Capítulo II

Eugenesia liberal y mejora de capacidades humanas mediante tecnologías convergentes

Miguel Moreno Muñoz

1. El programa eugenésico clásico, las teorías hereditaristas de la inteligencia y las tecnologías del ADN recombinante

El auge de las ideas eugenésicas, en sus diversas etapas, ha ido asociado al desarrollo gradual de los conocimientos sobre la herencia de rasgos relativamente simples en los seres vivos. La tentación de extrapolar ese conocimiento a características más complejas resultó siempre poderosa, acrecentada con cada hallazgo que pudiera dar plausibilidad científico-técnica a sueños y mitos ancestrales. El desarrollo incipiente de la genética mendeliana favoreció toda suerte de especulaciones, la mayoría delirantes, y generalizó una confianza casi ciega en el poder de las intervenciones socialmente planificadas para *mejorar la calidad de la raza humana*.[1] Científicos e intelectuales de prestigio lograron convencer a un público escasamente informado de que regular los apareamientos y manipular la dotación hereditaria de individuos y grupos era el cauce más adecuado para resolver los graves problemas sociales que tanto preocupaban a los líderes de los movimientos eugenésicos a comienzos del siglo XX.

Sir Francis Galton (1822-1911) propuso a finales del siglo XIX un programa al que llamó «eugenesia» (del gr. εῦ [bien] y γένεσις [origen, generación o nacimiento]), cuyo objetivo era “dar a las razas más convenientes o linajes de sangre mejor dotados una mayor oportunidad de prevalecer rápidamente sobre los demás”.

[1] Cfr. Kevles, 1993, p. 4.

preprint

Sus ideas tuvieron amplia aceptación entre profesionales, médicos e intelectuales reconocidos –H. Goddard, Ch. Davenport– y ciertos sectores del público, normalmente ciudadanos blancos de clase media en Estados Unidos, Inglaterra y Alemania, sobre todo. La *American Eugenics Society* (1923) tuvo como objetivo fundacional promover las ideas de Galton.

Hacia los años veinte, en plena crisis económica y social de posguerra, los eugenistas se afanaban por prevenir la degeneración social que percibían en la sociedad industrial urbana. Consideraban el crimen, el chabolismo[2] y la proliferación de enfermedades síntomas de patologías sociales que atribuían, en primer lugar, a causas biológicas o *de sangre*. La pobreza no era para ellos el resultado de escasas oportunidades educativas o económicas, sino de las ínfimas capacidades morales e intelectuales de los pobres, derivadas de una biología defectuosa[3].

Los eugenistas buscaban el modo de intervenir sobre rasgos hereditarios relacionados con el temperamento y la conducta para erradicar el alcoholismo, la prostitución, la criminalidad y la pobreza. Tenían un interés especial por las enfermedades mentales, asociadas a muchas conductas socialmente dañinas y fáciles de identificar con los recientemente inventados tests de inteligencia.

Entre las aplicaciones más aberrantes de las ideas eugenésicas figuran las leyes de esterilización obligatoria (algunas vigentes en países europeos hasta los años ochenta) y el programa de política racial (*biopolítica*) desarrollado por los ideólogos de la Alemania nazi.[4]

preprint

[2] *Chabolismo* es equivalente a los cinturones urbanos de miseria o conjunto de chozas como sistema de vivienda.

[3] Cfr. Kevles, 1992.

[4] Weikart, 2004.

En la década de los años veinte, unos doce estados norteamericanos tenían leyes eugenésicas de esterilización obligatoria. Permitían a las prisiones estatales y a otras instituciones realizar vasectomías o ligaduras de trompas en presos epilépticos, dementes u oligofrénicos, especialmente si habían sido encarcelados por delitos sexuales[5]. Hacia 1941, unas 36.000 personas habían sido esterilizadas en los Estados Unidos bajo varios programas eugenésicos estatales[6].

Desde 1953 y hasta finales de los años setenta, el programa eugenésico se benefició de los avances en biología molecular y genética de la conducta, estimulado por el auge de las teorías hereditaristas de la inteligencia. A partir de 1973, las tecnologías del ADN recombinante desarrolladas por los pioneros de la ingeniería genética hacían viable la posibilidad de intervenciones correctoras directamente en el nivel del ADN, para modificar la acción de genes individuales. El viejo sueño de modificar a voluntad el fenotipo humano (incluyendo rasgos conductuales complejos) mediante *cirugía genética de precisión* parecía, por fin, hecho realidad.

preprint

2. De la genómica a la convergencia de tecnologías NBIC

En la actualidad, el potencial combinado de las tecnologías reproductivas, la clonación y los diversos métodos de diagnóstico derivados de los últimos desarrollos en genómica y proteómica, aporta nuevos escenarios de posibilidades para los programas eugenésicos en el contexto de las políticas de salud pública. Los métodos de control social han sido reemplazados por las

[5] La Corte Suprema las declaró constitucionales en 1927 (*Buck v. Bell*). California era el estado líder, superando en 1930 la cantidad de gente esterilizada en todos los demás estados.

