, una «segunda oportunidad» ⁴. ¿Es posible, debe haber, hay, una ética del incremento «artificial»-máximo posible de las capacidades físicas y mentales humanas, en un contexto no médico? Al menos, si no una legislación *ad hoc* una reflexión sobre una hipotética antropotecnología ⁵. La capacidad de intervenir en la ontogenia del ser humano se echa encima.

Marshall W. Nirenberg escribió: «*[...] Salvador Luria has said: 'The progress of science is so rapid that it creates an imbalance between the power it places in the hands of man and the social conditions in which power is exerted. Then neither warnings of scientists, nor breadth of public information nor wisdom of citizens may compensate for inadequacies of the institutional framework to cope with the new situations' [...] I state this problem well in advance of the need to resolve it, because decisions concerning the application of this knowledge must ultimately be made by society, and only an informed society can make such decisions wisely*» ⁶.

Y David Weatheral apuntaló: «*The increasingly important role of science in the provision of health care, and the difficult social and ethical issue that will stem from our newfound ability to determine our futures, makes it essential that all of us become more scientifically literate. Our politicians must understand the rudiments of scientific evidence, and society as a whole must be sufficiently well informed to understand how best to achieve a healthy life and to participate in debating the complex issues that will continue to be posed by advanced in biological and medical research. This movement toward greater scientific awareness will have to start in schools*» ⁷.

Ambas citas soportaban una clara intuición de futuro. Desde que la «medicina basada en la evidencia» ⁸ buscaba una cimentación sólida de la medicina clínico-preventiva a la «medicina de precisión» ⁹ pasaron, apenas, 25 años (*McMaster University*, noviembre 1992 → Presidente Obama, enero 2015). Unos años de endiablada turbulencia inventiva; lo que Richard Buckminster “Bucky” Fuller caracterizó como «aceleración acelerada» ¹⁰: las nuevas ideas aparecen más rápidamente [«pensamiento exponencial» ¹¹] que el tiempo de respuesta necesario para reorganizar disciplinas, departamentos, comportamientos, leyes o sociedades.

Los últimos veinticinco años han visto, sucesivamente y sin interrupción entre aquellos dos mojones, en el campo biomédico, el establecimiento de la medicina molecular ¹², medicina regenerativa e ingeniería de tejidos ¹³, tecnomedicina ¹⁴, *eHealth* ¹⁵, medicina predictiva y advenimiento de prepacientes ¹⁶ o la medicina personalizada ¹⁷. Una vertiginosa autopista con distintos peajes: medicinas complementarias o alternativas ¹⁸ y autonomía ¹⁹, por parte del paciente; medicina defensiva ²⁰, e hipopericia ²¹ y error médico ²² por el lado del médico; amen de una poderosa industria farmacéutica y de aparataje de alta gama, y un contexto político-social endiablado ²³. Todo ello bajo la atenta mirada del manido aforismo «*primum non nocere*» ²⁴. Un aforismo con cara y cruz. La cara, la salvaguardia a ultranza del beneficio del paciente, del «bien

común». El lado oscuro, el desplazamiento, una vez más, hacia el «bien de consumo»: se vende y compra estatura, esbeltez, ganancia muscular o, por qué no, inteligencia.

La medicina entiende de prevención, predicción, diagnóstico, pronóstico, tratamiento y rehabilitación de la enfermedad, y por médico al profesional que practica lo anterior. El médico utiliza diferentes tecnologías —fármacos, cirugía, prótesis, ortesis, fisioterapia, medicinas complementarias— en aras del bien del paciente. Como toda práctica está expuesta a contratiempos; en este caso derivados de una, en ocasiones, utilización exagerada de tecnología —por ej. tratamientos fútiles— o poca pericia en su utilización que conduce a errores médicos. La «antroposomática» no es medicina, pues no se basa en el encuentro clínico. La «antropotecnología» utiliza la convergencia de los avances en ingeniería genética, farmacología, bioingeniería, cibernética o nanotecnología, que maneja el «antropotécnico» con el fin de lograr un incremento muy por encima de los niveles considerados «normales» de diversas o todas las capacidades humanas, incluso de aquellas potenciadas por entrenamiento profesional. Las antropotécnicas pueden incidir en parámetros físicos —por ej. estética o capacidades físicas— o cognitivos —inteligencia, memoria o facultades sensoriales. En principio, el antropotécnico utilizará las mismas tecnologías que el médico aunque con objetivos completamente diferentes.

La medicina, en su versión «aristocrática»²⁵ —biomedicina o biotecnología—, ha tenido, tiene y seguro tendrá, sus fantasmas éticos; podría hablarse de una «etic-ómica»²⁶, o «ética efímera» o «recurrente». La «píldora», allá por la década de 1960, fue la primera en escapar de la nueva caja de Pandora; tras su aceptación como una conquista social, con una efectividad del 99 %, la presencia en el mercado de la «píldora del día después» ha desempolvado el asunto²⁷. La tecnología del ADN recombinante (rADN) fue un hecho hacia 1970; Paul Berg organizó, en 1975, la Conferencia de Asilomar para discutir los peligros potenciales y la regulación de la utilización de la tecnología del rADN que establece el «principio de precaución»²⁸. Superados los recelos de la Conferencia el camino estuvo despejado hasta que CRISPR maduró y estuvo lista para objetivos más ambiciosos²⁹. Otras estrellas de la «censura biotecnológica» fueron Louise Joy Brown³⁰, el primer ensayo clínico de terapia génica realizado por Martin J. Cline y en el mismo contexto la «muerte anunciada» de Jesse Gelsinger³¹, Baby Fae³², Dolly³³, la primera xenoquimera blastomérica abortada a los doce días y cuya polémica se ha reactivado hace apenas tres años o la reciente ruptura de la «regla de los 14 días»³⁴, el primer genoma bacteriano producto de una síntesis *ex novo*³⁵ o, en otro plano pero con idéntico planteamiento ético, la crio-conservación de «cadáveres» y el primer ensayo clínico de reversión de muerte cerebral a llevar a cabo no en Harvard, Oxford o Heidelberg sino en un hospital en la India³⁶. En cualquier caso, todos ellos tenían/tienen un objetivo común: tratar la enfermedad; en el último caso incluso la muerte.

En otro lado, las oportunidades que vislumbra el «transhumanismo» de *FM-2030*³⁷ o antroposomática a partir de tecnologías de potenciación humana —HETs— o antropotécnicas, presentan similares problemas. La manipulación génica ha dado lugar a «monstruos» en invertebrados³⁸. Un síndrome congénito de hipertrofia muscular tiene su traducción en la industria agropecuaria: *Double-muscling cattle* o *Belgian*³⁹. Por su parte, la xenoexpresión del gen *GFP* —*Green-fluorescent Protein*— de medusa permite la obtención de mascotas multifuorescentes⁴⁰. A un nivel menos provocativo, la sangre y preparados esteroídicos potencian el rendimiento y la corporeidad en deportistas, una especie de bio-/fármaco-dopaje⁴¹, y la nanotecnología prepara respirocitos que sustituirán, con mucha más eficacia, a la sangre⁴²

Una pata de palo es una sencilla prótesis y unas antiparras una simple ortesis ⁴³. De estas a los más avanzados dispositivos hay un continuo de complejidad creciente: exoesqueletos, biosensores o interfaces bioelectrónicas periféricas y centrales ⁴⁴. También, los nootropos ⁴⁵ incrementan las capacidades cognitivas y sensoriales, disminuyen la fatiga y normalizan el patrón de sueño. Una de sus indicaciones es la mejora de la calidad de vida durante el envejecimiento, para el que han surgido nuevos fármacos que intentan normalizar las funciones cerebrales entre otras: senolíticos y senoenergéticos ⁴⁶. Por su parte, la cirugía aumenta o disminuye las mamas, corrige los apéndices nasal o auricular o alarga el fémur para ganar altura, y el culturismo modela cuerpos hercúleos.

La antroposomática, que no es medicina, se basa en antropotécnicas cuya utilización no terapéutica hace de ellas productos que deben catalogarse fuera de la agenda médica. Su objetivo es «transformante», no médico, e inciden en la identidad como individuos de una especie y a esta como tal. El impacto puede afectar a los rasgos identitarios —qué rasgos, con que medio, en qué magnitud— con implicaciones morales, médicas y sociales. A nivel de la persona la incidencia puede ser corporal, con modificaciones físicas como fortaleza, agilidad, resistencia o precisión, o cosméticas; también mentales, en las esferas cognitiva afectiva o de la personalidad, y también perceptuales o cognitivas. Los medios pueden ser mecánicos, farmacológicos o genéticos. La magnitud puede ser intranormal o supernormal ⁴⁷.

La identidad puede ser tratada a los niveles ontogénico, personal y social ⁴⁸. Nuestro acervo génico es nuestra herencia como especie ⁴⁹. La identidad individual descansa en cómo nos percibimos en cuanto individuo, en serse. Determinadas condiciones, enfermedad como esquizofrenia o intervenciones terapéuticas como la desconexión interhemisférica, desestructuran la percepción del propio yo, que se pierde, intuimos, en la enfermedad de Alzheimer. Y sustancias naturales o compuestos semisintéticos —mescalina, psilocibina, LSD— y psicopatías como la anorexia nerviosa provocan una percepción desestructurada del propio cuerpo ⁵⁰. Por último, como nos ven los demás, nuestra posición social. Las HETs amenazan las identidades personal y, tal vez, social.

Una amenaza que puede ser consentida o no; por su parte, la manipulación puede realizarse prenatal o postnatalmente. En el primer caso y en determinadas situaciones —minoría de edad o en casos de incapacidad legal— en el segundo, se elude el consentimiento. En aquellos casos de manipulación sin «consentimiento informado», ¿podrá haber reclamaciones *a posteriori*?

Otro aspecto es el «beneficio» pretendido en relación con el estándar comunitario o de especie: —producir los mejores individuos en relación con la norma típica de la especie—, o mejorar el pul génico —norma óptima de la especie—. En ambos casos los eugenoides serán productos de la especie, individual o colectivamente; una neoeugnesia.

