

Publicado en:

Diego Bermejo (ed., coord.), *Pasión Por La Vida – Passion For Life*. Homenaje a Francisco J. Ayala en su 85 cumpleaños – Homage to Francisco J. Ayala on his 85th Birthday. Madrid: Alianza Editorial, 2019. Pg. 389-409.

FRANCISCO J. AYALA: UNA MENTE GLOBAL Y SOLIDARIA

Antonio Garrigues Walker, jurista y Pedro R. García Barreno, médico.

«*Homo liber nulla de re minus quam de morte cogitat;
Et ejus sapientia non mortis sed vitae medidatio est*».

Baruch Spinoza, *Ética*, P. IV, prop. 67.

[«En nada piensa menos el hombre libre que en la muerte;
su sabiduría consiste en reflexionar,
no sobre la muerte, sino sobre la vida»]

The Gray Lady recogió el sentir de la comunidad científica sobre Francisco J. Ayala: «*Renaissance Man of Evolutionary Biology*»¹. Como tributo a tal virtud, intentaremos hilvanar unas pocas reflexiones a partir de publicaciones, a primera vista inconexas, escritas en épocas muy distantes y diversas. En cualquiera de ellas Paco Ayala vive, dialoga, reflexiona y se compromete.

¿Qué es la vida?

«Uno de los temas más apasionantes que ha preocupado siempre a los hombres, científicos o no, es el de la naturaleza del fenómeno vital. Los descubrimientos de la Biología y las investigaciones llevadas a cabo en el terreno de la Biofísica y de la Bioquímica durante los últimos veinte años, han obligado a plantear de nuevo el problema. ¿Qué es un ser vivo?» Lo escribió Francisco José Ayala Pereda, en 1956, para la revista *Ideales*, publicada por la Pontificia Facultad de Teología de San Esteban, en Salamanca, a donde Ayala se había trasladado en 1955, el mismo año de su graduación en Ciencias por la Universidad Central.

En febrero de 1943, Erwin R.J.A. Schrödinger (1887-1961), físico de origen austríaco, impartió tres conferencias en el *Trinity College* de Dublín que fueron un clamoroso éxito. En esas charlas, publicadas el año siguiente en forma de libro, este premio Nobel de Física de 1933 explicó ante estudiantes y un público general, no especialista, los resultados de algunos experimentos de genética que, en su opinión, podían encontrar explicación en el ámbito de la mecánica cuántica, la nueva física que él había ayudado a crear. La aproximación reduccionista y no vitalista de Schrödinger, el convencimiento de que esa nueva frontera del conocimiento establecida por los fenómenos biológicos podía traspasarse solo con explicaciones materiales, sedujo a los científicos más jóvenes. Al menos eso es lo que reconocieron unos cuantos biólogos moleculares, algunos llegados desde la física, más de veinte años después. En sus respectivas autobiografías o en reflexiones sobre los episodios de los que fueron protagonistas, diversos científicos admitieron haber sido influidos por la obra de Schrödinger².

What is Life? de Schrödinger es un texto breve. Un tema central de la obra es la tensión que genera en el autor su visión de que el comportamiento macroscópico de los sistemas físicos se basa en las grandes poblaciones de sus componentes microscópicos –una visión derivada de la mecánica estadística de Ludwig E. Boltzmann (1844-1906)–, frente al hecho de que los genes parecían

compuestos por poblaciones pequeñas de átomos que mostraban «una permanencia inexplicable para la física clásica». Tras constatar esta paradoja, el autor recurre a la mecánica cuántica para justificar la necesidad de una nueva explicación. Para Schrödinger, la clave que explica la vida reside en la acción de lo que él llama un «cristal o sólido aperiódico», una «asociación bien ordenada de átomos, capaz de mantener permanentemente su orden y que parece ser la única estructura material concebible que ofrece una variedad de posibles organizaciones isómeras y que es suficientemente grande como para contener un sistema complicado de *determinaciones* dentro de reducidos límites espaciales». En realidad, detrás de todo el planteamiento hay otra idea más fundamental –«¿Está basada la vida en las leyes de la física?»– y que en 1968 sería popularizada por Michael Polanyi (1891-1976) en su artículo «*Life's irreducible structure*», a saber, la de que los seres vivos se diferencian de los sistemas físicos inertes en que su comportamiento se explica no tanto por las leyes físicas sino por la acción de un conjunto de constricciones, su organización.

Diez años antes de las conferencias de Dublín, Niels H.D. Bohr (1885-1962), en su conferencia y artículo «*Light and life*» en *Nature* había propuesto que la física nunca sería capaz de explicar los fenómenos biológicos en su totalidad. Contrapuesto a él en la interpretación filosófica de la mecánica cuántica, Schrödinger también lo confronta en las explicaciones de lo vivo; coherente con su formación *boltzmanniana*, Schrödinger reivindica el determinismo. Seguramente, las críticas más duras vinieron de los químicos Linus C. Pauling (1901-1994; Premio Nobel de Química 1954 «por sus aportaciones a la naturaleza del enlace químico» y de la Paz 1962) y Max F. Perutz (1914-2002; Premio Nobel de Química 1962 cogalardonado con John C. Kendrew (1917-1997), «por sus estudios sobre estructura de proteínas globulares»). Ambos señalaron, en sendos ensayos publicados en un volumen con motivo de su centenario, la ignorancia química de Schrödinger³.

Diez años después de *What is Life?*, Stanley L. Miller (1930-2007) propuso a su director Harold C. Urey (1893-1981), realizar un experimento para contratar la hipótesis de Alexander I. Oparin y John B.S. Haldane según la cual en las condiciones de la Tierra primitiva –caldo primigenio– se habían producido reacciones químicas que condujeron a la formación de compuestos orgánicos a partir de inorgánicos que, posteriormente, originaron las primeras moléculas constitutivas de las formas originarias de vida. El «experimento Miller-Urey» se inició, en 1952, en la Universidad de Chicago y prosiguió en la de California-San Diego. El experimento utilizó agua, metano, amoníaco e hidrógeno; tras evaporación y descargas eléctricas se obtuvieron cinco aminoácidos. En una entrevista realizada en 1966, Stanley Miller manifestó: «*Just turning on the spark in a basic pre-biotic experiment will yield 11 out of 20 amino acids*». A los numerosos estudios que apoyaron los iniciales de Miller –Juan Oro Florensa (1923-2004) obtuvo, en 1959, además de aminoácidos moléculas de adenina– debe señalarse la teoría de panspermia (siente universal), hipótesis que no se refiere a cómo comenzó la vida sino a la extensión por todo el Universo de la presencia de compuestos orgánicos distribuidos por los diversos cuerpos celestes mediante polvo espacial, meteoritos, asteroides o cometas⁴.

Tras el debate sobre qué es la vida y la síntesis de compuestos orgánicos a partir de inorgánicos, el interés de Francisco J Ayala se dirigió hacia un tercer objetivo: el ensamblaje de los compuestos que garantizan una forma de vida. Ayala, estudiante de biología y de física (aunque esta última especialidad nunca finalizó), escribió en el artículo para la revista *Ideales* antes citada: «El 17 de junio de 1955, dos investigadores de la Universidad de Berkeley (California), H. Fraenkel-Conrat y R. C. Williams, presentaron a la Academia Nacional de Ciencias de los EE. UU. una comunicación sensacional: la obtención por síntesis del virus del mosaico del tabaco, a partir de sus dos componentes químicos más inmediatos [Fraenkel-Conrat y Williams ensamblaron los componentes virales previamente disociados]. ¿Se ha logrado con esto obtener la vida a partir de materia no viviente? [...] Es preciso subrayar que, si se admite que el virus del mosaico del tabaco es un ser vivo, se ha causado su “muerte” y, por tanto, en la síntesis realizada se ha pasado de lo no vivo a la vida [...] Es posible poner en cuestión si el virus es realmente un ser vivo. El científico tiene un concepto inductivo de vida. A medida que se han ido descubriendo nuevos seres considerados como vivos, ha tenido que renunciar a determinados caracteres y propiedades que consideraba propios de

la vida, a fin de ampliar su extensión a seres inferiores. El desarrollo de las Ciencias Naturales es la historia del proceso a que me refiero [...] He aquí un precioso objeto de investigación científica, al que los filósofos deben prestar atención. La ciencia y la reflexión filosófica sobre sus resultados, pueden darnos una concepción más profunda y armónica del fenómeno vital, tan atrayente para la mente humana».