[6] Kevles, 1993: 6-11.

posibilidades de acceso individual a un mercado de tecnologías y *servicios reprogenéticos* fácilmente instrumentalizables con fines eugenésicos, donde el único límite estaría en la capacidad adquisitiva de los interesados.[7]

Sin embargo, persisten muchas inercias en la reflexión especulativa sobre eventuales impactos sociales de la ingeniería genética y los posibles derroteros de la evolución humana. Una bastante común es la tendencia a esperar de intervenciones directas y discretas en el genoma humano la corrección de deficiencias genéticas asociadas a enfermedades complejas o anomalías conductuales, sustentadas en enfoques mecanicistas que reducen de modo inaceptable "…la biología a las leyes de la física y la química, el organismo a programa, la conducta a genes, la vida a reproducción, la mente a materia y la cultura a biología".[8]

Las limitaciones de los modelos reduccionistas en biología molecular han quedado de manifiesto en los ensayos clínicos orientados al desarrollo de terapias génicas para corregir desórdenes metabólicos e inmunológicos graves. El claro fracaso de los primeros enfoques sobre las posibilidades de la terapia génica y el lento desarrollo de los últimos ensayos con alguna perspectiva de aplicación clínica[9] aconseja ser muy críticos con cualquier reflexión poco disciplinada sobre las posibilidades actuales de intervención en la línea somática o germinal humana, sea con fines de diagnóstico y selección de rasgos deseables o con objetivos expresos de corrección y mejora genética.[10] Todas las opciones técnicas disponibles entrañan riesgos y costes

preprint

[7] Silver, 1998.

[8] Kaye, 1986: 278.

[9] Goding *et al*., 2007.

[10] Omuro, Faivre, Raymond, 2007.

significativos,[11] suficientes para obstaculizar su estandarización e incorporación al arsenal de técnicas clínicas o reproductivas rutinarias.

En consecuencia, parece más razonable situar en la convergencia de tecnologías NBIC (nano-bio-info-cognitivas) el horizonte de posibilidades terapéuticas y de mejora humana que hasta hace poco acaparaban las biotecnologías reproductivas. Las neurociencias y sus aplicaciones abren posibilidades de monitorización y control de la conducta humana –incluyendo procesos básicos de atención, memoria y respuesta emocional– que exceden con mucho las expectativas de eficacia y seguridad depositadas hasta hace poco en las intervenciones genéticas sobre línea germinal o somática. La combinación de tecnologías de la información, robótica, inteligencia artificial y dispositivos nanotecnológicos configura un dominio muy versátil de aplicaciones novedosas en biomedicina, de gran potencial para todas las áreas de conocimiento e ingeniería afines. A gran escala, la aplicación de los desarrollos y beneficios combinados de las tecnologías NBIC sólo podría tener consecuencias apreciables sobre el curso de la evolución humana si, paralelamente, se consolidan y potencian las estructuras sociales de cooperación política, tecnológica, económica y sanitaria que mejor han contribuido a reducir la vulnerabilidad de los seres humanos en los países desarrollados. Estos mecanismos institucionalizados de cooperación social son los que han facilitado el acceso generalizado de la población a tecnologías sanitarias que, en otras condiciones, resultarían prohibitivas para la mayoría. Y ha sido el acceso mayoritario de la población a tecnologías y servicios sociales básicos (educación, programas de salud pública y cobertura sanitaria, agua

preprint

[11] Kaiser, 2007.

potable, vivienda saludable, condiciones de trabajo dignas, etc.) lo que más ha contribuido a la "mejora social" y a reducir la vulnerabilidad humana en aspectos muy literales. De entrada, por tanto, son muchos los elementos que aconsejan reforzar las infraestructuras básicas de cooperación social frente a cualquier programa de mejora sustentado en la difusión de unas pocas tecnologías más o menos avanzadas.