Un paso disruptivo conduce a una pesadilla distópica sobre los hechos normativos de nuestra especie: *homo sapiens*. Una antroposomática radical conducente a una evolución dirigida hacia una nueva especie, una forma de vida posthumana que puede fabricar xenoquimeras y organismos de diseño o antropoderivados —otros genomas—. En cualquier caso, individuos con nuevas capacidades.

El paso intermedio entre eugenoides y antropoderivados lo representan los cíborgs. Más allá de aplicarse, en ocasiones, a un sujeto a quién se han implantado prótesis o/y ortesis electrónicas, nos referimos a híbridos bioelectrónicos, en los que organicidad y electrónica se funden en un continuo

en el que las interfaces órgano-electrónicas cobran protagonismo. «*Pharmaceuticals – Editincenticals - Electrocenticals*» ocupan ese escenario.

Hasta el presente, la paciente modelación del *homo sapiens* ha sido fruto de la evolución darwiniana, lejos del creacionismo o diseño inteligente y fruto del azar y la necesidad ⁵¹. La antropotecnología retoma el diseño —esta vez el sastre es el propio *sapiens*— y pone su objetivo en una mejor especie, un *homo superior* u *homo futurus* ⁵². Pero, ¿dónde está el límite?, ¿cuándo se cruza la línea roja ⁵³?, ¿cuándo se deja de ser *homo sapiens*? En principio, sólo los antropoderivados y las xenoquimeras, apuntan hacia lo desconocido. Cíborgs y eugenoides seguirán siendo *homo sapiens*; otros humanos, pero *homo sapiens*. *Cromagnon* desplazó a *Neandertal*; ¿desplazará *H. superior* a *H. sapiens*?, ¿continuará la cadena?

La manipulación prenatal dará lugar a un individuo pleno que, por supuesto, podrá ser manipulado de nuevo una vez nacido. Sin embargo, la actuación antropotecnológica en el ya nacido y ya consciente abre la puerta a la pregunta disruptiva, diletante por supuesto al día de hoy: ¿hasta cuanto yo? Pregunta relacionada con una de las tres leyes de la dialéctica materialista: la ley de la transformación de los cambios cuantitativos en cualitativos ⁵⁴. En cualquier caso, la antroposomática es mero reduccionismo materialista. La antoposómica inaugura un futuro hoy imprevisible en los más diversos aspectos de la vida diaria: cambios en el modo de trabajar con incidencia en tensiones políticas y sociales, deporte —superolimpiada o Juegos Olímpicos «sin límites»— o una hiperaristocracia ⁵⁵.

Frete a todo lo anterior, la «guerra contra el cáncer» la formalizó el Presidente de los EE UU Richard Nixon en diciembre de 1971; al borde de 45 años sigue una lucha de guerrillas de incierto futuro y a pesar de los éxitos parciales conseguidos. Los avances farmacológicos, espectaculares al principio, tampoco evitaron que las enfermedades cardiovasculares lideren las causas de morbimortalidad globales, y la resistencia bacteriana a los antibióticos avanza inexorablemente ⁵⁶.

Todo ello —la «realidad real»— queda desplazado de los más variados escenarios por la explosión de las HETs. Pudiera intuirse una especie de «desplazamiento hacia el rojo» ⁵⁷ en el que la Medicina va quedando relegada a mero gasto/negocio mientras que la aceleración acelerada de las HETs captan el capital [inversión/industria] para una, todavía, «realidad virtual». ¿Qué ética puede respaldar relegar enfermedad-enfermo a un segundo plano para potenciar lo que ya funciona *per se* ni se prevé que vaya a dejar de hacerlo? ¿Una ética de una neoeugenesia, eugenesia liberal o eugenesia de consumo ⁵⁸?

«*Precaution and governance of emerging technologies*» ⁵⁹ plantea la coexistencia entre precaución y apoyo al avance tecnológico. Las posturas de precaución se escudan en los potenciales peligros de tecnologías transgresoras complejas e inciertas; exigen mayor evaluación antes de su utilización pública. Los críticos arguyen que la precaución refleja temores irracionales de riesgos no constatados; algo así como un pánico al riesgo que paralizaría toda innovación tecnológica. Existen antecedentes de moratorias ante situaciones que reclamaban un mayor debate en profundidad (ver Conferencia de Asilomar antes citada). El ejemplo más reciente es el provocado por la posible aplicación de la técnica CRISPR-Cas9 y modificaciones que permitirían modificar toda una especie

⁶⁰. En palabras de Oppenheimer: «*When you see something that is technically sweet, you go ahead and do it and you argue about it only after you have had your technical success*» ⁶¹.

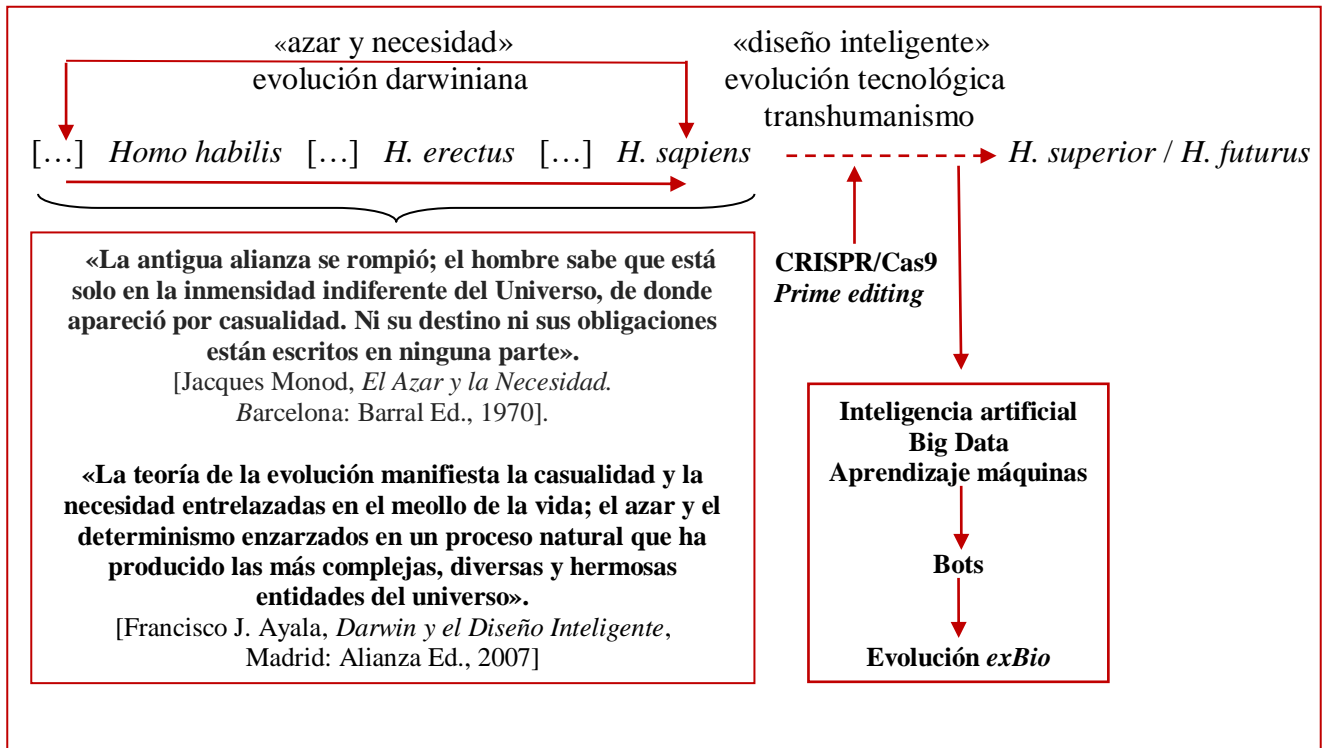
Big history ⁶² apunta que las primeras grandes estrellas murieron o explotaron como supernovas 200 a 300 millones de años tras el *big bang*. Desde entonces, el número de nuevos elementos químicos dispersos en nubes entre las estrellas no cesó de incrementar lentamente. La Tierra los incorporó con otros procedentes del Sol. En algún momento se formó una molécula que exhibía características especiales —«cheme»— que evolucionó hacia un gen. Una combinación de estos últimos condujo, tras un camino sinuoso todavía no del todo comprendido, al desarrollo del *Homo sapiens* que, tras superar una serie de duras pruebas, alambicó la cultura. Así como las características primarias de la especie *sapiens* se transmiten mediante genes, la cultura lo hace mediante conceptos o memes. Fruto cultural es la tecnología que, en el momento actual fluye por diversos mecanismos en forma de memes, característica del *Homo digitalis*. Hasta aquí, un desarrollo complejo pero más o menos lineal. CRISPR-Cas9/*Prime editing*, producto de la tecnología, permite manipular el acervo génico —transhumanismo— en aras de mejorar la especie hacia un *Homo superior* o hacia un *Homo futurus*, con mejores y/o nuevas capacidades físicas e intelectuales ⁶³. También, fruto de la tecnología es el mundo digital, tanto en cuanto comunicaciones (5 G) como al tridente Inteligencia artificial-*big data*-aprendizaje por máquinas. Esto último ha permitido al *Homo digitalis* construir bots capaces de seguir su propio camino evolutivo. Estamos en un punto de divergencia de caminos: uno dentro de la autopista de la evolución *in bio* (*H. sapiens*, *H. digitalis*, *H. superior* y *H. futurus*); el otro, aún sendero, hacia una evolución *ex bio* (bots).

Puede entenderse la ética como un constructo de formación-información-compromiso con el otro, que intenta bloquear la incidencia del amaño, la corrupción o el conflicto de intereses sobre profesionales, opinión pública, autonomía individual, ideología, legislación y política, en sus acciones en ciencia, desarrollo, tecnología, derechos de propiedad, inversión, empresa, producto, mercado, publicidad o consumo.

Todas las tecnologías apuntadas tienen como objetivo disminuir las brechas sociales y culturales. Ello incide en una lógica borrosa. Comunicación (5 G) y el mundo de la inteligencia artificial parece que han iniciado el camino hacia el objetivo pretendido con el “pie derecho”. El transhumanismo o las antropotécnicas, tal como están planteadas, han de cambiar el paso ⁶⁴.