Unos cuantos años después de aquella publicación pionera —la cuarta del milenario registro «ayaliense»⁵—, en la Introducción General a un interesante libro compuesto a base de «Debates», los editores —F.J. Ayala y R. Arp— escriben: «Numerosos biólogos piensan filosóficamente, y son muchos los filósofos que piensan como biólogos, algo que ha sucedido ininterrumpidamente en el caso de la historia de Occidente desde que ambas disciplinas tuvieron que entenderse. De hecho, investigadores en ambos campos han conseguido complementarse en ideas avanzadas, demorar decisiones para optar por soluciones con perspectiva, derrocar paradigmas trasnochados, incluso ir de la mano en establecer códigos morales ante decisiones tecnológicas encaminadas a aliviar el dolor y la enfermedad».

Craig J. Venter⁶, cincuenta y cinco años después de la manipulación de los componentes del virus del mosaico del tabaco, publicó la «creación una célula bacteriana controlada por un genoma sintetizado químicamente». La misma revista, en la sección *Policy Forum* incluyó: «*Synthetic “Life”, Ethics, National Security, and Public Discourse*». Michael K. Cho y David A. Relman equiparan el trabajo de Venter como un escaparate de los logros tecnológicos, reflejo de las promesas de la ciencia, y provocador de preguntas sobre la naturaleza de la vida. «Genómica sintética» refiere la síntesis y ensamblaje de genomas de laboratorio y su expresión para producir virus o formas de vida celulares. Hasta la fecha, el diseño de genomas sintéticos se ha basado en la manipulación de genomas existentes en la naturaleza, y solo de habían sintetizado y expresado genomas virales. Lo que está detrás de esta publicación —comentan M.K. Cho y D.A. Relman— es la posibilidad de diseñar formas de vida completamente nuevas. Con ello, los retos principales en unos contextos globales social y políticamente inestables se refieren a cuestiones éticas y de bioseguridad que inclinarán la balanza del potencial beneficio del entramado de las ciencias de la vida.

En febrero de 1975, en plena eclosión de la biología molecular, un grupo de unos ciento cuarenta profesionales entre biólogos, médicos y expertos en derecho, convocados por Paul Berg, se reunieron en el centro de conferencias de *Asilomar State Beach* para discutir los potenciales riesgos biológicos y la posible regulación de la biotecnología. Tal hito se conoce como «Conferencia de Asilomar sobre ADN recombinante»⁷. En poco más de diez años comenzó a gestarse, con sus más y sus menos, el Proyecto Genoma Humano. Francisco Ayala se incorporó a la Junta de Consejeros en virtud de las tremendas implicaciones éticas, morales y sociales que podía tener la secuenciación pretendida. En la conversación mantenida por Claudia Dreifus con *Renaissance Man* (ver nota 1) recoge: «Q. *What exactly was your role within the Genome Project?* A. [...] *I pushed for the dedication of some of the budget to evaluate the ethical and legal and societal implications [ELSI] of what would come once we had the map. It was early on decided that 3 to 5 percent of the budget of the whole project would be dedicated to ELSI*». En enero de 1989 se constituyó de manera permanente un grupo ELSI.

M.K. Cho *et al.* señalan implicaciones éticas asociadas a la clonación animal y a los esfuerzos encaminados a sintetizar genomas y vida, y reclaman perspectivas teológicas, filosóficas, sociales y ciudadanas. También les preocupa las aproximaciones reduccionistas radicales y una definición genética de vida. Incluso recuperan la frase «jugar a Dios», que trató Augenstein bastantes años atrás: «*For the success or failure with which 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*». Una vuelta de tuerca la dio, de nuevo, Craig J. Venter. Si en 2010 consiguió el diseño, síntesis y ensamblaje del 1.08 mega-pares de bases del genoma del *Mycoplasma mycoides* y trasplantarlo a la carcasa del *M. capricolum*, creando una nueva célula

—CJVI-syn 1.0— controlada por el genoma sintetizado (aunque réplica de uno existente en la naturaleza), en 2016 diseñó y sintetizó un «genoma bacteriano mínimo»⁸, a partir del mismo genoma que sintetizó *in toto* años atrás. La diferencia es que esta vez eliminó uno a uno todos aquellos genes superfluos cuya ausencia no afecta el proceso de replicación. Los 1.08 mega-p.b. quedaron reducidos a 0.53 mega-p.b. (CJVI-syn 3.0). Dos conclusiones: solo se necesitan 473 genes para conseguir una bacteria viva normal; y de 149 de esos genes imprescindibles se desconoce su función biológica que debe ser esencial para la vida, y que deben estar presentes en todos los genomas existentes.

En una entrevista Craig Venter contesta: «*I try to set the overall agenda and the scientific goals. I ask the broad general questions that we're trying to answer. For instance, what is life? I don't think there are that many biologists trying to answer that one. They're so lost in the everyday detail of what they're doing that they're not asking those kinds of questions. I tried to set it up so that I have the freedom to do so*». Parece que echa mano de la cita de Richard P. Feynman: «*What I cannot create, I do not understand*»⁹.

Este «crear para comprender» ha llegado a romper la Regla de los 14 días en investigación embriológica humana. La Regla, originalmente propuesta en 1979, dicta que el crecimiento de cualquier embrión humano sometido a investigación *in vitro* debe detenerse a los 14 días post-fertilización o en el momento de la aparición de la "línea primitiva" o primer signo de gastrulación, momento en el que de manera natural se implantan en el útero materno. Al menos 12 países respetan la Regla, bien incorporada en la legislación o en recomendaciones científicas. En 2017, la Regla ha sido motivo de debate científico, bioético y social tras la publicación por grupos diferentes de dos trabajos sobre investigación con embriones que sobrepasan el límite legal de 14 días. El cultivo de embriones humanos más allá de los 14 días abre una ventana, hasta ahora cerrada, en el desarrollo precoz. Por su parte, los Institutos Nacionales de la Salud EE. UU (NIH, USA) promueven una moratoria sobre la investigación de quimeras humano-animal (incluir células troncales humanas en embriones animales)¹⁰.

La dilucidación por Charles Robert Darwin de la selección natural como una fuerza evolutiva creativa, representa uno de los logros monumentales en la historia de la ciencia. No solo revolucionó las ciencias biológicas sino que supuso un impacto intelectual fundamental en las ciencias sociales, filosofía y religión. El legado clave de Darwin —señalan J.C. Avise y F.J. Ayala— no es la mera demostración de que la evolución opera (varios de los predecesores de Darwin fueron conscientes de la evolución de las especies), sino la observación de que una fuerza natural orquesta la emergencia evolutiva de las adaptaciones biológicas: diseño sin diseñador inteligente.

Hay una versión de la historia de las ideas que ve un paralelismo entre las revoluciones de Copérnico y de Darwin: Copérnico desplazó la Tierra como centro del universo, y Darwin hizo lo mismo respecto a hombre, hasta entonces centro de la vida en la tierra. Ayala da un paso más: las dos revoluciones entroncan en el origen de la ciencia en su sentido actual; ambas pueden conjuntarse en una Revolución Científica con dos estadios, el Copernicano y el Darwiniano. La Revolución Copernicana vio luz con la publicación en 1543, año de la muerte de Copérnico, de su *De revolutionibus orbium coelestium*, y alcanzó su madurez con la publicación en 1687 de *Philosophiae naturalis principia mathematica* de Isaac Newton. En resumen: la Tierra es un pequeño planeta que gira alrededor de una gran estrella, el Sol, inmersa en un Universo inmenso en espacio y en tiempo, donde leyes simples dan cuenta del movimiento de todos los objetos físicos que en él se encuentran. El Universo obedece a leyes inherentes que explican los fenómenos naturales; concepto que soporta la ciencia en cuanto explicación del Universo mediante leyes naturales. El genio de Darwin completó la Revolución Copernicana al demostrar que la compleja organización y funcionamiento de los seres vivos puede explicarse como resultado de un proceso natural —selección natural— sin necesidad de apelar a un Creador o diseñador externo. Darwin consideró la selección natural, más que su demostración de la evolución, su descubrimiento más importante; se refirió a ello como «mi teoría», algo que nunca hizo al referirse a la evolución de los

organismos. En la Introducción y en los capítulos I-VIII de *El Origen* explica como la selección natural se ocupa de las adaptaciones y comportamientos de los organismos, de su diseño. Los organismos exhiben diseños complejos, pero ello no significa en lenguaje corriente —apunta F.J. Ayala— complejidad irreductible brotada a modo de una floración explosiva. De acuerdo a la teoría de la selección natural de Darwin, el diseño se esculpe gradual y acumulativamente, paso a paso, promovido por el éxito reproductor de aquellos individuos con características que facilitan su adaptación.