3. Escaso rigor y persistencia del programa eugenista

Pocas investigaciones eugenésicas sobre la herencia humana llegaron a tener valor y rigor científico. Los científicos eugenistas combinaban la teoría mendeliana con especulaciones temerarias y explicaciones simplificadoras, en términos de genes singulares mendelianos, sin prestar atención al hecho de que muchos rasgos están influenciados por más de un gen.[12] Desdeñaron las influencias ambientales, culturales y económicas sobre las capacidades mentales. Y rasgos como las categorías conductuales de Davenport eran vagos o absurdos, surgidos más bien de prejuicios de clase y raza[13]. No obstante, sus ideas pueden considerarse expresión de una actitud muy persistente entre la comunidad científica: la tendencia a buscar explicaciones deterministas y simplificadoras para fenotipos y conductas humanas complejas, dejando al margen los factores causales de naturaleza social o cultural.

preprint

[12] La *poligenia* (interacción de varios genes para formar un solo fenotipo) y la *pleiotropía* (influencia de un gen en varios rasgos fenotípicos) eran fenómenos bien conocidos en las primeras décadas del siglo XX. Entre 1908 y 1915, Thomas Hunt Morgan (1866-1945) y sus colaboradores demostraron experimentalmente, con moscas *Drosophila melanogaster,* que no existe una relación biunívoca entre genes y rasgos fenotípicos, y que los genes no actúan de manera aislada, sino combinando sus efectos.

[13] Kevles, 2001 y 1993:11-12.

Los programas eugenésicos y las teorías hereditaristas de la inteligencia compartían una agenda socio-política de corte meritocrático, cuyo aliado natural a partir de los años sesenta parecía ser la genética de la conducta. Paradójicamente, las investigaciones en genética de la conducta[14] y etología[15] han obligado a revisar los postulados deterministas y la metodología empleada por los eugenistas, contribuyendo a reforzar el valor de las intervenciones sociales (educativas, sanitarias, culturales, etc.) para mejorar las capacidades de aprendizaje, las oportunidades, el bienestar y la salud de una población, pese a las diferencias iniciales –genéticas, familiares, económicas o sociales– entre sus individuos.

La investigación genómica y epigenómica sigue poniendo de manifiesto la complejidad de los procesos relacionados con la transcripción y expresión del material genético, sus funciones y niveles de interacción, para rasgos fenotípicos simples.[16] Un análisis detenido de sus resultados y aportaciones pone de manifiesto que el debate sobre la influencia de los factores hereditarios en la inteligencia y otras capacidades cognitivas siempre ha tenido más elementos ideológicos o políticos que científicos.[17] Decidir si los recursos educativos deben prestar atención especial a los niños con dificultades de aprendizaje para reducir brechas sociales es una cuestión de política social, no de genética de la conducta. Esta disciplina quizás podría ayudar a mejorar estrategias comunes en los procesos de enseñanza-aprendizaje, adaptándolas a individuos con ciertos condicionantes de partida; pero su instrumentalización para justificar el recorte en

preprint

[14] Plomin, 1990; Lesch, Plomin *et al*., 2003.

[15] Eibl-Eibesfeldt, 1993.

[16] Cho et al., 2007; Tang, Ho 2007; Anway, Skinner 2006.

[17] López Cerezo y Luján López, 1989.

gastos sociales destinados a educación especial o medidas compensatorias, resulta abusiva.

Aunque entre clase social e inteligencia puedan establecerse correlaciones, de ellas no se sigue que nuestra sociedad se organiza en clases *porque* existen diferencias de cociente intelectual (CI) entre sus miembros. Por más que el CI fuese altamente heredable y las correlaciones entre clase social e inteligencia indiscutibles, no habríamos probado que esta sociedad sea una meritocracia natural que ofrece iguales oportunidades para todos.

Presentar los problemas sociales como efecto de causas genéticas hereditarias no resulta inocente. Con ello adquieren el perfil de lo innato e inalterable, contra lo que nada puede hacerse. Pero, sobre todo, disminuye el valor de múltiples proyectos políticos que confían en la eficacia de las intervenciones ambientales (educativas, sanitarias, sociales) como el cauce más sensato para reducir de manera equitativa la vulnerabilidad en los grupos humanos[18].