A modo de colofón o como consolación, una vez más y mientras exploramos lo desconocido, nos contentaremos con asumir la complejidad de evaluar el potencial social, ético y las implicaciones legales de estas antropotecnologías. También es cierto que para cada problema complejo hay una solución simple y, con frecuencia, errónea ⁶⁵. ¡Una vez más, mantengámonos diletantes!, o en palabras del diplomático israelí Abba Eban: «*History teaches us that men and nations behave wisely once they have exhausted all other alternatives*» ⁶⁶.

*«There is a tide in the affairs of men,
Which, taken at the flood, leads on to fortune;
Omitted, all the voyage of their life
Is bound in shallows and in miseries».*
Shakespeare, *Julius Caesar*, Act IV, sc. 3.



Notas y Bibliografía mínima.

1. Albert Camus (1913-60), *L'Homme révolté*, Paris: Gallimard, 1951; pg. 19. http://classiques.uqac.ca/classiques/camus_albert/homme_revolte/camus_homme_revolte.pdf. Traducción al castellano —*El Hombre Rebelde*, «El hombre es la única criatura que se niega a ser lo que es».— por Luis Echávarri para Ed. Losada, S.A., Buenos Aires, 1953; pg. 16. [http://enxarxa.com/biblioteca/CAMUS% 20El_hombre_rebelde.pdf](http://enxarxa.com/biblioteca/CAMUS%20El_hombre_rebelde.pdf).
2. Eric Juengst & Daniel Moseley. «Human Enhancement», *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Apr 7, 2015. <http://plato.stanford.edu/entries/enhancement/>.
3. *That's all Folks* es el crédito de cierre de la práctica totalidad de la series de *Looney Tunes-Warner Bros*. La utilizó por vez primera *Bosko* e, inmediatamente después, *Porky Pig*. http://looneytunes.wikia.com/wiki/That's_All_Folks.
4. *Ley 25 / 2015, de 28 de julio, de mecanismo de segunda oportunidad [...]*. BOE Núm. 180 de 29 de julio de 2015. Sec. I. Pág. 64479-64543.
5. «Transhumanismo» — H^+ o h^+ — es un movimiento intelectual global que busca transformar la condición humana mediante el desarrollo de sofisticadas tecnologías que incrementen, aumenten o potencien las capacidades físicas e intelectuales. El término fue utilizado en la década de 1960 por el profesor de futurología FM-2030 —Fereidoun M. Esfandiary (1930-2000) —, autor de: *Are You a Transhuman?: Monitoring and Stimulating Your Personal Rate of Growth in a Rapidly Changing World* [NY: Warner Books, 1989]. Aunque la primera acepción del *Oxford Dictionary* para *trans-* recoge *beyond*, en el presente escrito y dada la definición del *DLE* para *trans-*, se utilizará lo que, creo, es un equivalente castellano que recoge el concepto: «antroposomática», «antropotecnología», y «antropotécnico» frente a medicina o médico. Se utilizarán, por comodidad, las siglas HETs (*Human Enhancement Technologies*). En este contexto, «soma» incluye anatomía y su función. Es cierta la utilización del término *transuránico* para designar aquellos elementos químicos que se encuentran más allá del uranio en la tabla periódica de aquellos. *Transhumanismo*, creo, tiene que ver más con transformar.
6. Editorial, «Will society be prepared?» *Science* 11 Aug. 1967; 157 (3789): 633. Marshall W. Nirenberg (1927-2010), Premio Nobel de Fisiología o Medicina 1968, junto con Robert W. Holley (1922-1993) y Har G. Khorana(1922-2011) «por su interpretación del código genético y su función en la síntesis de proteínas». <https://profiles.nlm.nih.gov/ps/retrieve/ResourceMetadata/JBBHT>.
7. Sir David Weatherall, Regius Professor of Medicine – University of Oxford. *Science and the Quiet Art. Medical Research & Patient Care*, UK: Oxford University Press, 1995; pg. 347.
8. «Medicina basada en la evidencia» (MBE) es un enfoque de la práctica clínica médica dirigido a optimizar la toma de decisiones, haciendo hincapié en el uso de pruebas científicas provenientes de investigación correctamente concebida y correctamente llevada a cabo. La medicina basada en hechos utiliza las pruebas científicas consensuadas y exige que sólo hechos firmemente establecidos puedan originar recomendaciones médicas. La práctica de la MBE, por tanto, requiere la integración de la experiencia clínica individual con los mejores datos objetivos cuando se toma una decisión terapéutica. Los datos científicos más utilizados derivan de ensayos clínicos controlados, investigaciones de vigilancia farmacológica post-comercialización, meta-análisis, revisiones sistemáticas o análisis económicos. Las herramientas básicas sobre las que se asienta la metodología de la MBE son la lectura crítica de la literatura biomédica y los métodos racionales de toma de decisiones clínicas o terapéuticas. El objetivo primordial de la MBE es que la actividad médica cotidiana se fundamente en datos científicos y no en suposiciones o creencias. Gordon Guyatt, John

Cairns, David Churchill, Deborah Cook, Brian Haynes, Jack Hirsh, Jan Irvine, Mark Levine, Mitchell Levine, Jim Nishikawa, David Sackett, Patrick Brill-Edwards, Hertzell Gerstein, Jim Gibson, Roman Jaeschke, Anthony Kerigan, Alan Neville, Akbar Panju, Allan Detsky, Murray Enkin, Pamela Frid, Martha Gerrity, Andreas Laupacis, Valerie Lawrence, Joel Menard, Virginia Moyer, Cynthia Mulrow, Paul Links, Andrew Oxman, Jack Sinclair & Peter Tugwell, «Evidence-Based Medicine. A New Approach to Teaching the Practice of Medicine», *JAMA* 1992; 268 (17): 2420-2425.

9. «Medicina de precisión» es una aproximación innovadora a la prevención y tratamiento de la enfermedad basada en las diferencias individuales en cuanto a su acervo génico, estilo de vida y medio ambiente. Las mismas herramientas marcan, en paralelo, el comienzo de una salud pública de precisión que mira más allá del tratamiento individualizado de personas enfermas. Por su parte, la palabra «precisión» en el contexto de salud pública se refiere a cómo mejorar la capacidad de prevenir la enfermedad, promover la salud y reducir las diferencias sanitarias entre las diferentes poblaciones mediante la mejora de la detección precoz de patógenos y brotes de enfermedades infecciosas, modernización de la vigilancia en salud pública y epidemiología y de los sistemas de información, y definir objetivos claros para mejorar la salud y prevenir la enfermedad. The White House - Office of the Press Secretary. *FACT SHEET: President Obama's Precision Medicine Initiative*, January 30, 2015. <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2015/01/30/fact-sheet-president-obama-s-precision-medicine-initiative>.

10. Buckminster Fuller Institute. *About Fuller (1895-1983): Accelerating acceleration*. <https://bfi.org/about-fuller/resources/articles-transcripts/accelerating-acceleration>.

11. En el crédito de la *Singularity University* aparece «*Exponential Thinkers*» en el sentido de la convergencia de profesionales de las ciencias biológicas, físicas e ingeniería. De acuerdo con el programa *Exponential Medicine 2016* (San Diego, Oct. 2016), se refiere a un mix de participantes curtidos, de las más diversas nacionalidades e intereses, que desean romper los silos tradicionales, interfecundarse y movilizar nuevas tecnologías para reinventar y mejorar diversos elementos de la clínica y la biomedicina en la próxima decena de años. Este programa único se enfoca sobre desarrollos rompedores, transgresores, desde impresión 3D a líneas celulares personalizadas, inteligencia artificial o *lab-en-un-chip* hasta bioinformática a gran escala y biología sintética.

12. «Medicina molecular» representa la convergencia de conocimientos y técnicas físicas, químicas, biológicas y médicas en aras de describir estructuras y mecanismos moleculares, identificar errores genéticos y moleculares fundamentales de la enfermedad y desarrollar intervenciones moleculares para corregirlos. La perspectiva de la medicina molecular prima los fenómenos e intervenciones celulares y moleculares más que el enfoque conceptual y observacional estándar sobre el paciente y sus órganos de la medicina clínica tradicional. Barbara J. Culliton, «Molecular Medicine in a changing world», *Nature Med* 1995; 1(1): 1. <http://www.nature.com/nm/journal/v1/n1/pdf/nm0195-1.pdf>. Roger Jones, «The impact of molecular medicine on health services», *Nature Med* 1996; 2(9): 959-60. Alan E. Guttmacher & Francis S. Collins, «Genomic Medicine - A primer», *N Eng J Med* 2002; 347 (19): 1512-20. <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra012240#t=article>. *Ibidem*, «Welcome to the genomic medicine», *N Eng J Med* 2003; 349 (10): 996-8. <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMe038132#t=article>. Francis S. Collins, Eric D. Green, Alan E. Guttmacher & Mark S. Guyer, «A vision for the future of genomic research. A blueprint for the genomic era», *Nature* 2003; 422: 835-47. <http://www.nature.com/nature/journal/v422/n6934/pdf/nature01626.pdf>.

13. La «ingeniería de tejidos» evolucionó a partir del desarrollo de los biomateriales y se refiere a la práctica de combinar andamios o estructuras de soporte —materiales artificiales o biológicos sobre los que crece tejido, mimetizando un proceso biológico fuera del organismo, para reemplazar un

tejido enfermo o dañado dentro del organismo—, células y moléculas biológicamente activas en tejidos funcionales. El objetivo de la ingeniería tisular es ensamblar construcciones funcionales que restauren, mantengan o mejoren tejidos dañados u organismos completos. «Medicina regenerativa» es un campo de la ingeniería de tejidos pero también se interesa por los procesos de autorreparación en los que el organismo utiliza sus propios sistemas, en ocasiones con ayuda de material biológico externo para recrear células y reconstruir tejidos y órganos. Los términos ingeniería tisular y medicina regenerativa son intercambiables y en continua evolución. Además de las aplicaciones médicas, otras indicaciones no terapéuticas incluyen la utilización de tejidos como biosensores o chips. National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering, *Tissue engineering and regenerative medicine*, National Institutes of Health USA; <https://www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/tissue-engineering-and-regenerative-medicine>. Nature.com, *Regenerative medicine*, <http://www.nature.com/subjects/regenerative-medicine>. National Institutes of Health-Stem cell information, <http://stemcells.nih.gov/Pages/Default.aspx>.