La evolución afecta todos los aspectos vitales de un organismo: morfología (forma y estructura), fisiología (función), comportamiento y ecología (interacción con el medio ambiente). Soportando tales cambios están aquellos del material hereditario. De aquí que, en términos genéticos, la evolución consiste en cambios en la dotación genética de los organismos. Por tanto, la evolución puede ser contemplada como un proceso en dos pasos: primero, variación hereditaria por mutación, y segundo, selección de las variaciones más útiles que incrementan su frecuencia, y eliminación de las peor adaptadas. La selección natural, operando espontáneamente a partir de mutaciones aleatorias, sin propósito, es un proceso creativo que favorece la acumulación combinación de mutaciones favorables y, con ello, la producción de una gran variedad de organismos al cabo de eones de tiempo. Pero hay importantes diferencias —señala F.J. Ayala— que distinguen el diseño inconsciente por selección natural, en especial las adaptaciones de organismos, del diseño perpetrado con un propósito por un diseñador inteligente, un ingeniero. En resumen, la idea de la revolución conceptual darwiniana es que el diseño de los organismos vivos es un proceso natural gobernado por leyes naturales.

A pesar de todo ello los fundamentalistas bíblicos, aunque minoría, han ido ganando considerable influencia pública y política en EE. UU. Durante la década de 1920 lograron influir en las legislaturas de una veintena de estados para que se debatiese legislación antievolucionista, aunque en 1968 el Tribunal Supremo declaró contraria a la constitución cualquier ley que prohibiera la enseñanza de la evolución en las escuelas. A pesar de ello, a comienzos de la década de 1980 Arkansas y Luisiana aprobaron sendos estatutos que exigían el trato equilibrado de la ciencia de la evolución y la ciencia de la creación en sus escuelas. La corte federal declaró que el estatuto de Arkansas era inconstitucional tras un juicio público en Little Rock, y en el Ayala participó como testigo experto. La ley de Luisiana fue recurrida ante el Tribunal Supremo que sentenció que la «Ley del Creacionismo» era inconstitucional porque al exponer la creencia religiosa de que un ser sobrenatural creó la humanidad, la cual está contenida en la frase ciencia de la creación, dicha ley apoya inadmisiblemente a la religión. La más reciente confrontación entre el creacionismo y la teoría de la evolución en los tribunales de justicia implica el concepto de «diseño inteligente», que surgió en su formulación actual tras la resolución del Tribunal Supremo de 1987 de que la ciencia de la creación no podía ser enseñada en las escuelas públicas ¹¹.

A la vista de los trabajos realizados, fundamentalmente por Craig Venter antes mencionados y la eclosión del transhumanismo o el arte transgénico, es necesario instaurar un diálogo sosegado sobre la neoirrupción del diseño inteligente, en cuanto que las neonatas técnicas de síntesis *de novo* y edición de genomas apuntan un propósito definido, incluso a un transhumanismo ¹². En una entrevista concedida a la revista *El Basilisco* ¹³, Ayala comentó que «los virus no son muy interesantes para la evolución». Por su parte, Craig Venter: «*If you want to make a few changes, CRISPRs are a great tool. But you're really making something new and you're trying to design life, CRISPRs aren't going to get you there*». Ayala, amén de mostrarse un activista convencido de los riesgos medioambientales a escala global y partidario de la computación de alto rendimiento o la utilización de embriones, fomentó el programa denominado «Diálogo entre Ciencia, Ética y Religión» (*Dialogue on Science, Ethics, and Religion*, DoSER) ¹⁴. También se mostró taxativo en la entrevista citada de C. Dreifus: «*NYT - Q. You're not worried about cloning – why? A. I think the general public has a misunderstanding of what cloning means. Contrary to what people think, a human being cannot be cloned. What can be cloned are genes*».

Ética, Moral, Derecho

Un ejemplo conocido de la relación entre biología y filosofía es Charles Darwin, biólogo de campo y naturalista pensó como filósofo sobre biología mediante su autoproclamado un largo argumento para la selección natural en su famoso trabajo titulado *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. Rompió con el status quo imperante y mediante la selección natural ofreció un análisis, explicación y sistematización globales de la biosfera. Sus contemporáneos le consideraron un filósofo. La famosa publicación de Theodosius Dobzhanski «En Biología nada tiene sentido sino a la luz de la evolución» resume la concepción darwiniana del mundo natural; para Ayala, sin ella las ciencias biológicas carecerían de un sólido fundamento. Justo es decir que numerosos problemas filosóficos se han resuelto a la luz de la biología. Sirva de ejemplo, desde un punto de vista general, la aportación de las neurociencias a la filosofía de la mente. Varios de los más famosos filósofos vivos —Paul Churchland, Daniel Dennet, Jerry Fodor— se han apuntado a la influencia de la física, las ciencias cognitivas o la inteligencia artificial a la concepción materialística o fisicalista del problema mente/cerebro. El número de convergencias es innumerable: bioética, epistemología evolutiva, ontología biomédica, ciencias forenses o neurociencias y ley. En *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*, publicado en 1871, Charles Darwin escribió: «Suscribo de pleno el juicio de aquellos que mantienen que, de todas las diferencias entre el hombre y el resto de los animales, el sentido moral o consciencia es, con mucho, la más importante».

Los seres humanos son por naturaleza —afirma Ayala— seres éticos. Juzgan moralmente sus actos por su capacidad innata para anticipar las consecuencias de sus acciones, para formular juicios de valor y para elegir libremente. Los seres humanos exhiben comportamiento ético por naturaleza y por necesidad, y no porque tal comportamiento ayude a preservar su acervo génico o sirva para cualquier otro propósito. La moralidad existe como una realidad objetiva a causa de una inteligencia que nos permite anticipar las consecuencias de nuestras acciones en relación con otros y evaluar su resultado en términos de sus consecuencias. Tal son para Ayala los fundamentos biológicos del comportamiento moral. La moralidad es una exaptación más que una adaptación porque no está condicionada por la selección natural. Las exaptaciones son características de los organismos que evolucionan en tanto sirven a alguna función pero que posteriormente cooptan para servir a una función diferente que, originalmente, no fue objeto de selección natural. El meollo es si el comportamiento moral fue directamente promovido por selección natural o es consecuencia de nuestra inteligencia privilegiada, que si fue objeto de selección natural. En resumen, el sentido moral humano es una exaptación, no una adaptación. El sentido moral consiste en juzgar ciertas acciones como correctas o incorrectas. El objetivo de la selección natural fue el desarrollo de unas capacidades intelectuales avanzadas ¹⁵.

Michael Ruse, en un debate con Ayala, apunta que siendo ambos darwinianos convencidos, difieren en que Ruse ve a los humanos (respecto a la moralidad) como parte absoluta y completa del mundo animal, mientras Ayala ve a los humanos (respecto a la moralidad) trascendiendo el mundo animal. Para Ruse el comportamiento moral es una adaptación. Ruse fue un cuáquero convencido, Ayala un dominico; porqué, pregunta Ruse, tales antecedentes influyeron de manera distinta a la hora de juzgar un hecho común. Mejor dejar la psicología personal a un lado, concluye.

En cualquier caso, el compromiso ético exaptativo de Ayala está fuera de toda duda. Sirvan de ejemplo dos acciones separadas en el tiempo. En los meses de octubre y noviembre de 1986 Ayala formó parte de la delegación del Comité de Derechos Humanos de la Academia de Ciencias y del Instituto de Medicina, de EE. UU. que se desplazó a Somalia con motivo de indagar la situación humana y legal de presos de conciencia. En la buena biografía sobre su persona de la doctora en ciencias biológicas Susana Pinar García, se analiza con detalle este viaje y al leerlo —y merece la pena hacerlo— se comprende la sensibilidad de este hombre por los derechos humanos, la ética y la legalidad, una sensibilidad profunda que es la que enriquece y da sentido a toda su obra.

Párrafos atrás se mencionó la participación de Ayala en el proceso contra la implantación del creacionismo como disciplina obligatoria en las escuelas públicas de determinados estados. El compromiso de Ayala con el derecho ha sido continuado. La actitud de Ayala respecto a la ética y el derecho podría escarbarse en aquel pasado al que hacía referencia Ruse; en cualquier caso fueron cinco años de permanencia en la que, de algún modo, fue una de las escuelas de Derecho más antigua reconocida. El papa Honorio III aprobó la Orden de Frailes Predicadores el 22 de diciembre de 1216. Los dominicos llegaron a España hacia el año 1222.