Los prejuicios eugenistas nunca desaparecen por completo, ni se vinculan de por vida a un ámbito de desarrollo tecnológico como la genética: resurgen con más o menos fuerza en función de cambios sociales, económicos, políticos y científicos. Las sociedades autoritarias son su mejor caldo de cultivo, como también los escenarios de crisis social y económica que favorecen visiones catastrofistas, obsesionadas en particular con el predominio de clases, la fertilidad disgenésica y el declive de la inteligencia en las poblaciones humanas.[19]

Desde 1920 hasta hoy, coincidiendo casi siempre con períodos de crisis económica y social, se han venido sucediendo cíclicamente planteamientos similares. Cuando escasean los recursos para la cooperación social, las

[18] Moreno, 1995: 46-47.

[19] Lynn, Harvey 2007.

preprint

situaciones de marginación, pobreza y desempleo en grandes sectores de la población tienden a ser consideradas irreversibles. Tales escenarios constituyen el terreno abonado para una amplia aceptación de opiniones que sitúen en lo biológico, en lo genético o en la raza las causas de la marginación, el desempleo, la pobreza, la delincuencia y el bajo rendimiento escolar.[20] Muchas disciplinas (genética, neurobiología, sociobiología, etología, demografía, ética evolutiva y ambiental…) son fáciles de instrumentalizar para dar barniz pseudo-científico a planteamientos ideológicos antisociales. Sin contrapesos culturales, filosóficos y políticos, el vigor de las teorías eugenésicas está asegurado.[21]

preprint

4. ¿Qué es la eugenesia liberal?

Son numerosos los autores interesados en el debate sobre la eugenesia liberal que, con diversos matices, comparten elementos básicos y han ofrecido propuestas más o menos.[22] Uno de los autores que más ha trabajado la relación entre eugenesia y técnicas de ingeniería genética en humanos es Nicholas Agar. Define la 'eugenesia liberal' como *el derecho de los padres a elegir ciertas características para sus hijos, a través del empleo de tecnologías genéticas.* Considera este derecho una ampliación natural de libertades reproductivas cada vez más reconocidas en el mundo desarrollado. A diferencia de los programas eugenistas de la primera mitad del siglo XX, la eugenesia liberal no viene impuesta coercitivamente por el estado con el fin de mejorar la estirpe humana. Agar adopta una óptica presuntamente liberal y pluralista, convencido de que los enfoques utilitaristas y deontologistas “se ven

[20] Gerodetti, 2006.

[21] Lynn, Harvey 2007.

[22] Fletcher, 1974; Parens, 1998; McGee, 2000; Buchanan et al., 2000; Stock, 2002.

forzados a elegir entre el absurdo o el silencio cuando abordan las tecnologías de mejora".[23] Su propuesta está más cercana al liberalismo de libre mercado que a cualquier antecedente histórico de ingeniería social.

Para autores como Habermas, la "eugenesia liberal "no reconoce ninguna frontera entre intervención terapéutica e intervención perfeccionadora y [...] deja que sean las preferencias individuales de los participantes en el mercado las que elijan los objetivos de la modificación de [rasgos] característicos".[24] La consistencia de todas las propuestas favorables a la eugenesia liberal descansa sobre el *optimismo pragmático* (*OP*) como postulado común, concretado por Agar con cierto detalle. Según Agar, el optimismo pragmático nos ayuda *a dejar a un lado los inconvenientes técnicos o prácticos, e imaginar un escenario futuro en el que las tecnologías genéticas hayan sido perfeccionadas*. Pertrechados de candidez epistemológica gracias al *OP*, estaremos en condiciones de dar el salto especulativo que permitiría "un análisis lúcido de las grandes cuestiones", prescindiendo de "incómodos aspectos prácticos". El *OP* equivale a una especie de "licencia para especular", como si para identificar nuevos dilemas y clarificar temas importantes fuese preciso prescindir de las restricciones asociadas a un pensamiento disciplinado y cabal. El *OP* acerca de las técnicas de clonación por transferencia de núcleos de células somáticas a óvulos enucleados, por ejemplo, podría alterar nuestra percepción del potencial genético y del estatus moral de los embriones obtenidos.

La invitación a aceptar de entrada el *OP* sirve de artificio a Agar y otros autores no sólo para entrar en el juego de una argumentación en ocasiones delirante,

[23] Agar, 2004: 42.