14. Para la Organización Mundial de la Salud «tecnología médica» o de la salud refiere la aplicación de conocimiento organizado y habilidades en forma de dispositivos, fármacos, vacunas, procedimientos y sistemas, desarrollados para resolver problemas de salud y mejorar la calidad de vida. Se conoce como «alta» tecnología aquella que exhibe sofisticados y caros aparatos como la imagen médica, robótica o de alta energía. Stanley Joel Reiser, *Technological Medicine. The Changing World of Doctors and Patients*, Cambridge University Press, Cambridge, 2009. The Medical Futurist, *20 Medical technology advances: Medicine in the future -Parts I & II*, July 2016, <http://medicalfuturist.com/20-potential-technological-advances-in-the-future-of-medicine-part-i/>, <http://medicalfuturist.com/20-potential-technological-advances-in-the-future-of-medicine-part-ii/>.

15. *eHealth* engloba las aplicaciones médicas de *big data*-TIC-AI. WHO, *eHealth*, <http://www.who.int/topics/ehealth/en/>. Goran Collste , Penny Duquenoy , Carlisle George, Karin Hedström , Kai Kimppa & Emilio Mordini, «ICT in medicine and health care: Assessing social, ethical and legal issues», *International Federation for Information Processing*. <http://www.springer.com/series/6102>.

16. Un Editorial de *Nature Medicine* — Albert R. Jonsen, Sharon J. Durfy, Willie Burke & Arno G. Motulsky, *Nat Med* 1996; 2 (6): 622-4. <https://www.readbyqxd.com/read/8640544/the-advent-of-the-unpatients>— refiere: «*The advent of the 'unpatients'*». El «diagnóstico predictivo» mediante métodos moleculares cambiará las bases científicas del pronóstico; a la vez, alterará las dimensiones éticas de la relación entre los pacientes y sus médicos. La transacción clínica, desde los inicios hipocráticos del arte, ha descansado en la curiosidad diagnóstica y la expectación terapéutica, entre las que Hipócrates insertó el pronóstico. La medicina molecular introduce una forma de pronóstico sin precedentes; la posibilidad de identificar genes de «predisposición», «susceptibilidad», «propensión», «proclividad» o de «riesgo potencial», convulsiona el pronóstico que es posibilidades y probabilidades, y abre la puerta a una terapéutica profiláctica de alto riesgo. La medicina predictiva entra en las habilidades de los tres «precognitivos» de *Minority report* . En el caso de la medicina estaríamos ante un *minority [medical] report*, una unidad pre-enfermedad similar a la unidad pre-crímen. *Minority Report*, película de misterio-acción ciberpunk, interpretada por Tom Cruise, dirigida por Steven Spielberg y basada en un relato de 1956 de Philip K. Dick titulado *The Minority Report* cuya acción discurre en 2054. El tema central es la cuestión «libre albedrío vs determinismo». Tres *precogs* —precognitivos— en la Unidad Precrímen identifican a criminales antes de que cometan el delito.

17. La definición y alcance del término «medicina personalizada» varía desde aquella formulada con una perspectiva muy amplia a otras más concretas: «Utilización de nuevos métodos de análisis molecular para el manejo óptimo de la enfermedad o la predisposición de un determinado paciente» [*Personalized Medicine Coalition*]; «Provisión del tratamiento correcto al paciente correcto, con la

dosis y temporalidad correctas» [Unión Europea]; «Confección de tratamientos médicos a la medida del paciente» [USA *President's Council of Advisors on Science and Technology*]; «Asistencia médica diseñada de acuerdo con las características clínicas, genéticas y ambientales de cada persona» [American Medical Association]; «Una forma de medicina que utiliza información genética, proteica y ambiental de una persona para prevenir, diagnosticar y tratar su enfermedad» [National Cancer Institute USA]. En ocasiones, varios términos se utilizan indistintamente para referirse a esta estrategia médica: medicina de precisión —«Utilización de datos genómicos, epigenómicos, medioambientales y de cualquier otro tipo, para definir los patrones individuales de una enfermedad, con el propósito de conseguir una mejor tratamiento individualizado [National Academy of Sciences]»—; medicina estratificada —«División de pacientes con una determinada enfermedad en subgrupos buscando características que puedan indicar una mejor respuesta o menores efectos secundarios a un fármaco determinado» [WHO *Collaborating Centre for Pharmaceutical Policy and Regulation*] —; medicina dirigida al objetivo —«tratamientos dirigidos a interferir moléculas específicas implicadas en una determinada enfermedad» [USA *National Cancer Institute*]—, y farmacogenómica —«el estudio de cómo los genes afectan a la respuesta de las personas a los diferentes fármacos» [National Institute of General Medical Sciences]. U.S. Department of Health and Human Services, *Paving the Way for Personalized Medicine. FDA's Role in a New Era of Medical Product Development*, U.S. Food and Drug Administration, Oct. 2013. <http://www.fda.gov/downloads/ScienceResearch/SpecialTopics/PersonalizedMedicine/UCM372421.pdf>. Susanne J.H. Vijverberg & Anke-Hilse Maitland-van der Zee, *Priority Medicines for Europe and the World. A Public Health Approach to Innovation. Background Paper 7.4 Pharmacogenetics and Stratified Medicine*, WHO Collaborating Centre for Pharmaceutical Policy and Regulation 2013. www.pharmaceuticalpolicy.nl.

18. Muchas personas —en EE. UU. más del 30% de los adultos y más del 10% de los menores de edad— acceden a cuidados sanitarios que se practican al margen del sistema médico convencional. Si el remedio se utiliza junto con medicina convencional se habla de «medicina complementaria»; si se utiliza en vez de, se considera «medicina alternativa». La acepción más frecuente es la primera, cuyas variantes pueden incluirse en uno de dos grupos: las que utilizan productos naturales y aquellas prácticas que inciden sobre cuerpo y mente. Entre las primeras: hierbas o botánicos, vitaminas y minerales, probióticos (microorganismos, como levaduras, o determinados elementos, por ej. aceite de pescado rico en ácidos grasos ω 3) cuyo consumo incide favorablemente en mantener la salud; todos ellos, a menudo, proporcionados como suplementos dietéticos. Entre las prácticas que inciden sobre el organismo, entre otras: yoga, quiropráctica y manipulación osteopática, masaje, acupuntura, meditación o hipnoterapia. Otras aproximaciones complementarias: medicina china tradicional, medicina ayurvédica, homeopatía y naturopatía. National Center for Complementary and Integrative Health, *Complementary, alternative, or integrative health: what's in a name?*, National Institutes of Health USA, June 2016. <https://nccih.nih.gov/health/integrative-health>.

19. «Autonomía del paciente» se refiere al derecho de los pacientes a tomar decisiones sobre su atención médica sin que su médico influya en ello. La autonomía se enfrenta al paternalismo tradicional de la práctica médica lo que provoca, con frecuencia, un «conflicto de intereses». Vikki A. Entwistle, Stacy M. Carter, Alan Cribb, & Kirsten McCaffery, «Supporting Patient Autonomy: The Importance of Clinician-patient Relationships», *J Gen Intern Med* 2010; 25 (7): 741-5; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2881979/>. Vikki A. Entwistle, Stacy M. Carter, Alan Cribb & Kirsten McCaffery, «Supporting Patient Autonomy: The Importance of Clinician-patient Relationship», *J Gen Intern Med* 2010; 25 (7): 741–745. Franz J. Ingelfinger, «Arrogance», *N Eng J Med* 1980; 303 (26): 1507-11.

20. «Medicina defensiva», en términos muy simples, es apartarse de la práctica médica estándar como salvaguarda de cualquier litigio. Ocurre cuando un médico realiza o prescribe un

procedimiento diagnóstico o terapéutico para evitar cualquier riesgo de denuncia por malpráctica u omisión. La medicina defensiva es un «mal mayor» por su potencial efecto perjudicial sobre el paciente; además de incrementar innecesariamente el coste de la atención médica. No menos importante, socava la relación médico-paciente. Luis Carlos Nemetz, *Manual de Medicina Defensiva: Os Dez Mandamentos para Evitar Acusações de Má Prática Médica; Como Agir Diante de uma Acusação*, TopGesto Editora, 2014. M Sonal Sekhar & N Vyas, «Defensive medicine: a bane to healthcare», *Ann Med Health Sci Res* 2013; 3 (2): 295-6. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3728884/>.

21. «Hipopericia» o déficit de habilidades clínicas es una patología común de la práctica médica, debida a una curva de aprendizaje insuficiente. La regla de Malcolm Gladwell —*Outliers: The Story of Success*— establece que todo éxito exige «talento + 10.000 horas de trabajo». Herbert L. Fred, «Hyposkillia: Deficiency of clinical skills», *Tex Heart J* 2005; 32 (3): 255-7, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1336689/>.

22. «Error médico» es un efecto adverso prevenible en la atención médica. Puede ser punible —mala praxis o negligencia, por acción u omisión—, o no —resultado indirecto o complicación de un procedimiento diagnóstico o terapéutico. Linda T. Kohn, Janet M. Corrigan & Molla S. Donaldson, Eds., Committee on Quality of Health Care in America-Institute of Medicine, *To Err is Human. Building a Safer Health System*, Washington DC: The National Academies Press, 2000. <file:///C:/Users/Pedro/Downloads/9728.pdf>. Carolyn M. Clancy, «Ten years after 'To Err is Human'», *Am J Med Qual* 2009; 24 (6): 525-8. Frank Federico, «15 Years after To Err is Human: the status of patient safety in the US and the UK», *Institute for Healthcare Improvement*, Dec 6, 2015; http://www.ihf.org/communities/blogs/_layouts/ihf/community/blog/itemview.aspx?List=7d1126ec-8f63-4a3b-9926-c44ea3036813&ID=180. Martin A. Makary, «Medical error - the third leading cause of death in the US», *Br Med J* 2016; 353: i2139.