Merece la pena reproducir parte de las palabras del Prof. Antônio Augusto Cançado Trindade (Brasil, 1947), juez de la Corte Internacional de Justicia de La Haya: « [...] Escribo el Prefacio de esta obra dedicada a la *Escuela Ibérica de la Paz: 1511-1694*, de tanta relevancia para el conocimiento de este asunto por las nuevas generaciones de estudiosos, cuando cumpla dos décadas y media en el ejercicio de la magistratura internacional y en dos jurisdicciones internacionales distintas, con permanente fidelidad a las enseñanzas de los *Padres fundadores del Derecho de Gentes* [...] auténticos clásicos del Derecho Internacional por la actualidad y perennidad de sus enseñanzas, el ineludible vínculo que establecen entre lo jurídico y lo ético, su perspectiva universal y la posición central que atribuyen a la persona humana con su enfoque esencialmente humanista de esta disciplina [...] [Me he interesado] con proyección y perspectiva histórica, en el asunto de la *recta ratio*, en la conciencia humana como última fuente material del Derecho de Gentes [...] La universalidad del Derecho de Gentes (la *lex praeceptiva* para el *totus orbis*), destacando la universalidad del *jus gentium* como concreción de un Derecho y una Justicia verdaderamente universales [...] La titularidad internacional de los derechos de la persona humana, la centralidad de las víctimas en el Derecho Internacional, acorde con una concepción humanista de la jurisprudencia internacional y su difusión [...] La relación de este asunto con el Derecho Internacional de los derechos humanos en nuestro tiempo, resaltando la importancia de los principios fundamentales del Derecho, con especial atención al principio de igualdad y no discriminación [...] La contribución de los *fundadores del jus gentium* se inspiraba en gran medida en la filosofía escolástica del Derecho Natural, particularmente en aquella concepción estoico-tomista de la *recta ratio* y de la justicia que identificaba al ser humano como un ser social, racional y dotado de dignidad intrínseca; de ese modo la *recta ratio* pasó a ser considerada como indispensable para la supervivencia del propio Derecho Internacional. Además, en virtud de la unidad del género humano, se concibió un derecho universal, aplicable a todos —tanto a los Estados como a los individuos— y en todas partes (*totus orbis*). Al tiempo que contribuían al surgimiento del *jus humanis societatis*, maestros como Francisco de Victoria, O.P. y Domingo de Soto, O.P. imbuían sus enseñanzas del pensamiento humanista que les precedió [...] El *jus communicationis* de F. de Victoria, por ejemplo, fue concebido como un derecho para todos los seres humanos».

Tecnología

Una de las características de Francisco J. Ayala es su preocupación por la aplicación del conocimiento a favor de la sociedad. Lo hizo con sus trabajos sobre parásitos responsables de enfermedades que diezman poblaciones de los más desfavorecidos, impulsó el Proyecto 2061: *Science for All Americans*, indagó el mecanismo neuronal de diferentes experiencias mediante técnicas avanzadas de exploración cerebral y, de ello nos ocuparemos con algún detalle, de los beneficios potenciales de las nuevas tecnologías de comunicación en medicina. Puede hacerse suyo el lema que Charles R. Van Hise (1857-1918), primer presidente de la Universidad de Wisconsin acuñó, en febrero de 1905, para su Institución y conocida como *The Wisconsin Idea*: «*I shall never be content until the beneficent influence of the University reaches every family of the state*». No es un concepto abstracto; es el ideal y el compromiso humanos de que el conocimiento puede y debe tener un impacto práctico sobre las necesidades, problemas y aspiraciones de la sociedad. En el caso de Paco Ayala, «cada familia del estado» puede ampliarse a «todo el mundo».

En julio de 2016, la prestigiosa revista de medicina *JAMA* publicó: «*Medical informatics and the “three long, one short” problem of large urban hospital in China*». Lo firman J. Dai, W. Wang y

F.J. Ayala. Los autores exponen un problema común y aportan una posible solución. En China, como en muchos otros países han sacrificado la atención primaria por los grandes hospitales de atención terciaria. El resultado: abultadas listas de espera, largos y desesperantes tiempos de espera y burocracia asfixiante (los «*three long*»), junto a escasos minutos de atención médica por paciente (el «*one short*»). Comentan que el presidente Xi Jinping describe los grandes hospitales como zonas de guerra, siempre en un permanente estado de guerra y masificados. Desde 2012, añaden, estos hospitales han desarrollado más de 50 nuevos programas de software que reformulan todos los procedimientos clínicos.; consiguiendo, en septiembre de 2015 que el 76% de los pacientes extrahospitalarios de los hospitales públicos terciarios de Shanghai realicen sus citas y consultas por vía telemática, y a finales de noviembre de 2015, 1238 hospitales terciarios han establecido bases de datos interactivas entre pacientes y hospital, y 660 de estos han introducido tecnología Smartphone para simplificar y facilitar la atención clínica extrahospitalaria.. Los autores concluyen: Las mejoras conseguidas ayudarán sin duda a acelerar las reformas médicas en China y representan un lección útil para el desarrollo y aplicaciones informáticas en las instituciones médicas de diversos países en desarrollo en todo el mundo.

Uno de los amigos (PRGB) del Prof. Ayala que colabora en este libro homenaje, tuvo el honor de dirigir, en la década de 1980, uno de los mayores hospitales terciarios de Madrid. Acogiéndonos al espíritu de los *Contemporary Debates* antes citados, nos atrevemos a aportar unas reflexiones, en parte coincidentes con el sinólogo «*three long, one short*».

«Medicina» es la aplicación de la ciencia y de la técnica —«tecnología médica»— en aras de prevenir —medicina preventiva—, predecir —medicina predictiva—, diagnosticar, pronosticar y tratar —medicina clínica—, la enfermedad. También, rehabilitar —medicina rehabilitadora— sus secuelas. La práctica de la medicina se centra en el «encuentro clínico». Los esfuerzos encaminados hacia un enfoque más racional de la atención médica en el futuro, han caminado por dos sendas paralelas si no divergentes. Por un lado, existe un convencimiento creciente, resultado de los estudios de los patrones de las enfermedades en grandes poblaciones —epidemiología—, de que las principales patologías pueden achacarse, en su mayoría, a los cambios producidos en el ambiente y en los estilos de vida. A la vez, han ocurrido sendas revoluciones en las ciencias biológicas, en particular en los campos de la biología molecular y celular y en la ingeniería médica, cuyos resultados han dado un vuelco al modo de ejercer la medicina. Sin embargo, hay una creciente disparidad en el corazón de la denominada biomedicina. La producción de conocimiento básico ha superado, con creces, las expectativas más optimistas planteadas un par de décadas atrás; pero el impacto de esta investigación en la práctica clínica ha sido mucho más modesto. Una situación que resume, acertadamente, la frase: «Me atrevería a sugerir que el imponente edificio de la medicina moderna, a pesar de su impresionante éxito, se encuentra, como la célebre torre de Pisa, discretamente desequilibrada»¹⁶.

El término «investigación traslacional», apenas escuchado hace poco más de diez años, está en boca de expertos y legos, quienes lo consideran la solución de la disparidad señalada. Para ello habrá que reconvertir la autovía monodireccional del «laboratorio a la empresa», en otra bidireccional: «*bench to bedside and back*»¹⁷. Además, un tercer elemento: el incremento imparable de los costes. En ello se apoyan los epidemiólogos para reclamar mayor compromiso hacia la atención médica comunitaria y hacia las necesidades y preferencias de los pacientes, que justifican una aproximación más holística al tratamiento de los enfermos. Quienes administran los servicios sanitarios no logran establecer las prioridades: cómo enjaretar la prevención, en principio más económica, y cómo aquilatar la demanda de la alta tecnología con la atención de una población, cada vez más envejecida, que exige trasplantes y libre acceso a las unidades de cuidados intensivos¹⁸.

Desde al menos dos centurias, al igual que hoy día, la educación de los médicos incluye, típicamente, una formación en los principios de las ciencias generales —matemáticas, química o física—, así como un currículo médico estándar que incluye anatomía, fisiología, farmacología,

bioquímica y otros temas que se asocian, de manera automática, con la medicina. Sin embargo, hay una opinión generalizada de que muchas de las cualidades del buen médico se han perdido en el esfuerzo por comprender la enfermedad, en detrimento de los problemas de los enfermos¹⁹. Ello se traduce en una serie de paradojas, a primera vista incompatibles con el éxito prodigioso e indudable de la medicina moderna: médicos desilusionados; soluciones agotadas y pacientes desengañados; popularidad rampante de las medicinas alternativas, y la espiral de costes apuntada de la atención médica. En resumen, una insatisfacción con la práctica médica²⁰.