23. OMS, *Sistemas de Salud*, http://www.who.int/topics/health_systems/es/. *The Obama Health Care Plan*, http://www.who.int/topics/health_systems/es/.

24. *Primum non nocere*. Aforismo hipocrático, no incluido en el Juramento, que aparece en el tratado «*Epidemias*» del *Corpus Hipocrático*, Libro I, sec. II-V. 2<http://classics.mit.edu/Hippocrates/epidemics.1.i.html>].

25. Ángel Martín Municio, *Ciencia y Aristobiología*. Discurso de inauguración del Curso académico 1980-81, Madrid: Real Academia de Ciencias, 1980, http://www.rac.es/ficheros/Disursos/DI_20080825_051.pdf.

26. El sufijo «-ómica» es un neologismo (*omics*) que refiere un determinado campo de estudio de la biología tales como genómica, proteómica o metabolómica. El sufijo «-oma» indica el objeto del estudio: genoma, proteoma o metaboloma.

27. La píldora contraceptiva combinada por vía oral (COCP), conocida popularmente como «la píldora» es uno de los métodos de control —hormonal— reversible de la natalidad; tomado correctamente ofrece una eficacia del 99,7 %. Incluye una combinación de un estrógeno (estradiol) y una progesterona (progestina) que inhibe la ovulación. Es uno de los fármacos prioritarios en la Lista de Medicamentos Esenciales de OMS, y represento un hito en la revolución sexual. Con una larga historia típica del proceso de descubrimiento, el primer ensayo clínico de una combinación estrógeno/progesterona tuvo lugar en abril de 1956, en Puerto Rico. Enovid ®, desarrollado por Gregory Pincus y comercializada por Laboratorio Searle. La FDA aprobó su utilización como contraceptivo el 23 de junio de 1960. Por otro lado, la anticoncepción de emergencia (EC) o anticoncepción postcoital de emergencia es un medio de control del embarazo que puede ser

utilizado postcoito para prevenirlo. Las píldoras anticonceptivas de emergencia (ECPs), anticonceptivos de emergencia o píldoras del día después son fármacos que bloquean la ovulación o la fertilización. ECPs y píldoras abortivas no son equivalentes; las primeras evitan, mientras que las segundas interrumpen. La composición de las ECPs —en ocasiones referidas como anticonceptivos hormonales de emergencia, EHC— es similar a las de las COCP pero con dosis mucho mayores. La declaración de la Academia Americana de Pediatría sobre EC dice: «*Despite multiple studies showing no increased risk behavior and evidence that hormonal emergency contraception will not disrupt an established pregnancy, public and medical discourse reflects that personal values of physicians and pharmacists continue to affect emergency-contraception access, particularly for adolescents*» (*Pediatrics* 2012; 130 (6): 1174-1182. <http://pediatrics.aappublications.org/content/131/2/362.2>). En junio de 2012, un editorial en el *New York Times* solicitaba a la FDA que retirara de los prospectos de información sobre las acciones de las ECPs que interrumpieran el embarazo (<http://www.nytimes.com/2012/06/09/opinion/how-morning-after-pills-really-work.html>).

28. En 1974, Paul Berg (n. 1926, Premio Nobel de Química 1980, por sus estudios fundamentales de la bioquímica de los ácidos nucleicos, con particular énfasis al ADN recombinante. Aquel año también fueron cogalardonados Walter Gilbert y Frederick Sanger, estos por su contribución a la determinación de las secuencias de bases en los ácidos nucleicos) diseñó un experimento en cuatro pasos: fraccionó el genoma de un virus SV40 de mono en fragmentos, luego cortó la doble hélice de ADN de un virus bacteriano —bacteriófago *lambda*—, en tercer lugar injertó un trozo de ADN de SV40 en el genoma del bacteriófago. Aquí interrumpió el experimento; no introdujo el constructo ADN-SV40 / ADN fago en una bacteria *Escherichia coli*. En resumen, la tecnología del ADN recombinante —rADN— posibilita el reagrupamiento de segmentos de material genético de diversa procedencia. La interrupción se debió a las dudas planteadas por algunos colegas. El SV40 produce tumores en el ratón y *E. coli* es un comensal del tubo digestivo humano; el escape de la quimera podría infectar a cualquier miembro del laboratorio con consecuencias imprevisibles. A raíz de aquello Berg organizó una reunión en febrero de 1975, conocida como Conferencia de Asilomar (península de Monterey, California). Allí se plantearon problemas de bioseguridad y se consensuaron una serie de recomendaciones dentro del «principio de precaución»: adopción de medidas cautelares ante las sospechas fundadas de que ciertos productos o tecnologías crean un riesgo grave para la salud pública o el medio ambiente, pero sin que se cuente todavía con una prueba científica definitiva de tal riesgo.

29. CRISPRs —*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* - repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente interespaciadas— son loci de ADN que contienen repeticiones cortas de secuencias de bases. Tras cada repetición siguen segmentos cortos de ADN espaciador proveniente de exposiciones previas a virus. El sistema CRISPR es un sistema inmune procariótico que confiere resistencia a agentes externos como plásmidos y fagos y provee una forma de inmunidad adquirida. Los espaciadores de las CRISPR reconocen secuencias específicas y guían a determinadas nucleasas para cortar y degradar esos elementos génicos exógenos de una manera análoga al ARNi —ARN de interferencia— en sistemas eucarióticos. Aunque fue identificado por el alicantino Francisco J. Mtnz. Mojica en 1993 (F.J.M. Mojica, G. Juez & Rodríguez-Valera, «Transcription at different salinities of *Haloflex mediterranei* sequences adjacent to partially modified PstI sites», *Mol. Microbiol.* 1993; 9: 613–621), no fue hasta 2013 cuando se utilizaron para la edición de genes y la regulación génica en diversas especies (Eric S. Lander, «The heroes of CRISPS», *Cell* 2013; 154 (1-2): 18-28). La herramienta editora genómica CRISPR-Cas9 provoca alteraciones no previstas e impredecibles en el genoma que provocan errores fenotípicos indeseables. Heidi Ledford (*Nature* 2019; 574 (7779): 464-5; <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03164-5>) refiere «*an alternative offers greater control over genome edits – an advance that could be particularly important for developing therapies*». Esa alternativa, una herramienta denominada “*prime editing*”, ha sido publicada por Andrew V. Anzalone *et al.* en

Nature, el 21 octubre 2019: «Search-and-replace genome editing without double-strand break or donor DNA» (<https://www.nature.com/articles/s41586-019-1711-4>).

30. Conocida y mundialmente famosa por ser la primera persona concebida mediante fecundación *in vitro* —«*test-tube baby*»— y nacida viva en el 25 de julio de 1978 en el Hospital Royal Oldham, en Oldham, Manchester, UK. Casó en 2004; tuvo dos hijos, en 2006 y 2010. Preguntado por el método de concepción de Louise Brown, el Patriarca de Venecia, Cardenal Albino Lucciani, luego Juan Pablo I, manifestó su preocupación ante la posibilidad de que la inseminación artificial pudiera conducir a que las mujeres llegaran a convertirse en una «factoría de niños», pero rehusó pronunciarse en relación con los padres.

31. *Genetics Home Reference*, refiere «terapia génica» como un tecnología, aún —rev. August 30, 2016— experimental, que utiliza genes para tratar o prevenir determinadas enfermedades. En el futuro, esta tecnología permitirá tratar enfermedades mediante la inserción de un gen determinado en las células del paciente en vez de utilizar fármacos o cirugía. Los investigadores manejan varias estrategias: reemplazar un gen mutado causante de la enfermedad por una copia «sana» del gen; inactivar o noquear un gen mutado que funciona indebidamente, o introducir un gen nuevo para ayudar a combatir la enfermedad. Aunque la terapia génica es una opción terapéutica prometedora para diversas enfermedades —hereditarias, determinados tipos de cáncer y ciertas viropatías— la terapia génica sigue presentado serios problemas estando todavía bajo estudio para garantizar su seguridad y eficacia. En la actualidad la terapia génica solo está en fases de ensayo clínico en contadas patologías para las que no existe otra opción terapéutica. NIH-U.S. National Library of Medicine. <https://ghr.nlm.nih.gov/primer/therapy/genetherapy>.

32. Stephanie Fae Beauclair (14 oct. 1984-15 nov. 1984), mejor conocida como *Baby Fae*, nació con un síndrome de hipoplasia cardiaca izquierda incompatible con la vida a muy corto plazo. Fue el primer recién nacido sometido a un xenotrasplante cardiaco, recibiendo el corazón de un babuino. Realizó la intervención el equipo del Dr. Leonard L. Bailey, en el Centro Médico de la Universidad Loma Linda, en California. *Baby Fae* tuvo una supervivencia de 21 días, falleciendo en este corto periodo de tiempo por un hiper-rechazo agudo. El procedimiento provocó un agrio debate ético y legal.

33. *Dolly* (6LL3, 5 julio 1996-14 febr. 2003), una oveja doméstica —*Finn Dorset*— hembra, fue el primer mamífero clonado a partir de una célula somática adulta —glándula mamaria— utilizando la técnica de transferencia nuclear —*Somatic Cell Nuclear Transfer*, SCNT . Fue clonada por Ian Wilmut y Keith Campbell, del *Roslin Institute*, adscrito a la Universidad de Edimburgo; PPL Therapeutics y el Ministerio de Agricultura del Reino Unido financiaron el proyecto. Falleció poco antes de cumplir 7 años a causa de una enfermedad progresiva pulmonar y una artritis severa. Tuvo tres madres, la que proporcionó el oocito desnuclearizado, aquella de cuya glándula mamaria se obtuvo una célula de la que se extrajo el núcleo fecundante y la oveja que asumió el embarazo. Tuvo tres partos, el primero sencillo, gemelar el segundo y trillizos del tercero. Todos ellos sanos se desarrollaron con normalidad. Wilmuy, I., A.E. Schnieque, J. McWhir, A.J. Kind & K.H.S. Campbell, «Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells», *Nature* 1997; 385 (6619): 810-813. Insight, «Inside the cloning factory that creates 500 new animals a day», *New Scientist* 8 Febr. 2016. <https://www.newscientist.com/article/2076681-inside-the-cloning-factory-that-creates-500-new-animals-a-day/>.