La profesión médica, hoy, se enfrenta a varios problemas. Está desorientada en un laberinto burocrático; ha perdido su autonomía; su prestigio se sume en una espiral descendente, y se ha hundido su profesionalismo. Pero los problemas no acaban aquí. Una grave enfermedad médica merodea entre las sombras de todo ello. Una enfermedad de la que solo es responsable la propia medicina y que amenaza al público al que debe servir. Comienza en la Facultad, donde prácticamente no recibe atención alguna. Pasada la incubación, florece durante el periodo de especialización en los años de Residencia. Luego, se cronifica. La terapéutica y sobre todo las medidas preventivas, se ignoran, y en el mejor de los casos son inadecuadas. Nos encontramos ante un cuadro típico de «insolvencia clínica». Herbert L. Fred acuñó el término *hyposkillia* — «hipopericia»— para referirse a la deficiencia de habilidades clínicas de los médicos; una patología debida a que sus intereses se centran en la enfermedad y en la técnica, que relegan a un segundo plano el contacto directo con el enfermo. Una situación que queda recogida en un nuevo eslogan: «medicina *high-tech low-touch*», que se ejemplifica en el «hospitalocentrismo» imperante²¹.

Médicos que aprenden a solicitar todo tipo de pruebas y procedimientos, pero que no siempre saben cuándo pedirlos o como interpretarlos; médicos incapaces de hacer una historia clínica o una exploración física bien hechas. Además, una gestión prepotente orientada a recibir —no a atender— al mayor número de pacientes, en el menor número de minutos posible y aquilatando al máximo el número de euros por paciente. Protagonismo «numérico» que bien pudiera dar pie a una nueva área de conocimiento de las ciencias médicas, junto a la genómica, proteómica o celulómica: «numerómica», el equivalente al «*three long, one short*».

¿Existe cura para la tiranía tecnológica? Se necesitan docentes que sepan y que enseñen fisiopatología, propedéutica y patología clínica; que apliquen *high-touch*. Docentes que conozcan las bases de las diferentes técnicas y que sepan cuándo indicarla y cómo interpretarlas, y que utilicen *high-tech* para verificar más que para formular sus impresiones clínicas. Necesitamos docentes que verdaderamente comprendan el valor de la historia clínica y de la exploración física; el valor de saber pensar y de la importancia de la responsabilidad, y que utilicen su cerebro y su corazón y no una horda de consultores, para atender a sus pacientes.

Los centros médicos académicos o universitarios —al menos así consta en las fachadas de nuestros hospitales— tienen la responsabilidad de proporcionar una atención sanitaria ejemplar a los enfermos, enseñar medicina a los estudiantes, formar a los futuros profesionales y aportar nuevo conocimiento a través de la investigación. Hay que reinventar el sistema, porque ni reformas ni reestructuras son suficientes: existe la tendencia ante problemas complejos de optar por soluciones simples. Henry L. Mencken dijo que «para cada problema complejo existe una solución simple y errónea». No hay una solución simple; son tantos los factores involucrados que es imposible enfrentarse con displicencia a un futuro ignoto.

Richard Anderson caracterizó los desarrollos médicos históricamente recientes en décadas: la de los años 1960, década de la innovación clínica; la de 1970, década de la expansión clínica, y la siguiente, década de la restricción financiera. Para la década de 1990 reservó el calificativo de paradójica. Para esos últimos años, Alexander J. Walt acuñó el término «*dis-decade*». Un término que resume una enmienda a la totalidad: «*Medical education: a continuum in dis array + dis affected public (lack of humanism) + dis spirited residents (service versus education) + dis functional government (declining financial resources) + dis organized speciality movement*

(fragmentation) + discouraged faculty (relative value of medical education) = decade of disenchantment».

«En el ámbito de la medicina, no hay contradicción fundamental alguna entre la aproximación científica al estudio y tratamiento de la enfermedad y los aspectos pastorales del cuidado de los pacientes», concluye el Prof. Weatherall. Uno de los avances más importantes de la práctica médica ha sido un lento pero mantenido desplazamiento desde un oficio artesanal hacia una disciplina más racional y con una sólida base científica. Debemos poner nuestra esperanza en más y mejor ciencia; y, ante todo, incorporar las inmensas posibilidades aun por descubrir de las nuevas tecnologías digitales: una destrucción creativa de la medicina que practicamos ²².

Medicina digital es la utilización de tal tecnología para informar y atender a los pacientes, y facilitar y mejorar los procesos auxiliares y administrativos del contexto del sistema sanitario. La revolución digital está aquí y vino para quedarse y expandirse con o sin la aceptación, en principio, de la globalidad del sistema. Solo un pero. La base futura de la digitalización del sistema es el *smartphone* y derivados; sus beneficios están fuera de duda, mas no todo son ventajas. China aporta el 19 % de la población global; un *smartphone* de alta gama libera a la atmósfera a lo largo de su vida útil 95 kg de CO₂, basta hacer un simple cálculo para intuir su impacto medioambiental. Por otro lado, diversos estudios indican que más del 40 % de los *smartphones* que hoy se emplean acabarán en un cajón, convirtiéndose en auténticas minas urbanas por su peligrosidad ambiental. De los más de 30 componentes que lo integran, 14 son «minerales de sangre», y son innumerables las factorías que ignoran los derechos humanos. Si nuestros *smartphones* facilitan nuestras vidas, ¿cómo nos afectan sus entrañas? Existen iniciativas para conseguir un *smartphone* ético; tal pretensión es, para algunos, un oxímoron ²³.

En cualquier caso, mientras haya enfermos que tratar, la medicina seguirá teniendo mucho de arte; cuanto más sofisticada sea la práctica clínica, mayor será la necesidad de tratar a los pacientes como personas y no como enfermedades. Un pacto ciencia-tecnología-derecho no debe esperar.

Hay que hacer constar en este sentido que Francisco J. Ayala es miembro fundador de la Comisión “Ciencia y Derecho” creada por las Fundaciones FIDE y Garrigues, dedicadas a la investigación jurídica. Es un hecho que los avances científicos y tecnológicos van muy por delante de la codificación legal que debe amparar y regular su desarrollo, de forma que se pueda garantizar un progreso social y económico con las menores desigualdades y distorsiones posibles. En cada tiempo histórico el estamento jurídico ha tenido y ha sabido asumir las realidades y los retos de la época que le ha tocado vivir, y tendrá que volver a hacerlo ahora. No se trata ciertamente de intentar dirigir, controlar o limitar los avances científicos –tarea absolutamente imposible- pero sí de conocer más de cerca y más a fondo tanto su desarrollo actual como el potencial. Hay que corregir ese déficit que afecta en su conjunto a nuestro modo, a nivel académico, judicial y profesional.

FIDE y la Fundación Garrigues realizan periódicamente desde hace más de tres años una serie de sesiones en las que reúnen científicos y juristas, para abordar temas de muy diversa naturaleza. Estas sesiones tienen por finalidad avanzar en la investigación y el conocimiento de los campos de la ciencia, que por su mayor avance o complejidad, requieren este diálogo. También desarrollan grupos de trabajo, con el objetivo de elaborar propuestas informadas y consensuadas de la regulación a desarrollar en nuestro país sobre cada materia objeto de análisis, debate y reflexión.

El objetivo final de todas las sesiones de debate y reflexión es promover líneas de acción y cooperación entre científicos y juristas que sean fructíferas y, en su caso, constituyan también una fuente de propuestas legislativas, formativas o de otro tipo, útiles para toda la sociedad.

Las ideas y las charlas de Francisco J. Ayala en la comisión “Ciencia y Derecho” son sin duda un activo básico en su tarea, a la que también aporta su especial visión sobre la religión y la ciencia.

Notas

- 1.** *The Gray Lady* fue el apodo que Meyer “Mike” Berger (1898-1959), uno de los más famosos reporteros de EE UU, otorgó al *The New York Times* en la publicación de un extenso artículo —*Life*, 12 marzo 1951, pg. 153 y sig.— con motivo del centenario del rotativo. La referencia al Prof. Ayala se recoge en el primer párrafo de introducción a la conversación que Claudia Dreifus mantuvo con Francisco J. Ayala para *The New York Times* (27 abril 1999).
- 2.** Krishna R. Dronamraju, «Erwin Schrödinger and the origins of molecular biology», *Genetics* 1999; 153 (3): 1071-1076. Agrupados alrededor de Max L.H. Delbrück (1906-1981) una serie de físicos interesados en biología molecular proyectaron sus esfuerzos en revelar los secretos de los genes eligiendo el fago como modelo. Formado en 1945, el «grupo fago» comenzó su andadura de la mano de Delbrück, Salvador E. Luria (1912-1991) y Alfred D. Hershey (1908-1997), que compartieron el Premio Nobel en Fisiología o Medicina 1969 «por sus descubrimientos sobre los mecanismos de replicación y la estructura genética de los virus».
- 3.** Juli Peretó, «¿Qué es la Vida? de Erwin Schrödinger», *Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular*, 2018; , <http://www.sebbm.es/revista/articulo.php?id=231&url=que-es-la-vida-de-erwin-schrdinger-vale-la-pena-leerlo>. C.V. Kilmster, ed., *Schrödinger. Centenary Celebration of a Polymath*, Cambridge: Cambridge University Press, 1989 (Chapt. 18: Linus Pauling, «Schrödinger's contributions to chemistry and biology». Chapt. 19: M.F. Prutz, «Erwin Schrödinger's What is Life? and molecular biology»).
- 4.** El bioquímico ruso Alexander I. Oparin (1894-1980) y el bioquímico y genetista inglés John B.S. Haldane (1892-1964), por separado y en diferentes años (1924 y 1928, respectivamente), propusieron la teoría sobre el origen y evolución de las primeras células a partir de la materia orgánica del medio acuático, producto de la síntesis abiótica de los compuestos presentes en la atmósfera secundaria de la Tierra y por acción de diversas fuentes de energía. Stanley L. Miller, «Production of amino acids under possible primitive earth conditions», *Science* 1953; 117 (3046): 529-529. Stanley L. Miller, Harold C. Urey, «Organic compoundsynthesis on the primitive Earth», *Science* 1959; 130 (3370): 245–251. Antonio Lazcano, Jeffrey L. Bada, «The 1953 Stanley L. Miller experiment: Fifty years of prebiotic organic chemistry», *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 2004; 33 (3): 235–242. William M. Napier, «Pollination of exoplanets by nebulae», *International Journal of Astrobiology* 2007; 6 (3): 223–228. Fred Hoyle, Chandra Wickramasinghe, John Watson, *Viruses from Space and Related Matters*. Wales: University College Cardiff Press, 1986. M A. Line, «Panspermia in the context of the timing of the origin of life and microbial phylogeny», *International Journal of Astrobiology* 2007; 6 (3): 249–254.
- 5.** *Ayaliense*. Periodo de progreso del Antropoceno actual, dominado por la figura de Francisco José Ayala Pereda.
- 6.** **Craig J. Venter**. (n. 1946). Biólogo y empresario estadounidense. Fue presidente fundador de *Celera Genomics*, para arrancar su propio Proyecto Genoma Humano en 1999, al margen del consorcio público, con propósitos comerciales y utilizando la técnica conocida como *shotgun sequencing*. En 2005 cofundó *Synthetic Genomics*, firma dedicada a la manipulación de microorganismos modificados genéticamente para la producción de combustibles alternativos y biorremediación. *Science* 2010; 329 (5987): 52-56.
- 7.** 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 (*Asilomar State Beach*, 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.

8. Genoma mínimo. El más pequeño conjunto de genes que permite la replicación de un organismo en un medio particular. La capacidad de crear un nuevo organismo con un genoma mínimo es aún lejana, pero posible. Existe un amplia brecha tecnológica entre lo que se ha conseguido (definir el número mínimo de genes necesario para la supervivencia de un organismo bajo condiciones permisivas de laboratorio) y crear vida; pero se irá reduciendo. La creación estándar de un genoma mínimo representará un paso decisivo en ingeniería genética hacia la creación de organismos (nuevos y existentes). *Science* 2016; 351 (6280): aad6253.

9. TIGR's J. Craig Venter «takes aim at the big questions», *ScienceWatch* Sept./Oct. 1997. **Richard P. Feynman** (1918-1988). Físico estadounidense cogalardonado —Sin-Itiro Tomonaga (1906-1979) y Julian Schwinger (1918-1994)— con el Premio Nobel de Física 1965 por sus trabajos fundamentales en electrodinámica cuántica con consecuencias trascendentes para la física de las partículas elementales. Su conferencia sobre nanotecnología en el *American Physical Society Annual Meeting*, Caltech, 29 diciembre 1959, es de lectura cuasi obligada («There's plenty of room at the botton», *Journal of the Microelectromechanical Systems* 1992; 1 (1): 60-66). Entre sus libros de divulgación: *Surely You're Joking, Mr. Feynman!: Adventures of a Curious Character*, New York: W.W. Norton & Co. 1895 (Traducción española —¿Está Usted de Broma, Sr. Feynman? Aventuras de un Curioso Personaje tal como le fueron referidas a Ralph Leighton— de Luis Bou para Alianza Editorial, Madrid 1987). *What Do You Care What Other People Think?: Further Adventures of a Curious Character*, New York: W.W. Norton & Co. 1895 (Traducción española —¿Qué Te Importa Lo Que Piensen Los Demás? Nuevas aventuras de un curioso personaje tal como fueron referidas a Ralph Leighton—, de Luis Bou para Alianza Editorial-El libro de bolsillo, Madrid, 2016)

10. Alessia Deglincerti, Gist F. Croft, Lauren N. Pietils, Magdalena Zernicka-Goetz, Eric D. Siggia, Ali H. Brivanlou, «Self-organization of the *in vitro* attached human embryo», *Nature* 2016; 533 (7602): 251-254. Marta N. Shahbazi, Agnieska Jedrusik, Sanna Vuoristo, Gaelle Recher, Anna Hupalowska, Virginia Bolton *et al.* «Self-organization of the human embryo in the absence of maternal tissues», *Nature Cell Biology* 2016; 18 (6): 700-708. Insoo Hyun, Amy Wilkerson, Josephine Johnston, «Embryology policy: Revisit the 14-day rule», *Nature* 2016; 433 (7602): 169-171. M.F. Pera, «Human embryo research and the 14-day rule», *Development* 2017, 114 (11): 1923-25. Sara Reardon, «Human embryos grown in lab for longer than ever before», *Nature* 2016; 533 (7601): 15-16. Rachel L. Wallace, «The 14 day rule: scientific advances and the end of abortion rights», *Journal of Science & Governance* 2017; 11 (1): http://www.sciencepolicyjournal.org/uploads/5/4/3/4/5434385/wallace_2017.pdf. Sonya Levine, Laura Grabel, «The contribution to human/non-human animal chimeras to stem cell research», *Stem Cell Research* 2017; 24: 128-134. Lara C. Pullen, «NIH to lift moratorium on chimera research funding», *American Journal of Transplantation* 2016; 16 (12): 3311-3312. Insoo Hyun, «What's wrong with human/nonhuman chimera research?» *PLOS Biology* 2016; 14 (8): e1002535.

11. Francisco J. Ayala, *Darwin y el Diseño Inteligente*, «Creacionismo y fundamentalismo en Estados Unidos», cap. 8, pg. 163-176. S. Pinar, «Monos, libros y creacionistas», cap. 20, pg. 227-259. R.J. Russell *et al.*, eds., Pope John Paul II, «Message to the Pontifical Academy of Sciences», 22 oct. 1996, pg. 2-9. «Because of his eminence [...] Dr. Ayala “has a bully pulpit”, said Eugenie Scott, who heads the National Center for Science Education, a group that advocates for the teaching of evolution against creationism in public schools. “When Francisco speaks, people listen”», Cordeliana Dean, entrevista: «Roving defender of Evolution, and room for God», *The New York Times*, 29 abril 2008.

12. *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 páncreas. 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. Nick Bostrom, «Human genetic enhancements: a transhumanist perspective», *Journal of 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 Grazie, «Enhancement technologies and human identity», *J Med Phil* 2005; 30: 261-83. https://www.researchgate.net/publication/7709743_Enhancement_Technologies_and_Human_Identity. *GPF Bunny* es un proyecto de Eduardo Kac sobre arte transgénico que busca la creación de un conejo verde-fluorescente —«Alba»—; el proyecto y la integración social de la mascota han generado un debate público inmediato. Utilizando técnicas de biología molecular, Eduardo Kac injertó el gen GPF —*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 *de novo*. Kac explicita que «el arte transgénico debe desarrollarse con gran respeto a la naturaleza y la nueva vida creada». <http://www.ekac.org/>. 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. Las 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. Martínez 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* 1916; 164 (1-2): 18-28).