34. En 2014, investigadores de la Universidad Rockefeller, NY, cultivaron en una placa de cultivo células troncales embrionarias humanas; tratadas con factor de crecimiento óseo, en uno o días se organizaron en círculos concéntricos reproduciendo en 2D las tres capas germinales del embrión. Los días 12 y 17 mayo 2016, equipos de las universidades Rockefeller y Cambridge, UK,

cultivaron embriones humanos intactos in vitro obteniendo patrones tridimensionales reconocibles. a los días 12-13. Cada equipo interrumpió los estudios el día 14 de acuerdo con la recomendaciones internacionales: «regla de los 14 días» —*Ethics Advisory Board of the US Department of Health, Education, and Welfare*, 1974—. Hoy día es factible romper la regla. Insoo Hyun, Amy Wilkerson & Josephine Johnston, «Revisit the 14-day rule», *Nature* 2016; 533 (7602): 169-70.

35. En 2000, investigadores de la Universidad de Washington publicaron la síntesis de los 9.6 kbp (kilo bases-pares) del el genoma del virus de la *hepatitis C*. En 2002, un equipo de SUNY Stone Brook sintetizó las 7741 bp del genoma de *poliovirus*, lo que consumió dos años. Al año siguiente se ensamblaron, en dos semanas, las 5386 bp del genoma del bacteriófago *Phi X174*. El mismo equipo, en 2006, ahora en el J. Craig Venter Institute construyó y patentó un genoma semisintético de una nueva bacteria mínima, *Mycoplasma laboratorium*, derivada del *Mycoplasma genitalium* el organismo con menor número de genes —<http://jvvi.org/cms/research/projects/synthetic-bacterial-genome/press-release/>— las cuestiones éticas correspondientes fueron tratadas desde el comienzo del proyecto (MK Cho, D Magnus, AL Caplan & D McGee, «Policy forum: genetics. Ethical considerations in synthesizing a minimal genome», *Science* 1999; 286 (5447): 2089-90).

36. Existe cierta fascinación con la muerte; nos rodean los zombis. *The Walking Dead* es una de las series más populares de TV, y *Juego de Tronos* ha captado la imaginación de audiencias millonarias por todo el mundo. Muerte cerebral es la pérdida completa e irreversible de la función cerebral; es la definición legal de muerte humana en la mayoría de los países del orbe, donde se confirma la muerte de una persona cuando su tronco cerebral se ha perdido definitivamente. La muerte cerebral es la conclusión de la muerte cardiaca. Tras la muerte de Walter E. «Walt» Disney, en diciembre de 1966, se extendió lo que puede calificarse de leyenda urbana sobre la congelación de su cuerpo, inmediatamente antes de lo que habría sido su muerte y en espera de que el avance médico consiguiera la solución a su enfermedad —cáncer de pulmón—; en ese momento de procedería a la descongelación. Lo cierto es que sus cenizas fueron depositadas en un cementerio de California. F.M-2030 representa la primera persona cuyo cadáver ha sido vitrificado y mantenido en un medio criogénico con idéntico propósito en la *Alcor Life Extension Foundation*, en Scottsdale, Arizona.⁵¹
^{52.} En otro escenario Ira Pastor CEO y Sergi Paylian fundador y Presidente de Bioquark. Dr. Himanshu Bansal de RevitaLife Science lidera el Proyecto ReAnima que explora el potencial de tecnologías disruptivas de neuroregeneración y neuroreanimación. Su primera fase —*First in Human Neuro-Regeneration & Neuro-Reanimation*— será una prueba de concepto no aleatoria. El proyecto tiene como objetivo final inducir acontecimientos epimórficos, intercalares, regenerativos y de remodelación que inicien la restauración morfofuncional del sistema nervioso central. En cualquier caso, si la muerte cerebral es reversible es que no hubo muerte. **Nota:** La inclusión de la «reversión de muerte cerebral» no se debe a que ello sea el tema central de debate, sino por donde se llevarán a cabo los estudios iniciales. En el hospital Anupam, en Rudrapur, India, no en Harvard ni en Oxford. No es la primera vez que los ensayos clínicos en fase 1 «arriesgados» se realicen en países o con pacientes «desprotegidos», y ello si concierne, al menos, a la ética. En todos los casos, la búsqueda de la inmortalidad y, en su defecto, una prolongada y sana longevidad. ¿Por qué un tiburón vive cerca de 400 años?

37. *FM-2030* fue el nombre adoptado por el filósofo y futurista transhumanista Fereidoun M. Esfandiary (Bruselas, 1930-New York, 2000), quién decía sentir «una profunda nostalgia del futuro». Autor de *Up-Wingers: A Futurist Manifesto* —E-Reads, 1973; <https://slowlorisblog.files.wordpress.com/2015/05/esfandiary-up-wingers-a-futurist-manifesto.pdf> — y, entre otros, *Are You a Transhuman?: Monitoring and Stimulating Your Personal Rate of Growth in a Rapidly Changing World*, New York: Warner Books, 1989. ¿*Murió?* a causa de un cáncer de páncreas⁵¹.

38. Se denominan genes homeóticos aquellos que determinan las identidades de los diferentes segmentos a lo largo del eje antero-posterior del embrión. El análisis de de la mutación homeótico

denominada *Bithorax* por Edward B. Lewis (1918-) proporcionó el primer ejemplo de un gen específico cuya función define una región específica del organismo. El reconocimiento de ello supuso el Premio Nobel de Fisiología o Medicina 1995 —compartido con Christiane Nüsslein-Volhard y Eric F. Wieschaus (debió incluirse a Antonio García-Bellido)— por sus descubrimientos relacionados con el control genético del desarrollo precoz embrionario. En la mutante *Bithorax* el tercer segmento torácico (T3) que, en condiciones normales, especifica «alterio», se transforma en segundo segmento torácico (T2) que, en condiciones normales, especifica «alas»; el resultado: una mosca con dos pares de alas. Consecuencia de lo anterior fue el experimento de Bill McGinnis (1952-) que consiguió la heterodisexpresión del gen *Hox6* de ratón en la cabeza de una mosca. Ethan Bier, *The Coiled Spring. How the Life Begins*, Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 200; «Homeotic genes determine segment identity», chap.3, pg. 66; «Cross-species function of segment-identity genes», chap. 5, pg. 121.

39. En mamíferos, el gen *miostatina* se ocupa de regular la masa muscular al mantener en silencio *IGF-1*; la inhibición del primero induce hipertrofia muscular al permitir la hiperexpresión de *IGF-1*. De este desequilibrio puede beneficiarse la industria agropecuaria: *Double-muscling cattle* o *Belgian Blue* —vacuno de musculatura doble— es la prueba feaciente de las ventajas de la ingeniería genética. Hans Zellweger & William E. Bell, «Congenital muscular hypertrophy», *Neurology* 1959; 9 (3): 160- . R Kambadur, M Sharma, TP Smith & JJ Bass, «Mutations in myostatin (GDF8) in double-muscle Belgian Blue and Piedmontese cattle», *Genome Research* 1997; 7 (9): 910–16.

40. GFP Bunny, es un proyecto de arte transgénico que busca la creación de un conejo verde-fluorescente —«Alba»— de Eduardo Kac, el debate público generado por el proyecto y la integración social de la mascota. Utilizando técnicas de biología molecular, Eduardo Kac injertó el gen GFP —*green-fluorescent protein*— en el ADN de un conejo para conseguir un animal que emite luz verde cuando es iluminado con luz UV. El proyecto artístico de Kac pretende, literalmente, crear nueva vida biológica creada. Kac explicita que «el arte transgénico debe desarrollarse con gran respeto a la naturaleza y la nueva vida creada». <http://www.ekac.org/>.

41. El dopaje en el deporte se define como «El uso de un artificio (sustancia o método), potencialmente peligroso para la salud de los deportistas y/o susceptible de mejorar su rendimiento, o la presencia en el organismo de un deportista de una sustancia, o la constatación de un método, que figuren en la lista anexa al Código Antidopaje del Movimiento Olímpico». <http://www.portalfarma.com/profesionales/medicamentos/dopaje/Paginas/dopaje.aspx>; http://www.mssi.gov.es/biblioPublic/publicaciones/docs/vol29_1dopaje.pdf<http://list.wada-ama.org/es/>.

42. La manufacturación molecular permite la construcción de micromáquinas a partir de componentes nanoescalares. Los respirocitos son tanques esféricos, de 1 μ de diámetro, que transportan gases a 1000-atm presión y disponen de un sistema de bombeo activo de glucosa que proporciona la energía de funcionamiento; transportan 236 veces más oxígeno a los tejidos, por unidad de volumen, que los eritrocitos naturales. <http://www.foresight.org/Nanomedicine/Respirocites.html>.

43. Prótesis: cualquier dispositivo —orgánico, mecánico o electrónico — que reemplaza a una extremidad, órgano o función perdidas; por ej. pierna artificial, cadera o un corazón, sean artificiales u orgánicos. Una ortesis es un dispositivo que mejora o aumenta una función; por ej., unas gafas, un implante electrónico auditivo.

44. Un biosensor es un dispositivo utilizado para medir una especie o compuesto químico, formado por un componente biológico y un detector físico-químico. El elemento biológico sensible o detector (por ej., tejidos, microorganismos, receptores, anticuerpos, ácidos nucleicos, etc.) es un material o componente biomimético que interactúa —reconoce— con la diana sujeto de estudio. El

transductor (por ej., óptico, pizoeléctrico, electroquímico, etc.) transforma la señal resultante de la interacción en otra que puede ser cuantificada.

45. «Las 'drogas inteligentes' o nootropos están de moda en Silicon Valley. Imagínese que cada mañana, antes de ir al trabajo, pudiera tomar una pastilla que le ayudara a estar alerta, mantener la concentración, mejorar su memoria e incrementar su creatividad y productividad. Eso es precisamente lo que están haciendo cada vez más personas en lugares como Silicon Valley -la capital mundial de la industria de la tecnología situada en el norte de California- donde en los últimos años han ganado popularidad los llamados nootrópicos. Estas sustancias -cuyo nombre se deriva del griego *nóos* (mente) y *tropo* (dirección)- supuestamente tienen la capacidad de ayudarnos a mejorar nuestro desempeño mental, sin producir efectos secundarios negativos. Pese al escepticismo que existe entre la comunidad científica sobre su eficacia, estos potenciadores cognitivos son cada vez más usados en ambientes laborales competitivos en los que el intelecto prima sobre cualquier otra cualidad. Bajo el paraguas de los nootrópicos se incluyen, por ejemplo, compuestos químicos de la familia de los racetamos –como el piracetam o el pramiracetam– y sustancias como las vitaminas o los aminoácidos que se encuentran en numerosos alimentos y plantas, y pueden adquirirse en tiendas de suplementos nutricionales o herbolarios. Algunos son fármacos usados para tratar a personas de edad avanzada que presentan una alteración en sus mecanismos cognitivos y que padecen enfermedades como la demencia o el Alzheimer. Sus defensores aseguran que ayudan, por ejemplo, a mejorar la memoria, la capacidad de aprendizaje y la concentración», Jaime González, BBC Mundo. http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/07/150724_salud_eeuu_nootropicos_cerebro_memoria_jg. Yoshiro F. Fukuyama, *Our Posthuman Future: Consequences of the Biotechnology Revolution*, New York: Picador Books, 2002. (trad. española: *El Fin del Hombre: Consecuencias de la Revolución Tecnológica*. Ediciones B, Barcelona. 2003).

46. Fármacos senolíticos son agentes que inducen selectivamente apoptosis (muerte celular programada) de células senescentes; células que se acumulan en diversos tejidos con el envejecimiento, y en focos patológicos en múltiples enfermedades crónicas. Su destrucción «rejuvenece» el tejido envejecido. Un concepto relacionado es «senostático»: supresión de la senescencia. Ver: (J.L. Kirkland, T. Tchkonja, Y. Zhu, L.J. Niedernhofer, P.D. Robbins, «The clinical potential of senolytic drugs», *Journal of the American Geriatrics Society* 2017; 65 (10): 2297-2301. M. Paez-FRibes, E. González-Gualda, G.J. Doherty, D. Muñoz-Espín, «Targeting senescent cells in translational medicine», *EMBO Molecular Medicine* 2019; e10234; <https://www.embopress.org/doi/10.15252/emmm.201810234>. Otra aproximación persigue lo contrario: revertir el fenotipo senescente. Podrían denominarse moléculas senoenergéticas (Ver: H.E. Walters, S. Deneka-Hannemann, L.S. Cox, «Reversal of phenotypes of cellular senescence by pan-mTOR inhibition», *Aging (Albany NY)* 2016; 8 (2): 231-243; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4789579/>).

47. «*I have now run through a number of essays that are united by their covering the entire theme of creative activity, from God to the machine, under one set of concepts. The machine, as I have already said, is the modern counterpart of the Golem of the Rabbi of Prague. Since I have insisted upon discussing creative activity under one heading, and in not parceling it out into separate pieces belonging to God, to man, and to the machine, I do not consider that I have taken more than an author's normal liberty in calling this book*», Norbert Wiener, *God and Golem, Inc. A Comment on Certain Points where Cybernetics Impinges on Religion*, Cambridge, Mass: The M.I.T. Press, 1964; pg. 95. «*Thus let me end as I began, with the admonition: Come, let us work together humbly, prayerfully, and above all responsibly as we proceed in this awesome business. For the success or failure with we 'play God' in the next few years will determine whether these are the first few moments in mankind's greatest and most exciting hour or the last few seconds in his ultimate tragedy*», Leroy G. Augenstein, *Come, Let Us Play God*, New York: Harper & Row, Publ., 1969;

pg. 145-6. «*The technological ability to alter biology, along with the social conditions and cultural expectations that enable such transformations, is spawning a variety of techniques that augment bodily forms and functions. These techniques, collectively known as enhancement technologies, aim to improve human characteristics, including appearance and mental or physical functioning, often beyond what is 'normal' or necessary for life and well-being. Humans have always modified their bodies. What distinguishes these techniques is that bodies and selves become the objects of improvement work, unlike previous efforts in modernity to achieve progress through social and political institutions. There are profound effects on sociality and subjectivity. This chapter reviews analytical approaches through which researchers have attempted to illuminate the practices, moral and economic reasoning, cultural assumptions and institutional contexts constituting enhancements, framing the discussion by examining the concept of the normal body. Examples from cosmetic, neurological and genetic enhancements will illustrate*», Linda F. Hogle, «Enhancement technologies and the body», *Annu Rev Anthropol* 2005; 34: 695-716.

48. Philip Brey, «Human Enhancement and Personal Identity», Ed. J. Berg Olsen, E. Selinger & S. Riis, *New Waves in Philosophy of Technology. New Waves in Philosophy Series*. New York: Palgrave Macmillan, 2008; pg. 169-185. https://www.utwente.nl/bms/wijsb/organization/brey/Publicaties_Brey/Brey_2008_Human-Enhancement.pdf. Sheika Jasanoff, *The Ethics of Invention. Technology and the Human Future*. New York: W.W. Norton & Co., Inc, Aug. 2016.

49. Nick Bostrom, «Human genetic enhancements: a transhumanist perspective», *J Value Inquiry* 2003; 37 (4): 493-506. <http://www.nickbostrom.com/ethics/genetic.html>. International Bioethics Committee, *Report of the IBC on Updating Its Reflection on the Human Genome and Human Rights*, UNESCO oct. 2015. <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002332/233258E.pdf>. James M. Sikela, «The jewels of our genome: the search for the genomic changes underlying the evolutionarily unique capacities of the human brain», *PLoS Genet* 2006; 2 (5):e8. <http://journals.plos.org/plosgenetics/article/asset?id=10.1371%2Fjournal.pgen.0020080.PDF>. David De Grazier, «Enhancement technologies and human identity», *J Med Phil* 2005; 30: 261-83. https://www.researchgate.net/publication/7709743_Enhancement_Technologies_and_Human_Identity.

50. La esquizofrenia es un trastorno neuropsiquiátrico, causado por diferentes mutaciones génicas, desequilibrios neuroquímicos y factores ambientales, caracterizada por un comportamiento social anormal y una percepción distorsionada de la realidad. La sección del corpus calloso, utilizada como tratamiento de epilepsias intratables, provoca la desconexión entre los dos hemisferios cerebrales, cuya especialización funcional fue estudiada por Michael S. Gazzaniga («Cerebral specialization and interhemispheric communication: Does the corpus callosum enable the human condition?», *Brain* 2000; 123 (7): 1293-1326. <http://brain.oxfordjournals.org/content/123/7/1293>), y Roger W. Sperry (1913-1994), que fue galardonado con el Premio Nobel en Fisiología o Medicina 1981 («Some effects of disconnecting the cerebral hemispheres», *The Nobel Prize in Physiology or Medicine* 1981. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1981/sperry-lecture_en.html). La dietilamida de ácido lisérgico, LSD-25 o simplemente LSD, también llamada lisérgida y comúnmente conocida como ácido, es una droga psicodélica semisintética que se obtiene de la ergolina y de la familia de las triptaminas. En condiciones normales, nuestro cerebro se basa en redes independientes que realizan funciones especializadas por separado, como ver, moverse u oír. Sin embargo, bajo los efectos del LSD la separación entre estas redes se rompe y, en su lugar, vemos un cerebro más integrado o unificado.

51. Jacques Monod, *Le hasard et la nécessité. Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*, Paris: Les Éditions du Seuil, 1970. Traducción al castellano —*El Azar y la Necesidad. Ensayo sobre la Filosofía Natural de la Biología Moderna*— para Barral Ed., Barcelona, 1971. Francisco J. Ayala, *Darwin y el Diseño Inteligente*, Madrid: Alianza Ed., 2007.

52. Richard J. Eskow, «*Homo futurus*: How radically should we remake ourselves - or our children», *The Huffington Post* May 25, 2011. http://www.huffingtonpost.com/rj-eskow/homo-futurus-how-radical_b_39990.html. Ramez Naam, *Moore than Human: Embracing the Promise of Biological Enhancement*, Broadway Books-Random House, 2005.