13. Fundada por el filósofo Gustavo Bueno en 1978 como *Revista de filosofía, ciencias humanas, teoría de la ciencia y de la cultura*, para facilitar la publicación regular de trabajos cuyo

común denominador fuera el estar concebidos desde una perspectiva filosófico-crítica (materialista).

14. American Association for the Advancement of Science, *A Study Guide for the Evolution Dialogues: Science, Christianity and the Quest for Understanding*, Washington DC: AAAS, 2006. *Ibídem*, *Dialogue on Science, Ethics and Religion*, <http://www.aaas.org/DoSER>.

15. Francisco J. Ayala, «Biology precedes, culture transcends: an evolutionist's view of human nature», *Zygon: Journal of Religion and Science* 1998; 33 (4): 507-523.

16. H.R.H. The Prince of Wales, «I would suggest that the whole imposing edifice of modern medicine, for all its breath-taking success, is, like the celebrated tower of Pisa, slightly off balance», *A speech titled Complementary Medicine, The British Medical Association, London, 14th. December 1982*. <https://www.princeofwales.gov.uk/media/speeches/speech-hrh-the-prince-of-wales-titled-complementary-medicine-the-british-medical>.

17. La «medicina traslacional» es un ingrediente de la investigación biomédica. Es una estrategia encaminada a construir la infraestructura necesaria para garantizar que las ideas y los descubrimientos que emergen o se elaboran en los laboratorios lleguen a la clínica a través de procedimientos o de productos, en beneficio de los pacientes. Pretende establecer un diálogo entre los diferentes actores: academia, empresa y clínica. Ver: «Translational research», *Nature* 2008, 453 (7197): 823, 830-831, 838-854.

18. Josghua T. Cohen, Peter J. Neumann & Milton C. Weinstein, «Does preventive care save money? Health economics and the presidential candidates», *The New England Journal of Medicine* 2008, 358 (7): 661-663.

19. Joseph L. Goldstein & Michael S. Brown, «The clinical investigator: bewitched, bothered, and bewildered – But still beloved», *Journal of Clinical Investigation* 1997; 99 (12): 2803-2812. Primera de una serie de discusiones sobre el tema —«Editor's note: It is a difficult time for "physician-scientist"»— en las páginas de *JCI*.

20. «Nadie se atreve a lidiar el toro de la Sanidad». Esta frase de Fernando Abril Martorell (1936-1998) encabezaba una entrevista en la que explicaba y defendía los pormenores de sus propuestas para reformar y salvar a la Sanidad pública española. Van para dieciocho años desde que un equipo de expertos —«Comisión Abril»— por él liderado, sí se atrevió a lidiarla. El resultado fue la publicación de un informe que lleva su nombre (julio 1991), algunas de cuyas conclusiones así como sus 64 recomendaciones, suponen, para muchos, el análisis y las propuestas más serias que se han hecho hasta ahora de nuestra Sanidad. Desde entonces, de manera recurrente y cada vez con más frecuencia, se alzan voces denunciando idénticos problemas. Nada se ha hecho—el «informe» fue víctima de la demagogia—, pero el «Sistema» sigue «funcionando». Aigail Zuger, «Dissatisfaction with medical practice», *The New England Journal of Medicine* 2004, 350 (1): 69-75.

21. Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America; L.T. Kohn, J.M. Corrigan & M.S. Donaldson, eds., *To Err Is Human: Building a Safer Health System*, Washington, D.C.: National Academies Press, 2000. <https://www.nap.edu/download/9728>. En los hospitales muere un número significativo de pacientes por errores médicos. Saurabh Jha, «To err is homicide in Britain», *www.medscape.com* 2018, feb. 06.

22. Richard Hodson, suppl. Ed., «Nature Outlook: The future of medicine», *Nature* 2018; 555 (7695): S1-S29. Eric Topol, *The Creative Destruction of Medicine. How the Digital Revolution Will*

Create Better Health Care, New York: Basic Books, 2012. Eric Topol, *The Patient Will See You Now. The Future of Medicine Is in Your Hands*, New York: Basic Books, 2015. Melissa Majerol, William Carrol & Sally Fingar, «Smart medicaid. Leveraging cognitive technologies to improve health and program efficiencies», *Deloitte Insights*, 2017.

23. Holly Richmond, «Is “ethical smartphone” an oxímoron?» *Center for Digital Ethics & Policy*, March 28th, 2016; <http://www.digitalethics.org/essays/ethical-smartphone-oxymoron/>.

Referencias

Nicholas Agar, *Liberal Eugenics: In Defence of Human Enhancement*, MA, USA: Blackwell Pub., 2004.

Fritz Allhoff, Patrick Lin, James Moor & John Weckert, *Ethics of Human Enhancement: 25 Questions & Answers*, US National Science Foundation, 2009; http://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontnt.cgi?article=1000&context=phil_fac.

American Association for the Advancement of Science, *Project 2061. Science for All Americans*, New York/Oxford: Oxford University Press, 1990.

Richard P. Anderson, «Thoracic surgery at century's end», *Annals of Thoracic Surgery* 1999; 67: 897–902.

Leroy Augenstein, *Come, Let Us Play God*, New York: Harper & Row, Publishers, 1969; pg. 146.

John C. Avise & Francisco J. Ayala, «In the Light of Evolution I: Adaptation and complex design», “Introduction” to Arthur M. Sackler Colloquium of the National Academy of Sciences, “In the Light of Evolution I: Adaptation and complex design”, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 2007; 104 (suppl. 1): 8563-8566.

Francisco J. Ayala, «Síntesis artificial de vida», *Ideales* (Salamanca, Spain) 1956; pg. 52-54.

Francisco J. Ayala, «Tratado del Verbo Encarnado», F.B. Viejo, dir., *Suma Teológica de Santo Tomás de Aquino*, Edición bilingüe, Madrid: La Editorial Católica, S.A.-Biblioteca de Autores Cristianos, 1960; t. XI.

Francisco J. Ayala, «The concept of biological progress», F.J. Ayala & T. Dobzhansky, eds., *Studies in the Philosophy of Biology*, Berkeley, CA USA: University of California Press, 1974; pg. 339-355. Edición española —«El concepto de progreso biológico», *Estudios Sobre Filosofía de la Biología*— por Carlos Pijoan Rorge, Barcelona: Editorial Ariel, S.A., 1983; cap. 19, pg. 431-451.

Francisco J. Ayala, *Darwin and Intelligent Design*, Minneapolis: Augsburg Fortress Press, 2006. Edición española —*Darwin y el Diseño Inteligente. Creacionismo, Cristianismo y Evolución*— por Miguel Ángel Coll, Madrid: Alianza Editorial, S.A., 2007.

Francisco J. Ayala, «Darwin’s greatest discovery: Design without designer», Arthur M. Sackler Colloquium of the National Academy of Sciences, “In the Light of Evolution I: Adaptation and complex design”, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 2007; 104 (suppl. 1): 8567-8573.

Francisco J. Ayala, «The difference of being human: Morality», Arthur M. Sackler Colloquium of the National Academy of Sciences, “In the Light of Evolution IV: The Human Condition”, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 2010; 107 (suppl. 2): 9015-9022.

Francisco J. Ayala, «What the biological sciences can and cannot contribute to ethics», F.J. Ayala & R. Arp, eds., *Contemporary Debates in Philosophy of Biology. Contemporary Debates in Philosophy 12*, Malden, MA, USA: Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 2010; part IX – Can the biological sciences act as a ground for ethics?, cap. 18, pg. 316-341.

Francisco J. Ayala, «Cloning human? Biological, ethical, and social considerations», Arthur M. Sackler Colloquium of the National Academy of Sciences, “In the Light of Evolution IX: Clonal reproduction: Alternatives to sex”, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2015; 112 (29): 8879-8886.

Francisco J. Ayala, *¿Clonar Humanos? Ingeniería Genética y Futuro de la Humanidad*, Madrid: Alianza Editorial-Alianza Ensayos, 2017.

Francisco J. Ayala & Robert Arp, eds., «General Introduction», *Contemporary Debates in Philosophy of Biology. Contemporary Debates in Philosophy 12*, Malden, MA, USA: Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 2010; pg. 1-11.

N. Bischof, «On the phylogeny of human morality», G.S. Stent, ed., *Morality as a Biological Phenomenon. The Presuppositions of Sociobiological Research*, Berkeley, CA USA: University of California Press, 1980; pg. 48-66.

Niels H.D. Bohr, «Light and life», *Nature* 1933; 131 (3308, 3309): 421-423, 457-459. Galardonado con el Premio Nobel de Física 1922 «por sus investigaciones de la estructura de los átomos y de la radiación que emana de ellos».