53. J.S. Roberts & F. Bayliss, «Crossing species boundaries», *Am J Bioethics* 2003; 3 (3): 1-13.

54. P.W. Anderson escribe: «*In my own field of many-body physics*» [...] *we have begun to formulate a general theory of just how this shift from quantitative to qualitative differentiation takes place. This formulation, called the theory of 'broken symmetry', may be of help in making more generally clear the breakdown of the constructionist converse to reductionism* [...] *In closing, I offer two examples from economics of what I hope to have said. Marx said that quantitative differences become qualitative ones, but a dialogue in Paris in 1920's sums it up even more clearly: Fitzgerald: The rich are different from us. Hemingway: Yes, they have more money*» («More is different. Broken symmetry and the nature of the hierarchical structure of science», *Science* 1972; 177 [4047]: 393-6). No fue Marx sino Federico Engels en *Dialéctica de la Naturaleza* —http://www.edu.mec.gub.uy/biblioteca_digital/libros/E/Engels%20-%20Dialectica%20de%20la%20Naturaleza; pg. 42-43—: «Las leyes de la dialéctica se abstraen, por tanto, de la historia de la naturaleza y de la historia de la sociedad humana. Dichas leyes no son, en efecto, otra cosa que las leyes más generales de estas dos fases del desarrollo histórico y del mismo pensamiento. Y se reducen, en lo fundamental, a tres: ley del trueque de la cantidad en cualidad, y viceversa; ley de la penetración de los contrarios; ley de la negación de la negación. I. Ley del trueque de la cantidad en cualidad, y viceversa. Podemos expresar esta ley, para nuestro propósito, diciendo que, en la naturaleza, y de un modo claramente establecido para cada caso singular, los cambios cualitativos sólo pueden producirse mediante la adición o sustracción cuantitativas de materia o de movimiento (de lo que se llama energía). Todas las diferencias cualitativas que se dan en la naturaleza responden, bien a la diferente composición química, bien a las diferentes cantidades o formas de movimiento (energía), o bien, como casi siempre ocurre, a ambas cosas a la vez. Por consiguiente, es imposible cambiar la cualidad de un cuerpo sin añadir o sustraer materia o movimiento, es decir, sin un cambio cuantitativo del cuerpo de que se trata». Ernest M. Hemingway (1899-1961) hace referencia en sus memorias —*A Moveable Feast. Sketches of the Author's Life in Paris in the Twenties*, Charles Scribner's Sons, 1964 / *París era una fiesta*, Barcelona: Seix Barral, 1965— a su encuentro con Francis Scott K. Fitzgerald (1896-1940) en París, en 1925. Fitzgerald acababa de publicar su tercera novela —*The Great Gatsby*. <http://www.planetebook.com/ebooks/The-Great-Gatsby.pdf> —, y de escribir un cuento corto —*The Rich Boy*. <http://gutenberg.net.au/fsf/THE-RICH-BOY.html>.— que publicó al año siguiente en la revista *Red Book Magazine*. Esta breve historia fue la primera de una serie que llegó a ser muy popular: *All the Sad Young Men*. El tercer párrafo de *El Joven Rico* dice: «*Let me tell you about the very rich. They are different from you and me*».

55. Academy of Medical Sciences, British Academy, Royal Academy of Engineering & Royal Society, *Human enhancement and the future of work*. Report from a joint workshop, 2012. <https://www.acmedsci.ac.uk/viewFile/publicationDownloads/135228646747.pdf>. Erick Parens, ed., *Enhancing Human Traits. Ethical and Social Implications*, Hasting Center Studies in Ethics Series, Georgetown University Press, 2000.

56. Richard Nixon, *National Cancer Act 1971*. <http://www.presidency.ucsb.edu/ws/?pid=3275>. Centers for Disease Control and Prevention, «CDC's Vision for Public Health Surveillance in the 21st Century», *Morbidity and Mortality Weekly Report* July 27, 2012; Suppl./Vol. 61. <http://www.cdc.gov/mmwr/pdf/other/su6103.pdf>. Centers for Disease Control and Prevention, *Surveillance Strategy. A strategy for improving the Centers for Disease Control and Prevention's activities in public health surveillance*, CDC 2014. <http://www.cdc.gov/ophss/docs/cdc-surveillance-strategy-final.pdf>. Special Communication - Global Burden of Disease Cancer Collaboration, «The global

burden of cancer», *JAMA Oncology* 2015; 1 (4): 505-27. <http://oncology.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=2294966>. Bernard W. Stewart & Christopher P. Wild, *World Cancer Report 2014*, Lyon: WHO-IARC Publications, 2014; National Cancer Institute, *Cancer statistics*. <http://www.cancer.gov/about-cancer/understanding/statistics>, March 14, 2016. WHO, *Antimicrobial Resistance Global Report on Surveillance*, France, June 2014. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112642/1/9789241564748_eng.pdf?ua=1. CDC, *Antibiotic / Anti-microbial Resistance*, Atlanta, GA, July 14, 2016. <https://www.cdc.gov/drugresistance/>. Ramanan Laxminarayan, Devi Sridhar, Martin Blaser, Minggui Wang & Mark Woolhouse, *Global Health: Achieving global targets for antimicrobial resistance. The UN should promote target, funding, and governance*, *Science* 2016; 353 (6302): 874-5.

57. Un símil del «desplazamiento cosmológico» debido a la expansión de universo y en relación con la Ley de Hubble [Edwin P. Hubble, 1889-1953] ; ley primero derivada de las ecuaciones de la relatividad general por Georges Lemaître [Monseñor Georges H.J.É. Lemaître, 1894-1966]. Se denomina flujo de Hubble al movimiento de los objetos astronómicos debidos a esa expansión y constante de Hubble a la tasa de la expansión. *PNAS at 100: Classic of the Scientific Literature - Astronomy: Edwin Hubble*. «Classic profile: Christen Brownlee, Hubble's guide to expanding the universe. Classic perspective: Robert P. Kirshner, Hubble's diagram and cosmic expansion [*PNAS* 2004; 101 (1): 8-13]. Classic article: Edwin Hubble, A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae [*PNAS* 1929; 15:168-73]»; *Proc Nat Acad Sci USA*. <http://www.pnas.org/site/classics/classics2.xhtml>.

58. Nicholas Agar, *Liberal Eugenics: In Defence of Human Enhancement*, MA, USA: Blackwell Pub., 2004. On line: Wiley Online Library 2008. <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9780470775004>. Fritz Allhoff, Patrick Lin, James Moor & John Weckert, *Ethics of Human Enhancement: 25 Questions & Answers*, US National Science Foundation 2009; http://ethics.calpoly.edu/nsf_report.pdf. Patrick Lin & Fritz Allhoff, «Untangling the De-bate: The Ethics of Human Enhancement», *Na-noEthics: Ethics for Technologies that Converge at the Nanoscale* 2008; 2: 251-64.

59. Gregory E. Kaebnick, Elizabeth Heitman, James P. Collins, Jason A. Delborne, Wayne G. Landis, Keegan Sawyer, Lisa A. Taneyhill & David E. Winickoff, «Precaution and governance of emerging technologies [Policy Forum–Technology Governance]», *Science* 2016; 354 (6313): 710-1.

60. NASEM, *Gene Drives on the Horizon: Advancing Science, Navigating Uncertainty, and Aligning Research with Public Values*, Washington, DC: NASEM, 2016.

61. Atomic Energy Commission, *In the matter of J. Robert Oppenheimer: Transcripts of hearing before Personnel Security Board*, Washington, DC: Government Printing Office, 1954.

62. Qué es *Big History* - Megahistoria u omniscópica? Un registro coherente que comenzó, aproximadamente, hace 13,8 mM años. Incluye una serie de grandes hitos: leyes de la Física, elementos químicos, estructura del Universo, adecuación del planeta Tierra para la aparición de vida, evolución biológica, aparición del hombre, cultura, evolución del universo. El *big bang* representa el punto de partida; desde entonces una complejidad creciente combinó elementos simples en otros nuevos con propiedades emergentes y un mayor flujo de energía. David Christian, Cynthia S. Brown & Craig Benjamin, *Big History. Between Nothing and Everything*, New York: McGraw-Hill Education, 2014. *Big History Project*, <https://school.bighistoryproject.com/bhplive>.

63. Centre for Ethics and Health, Human enhancement, Health Council of the Netherlands. *Human enhancement, Ethics and Health Monitoring Report 2003 no. 4*. <https://www.ceg.nl/uploads/>

publicaties/Human_enhancement.pdf. Eric Juengst & Daniel Moseley 2, Ibídem, «6. Conclusion: policy perspectives».

64. En el transcurso de una entrevista para la BBC —enero 2008—, Bill Gates manifestó: «*We need a creative capitalism where business and non-governmental organisations work together to create a market system that eases the world's inequities*». Este capitalismo del siglo XXI debe mejorar las condiciones de vida de aquellos que no se benefician de las fuerzas del mercado. Hasta la fecha, el capitalismo imperante, el capitalismo no creativo se rige por las reglas del darwinismo social, la competitividad y el éxito evolutivo del que mejor se adapta. La creatividad viene siendo un subproducto del cambio económico; «destrucción creativa» la denomina Schumpeter. Por el contrario, el capitalismo creativo coloca la solución de las necesidades sociales como el objetivo primario de la actividad económica, más que como una consecuencia de la acumulación de recursos. Bill Gates BBC, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/7207808.stm>. Michael Kinsley, ed., *Creative Capitalism: A Conversation with Bill Gates, Warren Buffett, and Other Economic Leaders*, NY: Simon & Schuster Paperbacks, 2008.

El punto de vista tradicional de la innovación pone el énfasis en iniciativas empresariales o en la búsqueda de descubrimientos por un grupo o, en ocasiones, por un emprendedor, que inciden en temas circunscritos en el ámbito personal, desde una gran empresa a un problema molecular determinado. Es lo que se denomina innovación a pequeña escala. Por el contrario, se denomina innovación a gran escala aquella que sucede en el espacio social e incide en temas de interés comunitario sea este local, regional, nacional o global. Economía de innovación a gran escala o de sistemas abiertos [Bill Joy] incluye el concepto de innovación a gran escala acuñado por John Kao, Mr. Creativity (CEO, Inst. Large Scale Innovation, ILSI). Bill Joy, «Why the future doesn't need us», *Wired* Apr. 1, 2000. <http://www.wired.com/2000/04/joy-2/>. Mark Klein & Gregorio Convertino, «A roadmap for open innovation systems», *Journal of Social Media for Organizations* 2015; 2 (1): 1-16. <http://www2.mitre.org/public/jsmo/pdfs/02-01-roadmap.pdf>. John Kao, *What is large scale innovation? A white paper*, 2009. <http://www.jamming.com/Large%20Scale%20Innovation.pdf>. John Kao, *What is Large Scale Innovation? A white paper*, <http://www.jamming.com/Large%20Scale%20Innovation.pdf>.

65. Henry L. Menken (1880-1956). http://www.brainyquote.com/quotes/authors/h/h_l_mencken.html.

66. Abba Eban (1915-2002). *Speech in London* (16 December 1970); recogido en *The Times* [London] (17 Dec. 1970), y en *Great Jewish Quotations* (1996) by Alfred J. Kolatch, p. 115. https://en.wikiquote.org/wiki/Abba_Eban.

Pedro R. García Barreno

Médico

(pgbarreno@gmail.com; www.pedrogarciabarreno.es).

Madrid, noviembre 2019.