Sheilah Britton & Dan Collins, eds., *The Eighth Day. The Transgenic Art of Eduardo Kac*, Tempe, AZ: The Institute of Studies in the Arts, Arizona State University, 2003.

Ewen Callaway, «News in Focus: Race to design life heats up. Craig Venter’s minimal-cell triumph come as the CRISPR gene-editing method provides alternative ways to tinker with life’s building blocks», *Nature* 2016; 531 (7596): 557-558.

Antônio A. Cançado Trindade, «Prefacio», *Escuela Ibérica de la Paz. La Conciencia Crítica de la Conquista y la Colonización de América: 1511-1694*, Pedro Calafate Villa-Simoens y Ramón E. Mandado Gutiérrez, ed., Santander: Editorial Universidad de Cantabria, 2014; pg.

Camilo J. Cela Conde, «Los niveles de lo moral», *De Genes, Dioses y Tiranos. La determinación Biológica de la Moral*, Madrid: Alianza Editorial, S.A./Alianza Universidad 422, 1985; cap. 1, pg. 15-35.

Camilo J. Cela Conde, «On the phylogeny of human morality (ten years later)», *Human Evolution* 1990; 5 (2): 139-151.

Camilo J. Cela Conde & Francisco J. Ayala, «El origen del lenguaje», *Senderos de la Evolución Humana*, Madrid: Alianza Editorial, S.L./Alianza Ensayo 188, 2001; cap. 10; pg. 483-515.

Camilo J. Cela-Conde & Gisele Marty, «Beyond biological evolution: mind, morals, and culture», R.J. Russell, W.R. Stoeger, S.J. & F.J. Ayala, eds., *Evolution and Molecular Biology. Scientific Perspectives on Divine Action*, Vatican City State: Vatican Observatory Publications & Berkeley, CA, USA: Center for Theology and the Natural Sciences, 1998; part IV – Biology, ethics, and the problema of evil, pg. 445-489.

Mildred K. Cho, David Magnus, Arthur L. Caplan, the Ethics of Genomics Group, «Ethical considerations in synthesizing a minimal genome», *Science* 1999; 286 (5447): 2087-2090.

Mildred K. Cho & David A. Relman, «Synthetic “life”, ethics, National security, and Public discourse», *Science* 2010; 329 (5987): 38-39.

Jingyao Dai, Xiaofei Wang & Francisco J. Ayala, «Viewpoint. Innovations in health care delivery: Medical informatics and the “Three long, one short” problem of large urban hospitals in China», *The Journal of American Medical Association* 2016; 316 (3): 269-270.

Charles Darwin, *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*, facsímil de la 1ª ed. 1859, New York: Athenaeum, 1967. Edición española —*El Origen de las Especies por Medio de la Selección Natural*— Introducción de Francisco J. Ayala, traducción de Antonio de Zulueta, Madrid: Catarata/CSIC/UNAM/AMC, 2009.

Ibidem, *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*, London: Murray, 1871. Traducción y edición de Joandomènec Ros y epílogo de Carles Lalueza-Fox, *El Origen del Hombre*, Barcelona: Edito Crítica, S.L. - Clásicos de la Ciencia y la Tecnología / Fundación Jorge Juan, 2009.

Theodosius Dobzhanski, «Nothing in biology makes sense except in the light of evolution», *American Biology Teacher* 1973; 35: 125-129.

Willem B. Drees, «Evolutionary naturalism and religion», R.J. Russell, W.R. Stoeger, S.J. & F.J. Ayala, eds., *Evolution and Molecular Biology. Scientific Perspectives on Divine Action*, Vatican City State: Vatican Observatory Publications & Berkeley, CA, USA: Center for Theology and the Natural Sciences, 1998; part III – Religious interpretations of biological themes, pg. 303-328.

Claudia Dreifus, «A Conversation with: Francisco J. Ayala», *The New York Times*, April 27, 1999.

Entrevista «con Francisco J. Ayala», *El Basilisco* (1983); 15 (marzo-agosto): 78-89.

Entrevista, «TIGR’s J. Craig Venter takes aim at the Big Questions», *ScienceWatch* 1997; 8 (5): 3-4; <http://www.histrecmed.fr/images/pdf/1997%20CraigVenter.pdf>.

José L. Espinel, O.P., *San Esteban de Salamanca. Historia y Guía (Siglos XIII-XX)*, Salamanca: Editorial San Esteban (Biblioteca Dominicada 24), 1995.

Heinz Fraenkel-Conrat & Robley C. Williams, «Reconstitution of active Tobacco Mosaic Virus from its inactive protein and nucleic acid components», *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 1955; 41 (10): 690–698.

Herbert L. Fred, «Hyposkillia: Deficiency of clinical skills», *Texas Heart Institute Journal*, 2005, 32 (3): 255-257. John Naisbitt, Nana Naisbitt & Douglas Philips, *High Tech High Touch: Technology and Our Accelerated Search for Meaning*, London: Nicholas Brealey Publishing, 1999.

Pedro García Barreno, «High-Tech Low-Touch», *Biotech* 2009; 11: 62-64.

Daniel G. Gibson [...] & J. Craig Venter, «Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome», *Science* 2010; 329: 52-56.

Geoffrey C. Hazard Jr., «Law, Morals, and Ethics», Yale Law School Faculty Scholarship, *Faculty Scholarship Series*, paper 2372; http://digitalcommons.law.yale.edu/fss_papers/2372.

Clyde A. Hutchison III [...] & J. Craig Venter, «Global transposon mutagenesis and a minimal mycoplasma genome», *Science* 1999; 286 (5447): 2165-2169.

Clyde A. Hutchison III [...] & J. Craig Venter, «Design and synthesis of a minimal bacterial genome», *Science* 2016; 351 (6280): 1414, aad6253-1 – aad6253-11.

Melissa Majerol, William Carroll & Sally Fingar, «Smart Medicaid. Leveraging cognitive technologies to improve health and program efficiencies», *Deloitte Insights*, Deloitte Development LLC, 2017.

Henry L. Menken, *Minority Report - H.L. Mencken's Notebooks*, New York: Knopf, 1956.

Nancey Murphy, «Supervenience and the nonreducibility of ethics to biology», R.J. Russell, W.R. Stoeger, S.J. & F.J. Ayala, eds., *Evolution and Molecular Biology. Scientific Perspectives on Divine Action*, Vatican City State: Vatican Observatory Publications & Berkeley, CA, USA: Center for Theology and the Natural Sciences, 1998; part IV – Biology, ethics, and the problema of evil, pg. 463-445-462.

National Academy of Sciences-Committee of Human Rights & Institute of Medicine-Committee on Health and Human Rights, *Scientists and Human Rights in Somalia – Report of a Delegation*, Washington, D.C.: National Academy Press, 1988.

Susana Pinar García, *De Dios y Ciencia. La Evolución de Francisco J. Ayala*, Madrid: Alianza Editorial, S.A., 2016.

Michael Polanyi (n. Pollacsek Mihály), «Life's irreducible structure», *Science* 1968; 160 (3834): 1308-1312.

Robert John Russell, William R. Stoeger, S.J. & Francisco J. Ayala, eds., *Evolutionary and Molecular Biology. Scientific Perspectives on Divine Action*, Vatican City State: Vatican Observatory Publications & Berkeley, CA: Center for Theology and Natural Sciences, 1998.

Erwin Schrödinger, *What is Life?* Cambridge University Press, 1944. Edición española —¿Qué es la Vida?— por Ricardo Guerrero, Barcelona: Editorial Avance, S.A. (Teoría 6), 1976. Erwin Schrödinger fue cogalardonado junto con Paul A. M. Dirac, con el Premio Nobel en Física 1933 «por el descubrimiento de nuevas ideas provechosas para la teoría atómica».

Pierre Teilhard de Chardin, *Le Phénomène Humain*, Paris: Editions du Seuil, 1955. Edición española —*El Fenómeno Humano*— por M. Crusafont Pairó, Madrid: Taurus Ediciones, S.A., 1974.

Eric Topol, *The Creative Destruction of Medicine. How the Digital Revolution Will Create Better Health Care*, New York: Basic Books, 2012.

Charles Van Hise, University of Wisconsin President (1903-1918), «1905 Address»; <https://www.wisc.edu/pdfs/VanHiseBeneficentAddress.pdf>

Alexander J. Walt, *Reflections*, Detroit: Wayne State University Press, 1999.

David Weatherall, *Science and the Quiet Art. Medical Research and Patient Care*, Oxford: Oxford University Press, 1995; pg. 348.