[24] Habermas, 2003: 32-33.

preprint

sino sobre todo para facilitar un escape airoso ante los obstáculos técnicos –y éticos– que, de momento, hacen poco plausible un acceso generalizado a las tecnologías genéticas. Agar parece más preocupado por las reticencias de la comunidad académica a entrar en el juego de experimentos mentales y prospectiva tecnológica que por las barreras morales y jurídicas que impiden hoy la experimentación genómica con fines de mejora. Vaticina que serán superadas en el futuro "no por un debate razonado o acuerdo social, sino por científicos que, soterradamente, trabajan fuera de las limitaciones éticas".[25]

Agar utiliza un segundo recurso filosófico, equivalente al *razonamiento por analogía*, que consiste en analizar los problemas a través de *imágenes morales*.[26] Se parte de una práctica bien conocida, que evoca reacciones morales en las que confiamos, elegida por su similitud con la práctica novedosa y moralmente problemática. Aplica principios morales usuales en las intervenciones terapéuticas actuales a modificaciones genéticas correctoras o perfectivas, que pueden eliminar deficiencias o rasgos asociados a enfermedades en un embrión. Si estas técnicas benefician al embrión, serían asimilables a otras medidas que ya utilizamos para evitar conductas potencialmente dañinas para el feto en desarrollo (seguir estilos de vida saludables durante el embarazo, no ingerir alcohol ni consumir tabaco, etc.).

Agar equipara las mejoras genéticas a otros procedimientos de crianza (*nurture*) ampliamente aceptados para dotar a los hijos de un entorno que pueda beneficiarles y enriquecer sus capacidades. Considera que esta liberad sería extensible al uso de las tecnologías genéticas con idénticos fines, aunque se trate de vías distintas. Por otra parte, si las *combinaciones genéticas*

[25] Agar, 2004: 20-38.

[26] Agar, 2004: 39-131.

preprint

favorables ocurren *de forma natural* en muchos casos, no habría obstáculos morales para intentar obtenerlas mediante técnicas de ingeniería genética en otros.[27]

El efecto de estas analogías es mostrar cómo se difuminan las fronteras convencionales entre terapia y mejora, puesto que para un partidario de la eugenesia liberal responden al mismo objetivo: mejorar las características de la descendencia. Optar por intervenciones ambientales o por técnicas de ingeniería genética resulta irrelevante cuando se trata de proporcionar a la descendencia las mejores oportunidades. Pero si ambas pueden ofrecer beneficios idénticos a padres y a hijos, "el lastre histórico negativo sobre las técnicas genéticas y los prejuicios que acompañaron sus aplicaciones sociales no debería empañar la posibilidad de un nuevo equilibrio".[28]

El problema de los argumentos por analogía es que se prestan a disminuir la profundidad y el rigor del análisis. El *OP* que sugiere Agar se torna ingenuo cuando imagina que un consentimiento informado de calidad, con información apropiada y suficiente, bastaría para asegurar que los padres puedan, de manera autónoma, razonada, consciente y voluntaria, actuar sensatamente si optan por recurrir a las biotecnologías para modificar el genoma de su progenie. Precisamente por analogía con lo que ocurre en la actualidad, sería cuestionable una confianza tan ciega en los mecanismos del libre mercado para regular el consumo de productos genéticos. La posibilidad de que incluso en un futuro "pragmáticamente optimista", las modificaciones genéticas ingenieriles tengan consecuencias indeseables abre la puerta a la exigencia de responsabilidades por parte de quienes autorizaron y realizaron el

[27] Agar, 2004: 88-110.

[28] Agar, *ibid*.

preprint

procedimiento (reguladores, padres y terapeutas o ingenieros genéticos), una rendición de cuentas que no podemos exigir a la naturaleza.

El consentimiento informado de los padres no garantiza actuaciones ni elecciones sensatas, como prueba el aumento imparable de la obesidad infantil y en adultos, precisamente cuando el entorno cultural y mediático está proporcionando más información que nunca sobre los riesgos sanitarios asociados a la obesidad y los aspectos nutricionales que es preciso conocer para seguir una dieta saludable. Los numerosos estudios sobre la conducta de los consumidores invitan a cualquier cosa menos a confiar en que un contexto de libre mercado para tecnologías genéticas, médicas o estéticas lleve por sí solo a una racionalidad generalizada en las decisiones.

El recurso al diagnóstico prenatal es ya rutinario o está médicamente indicado en las primeras fases del embarazo bajo muchos supuestos, un hecho que ha cambiado decisivamente el horizonte reproductivo socialmente aceptado y ha generado una presión social considerable para descartar fetos con anomalías o características indeseables bajo diversos criterios, la mayoría estrictamente médicos. En su perspectiva liberal, Agar es reacio a admitir un riesgo de pendiente resbaladiza en el recurso al diseño genético, aunque sí aceptaría algún nivel de control estatal para minimizar el riesgo de elecciones insensatas, perjudiciales o de alto riesgo para la descendencia.[29]

Las propuestas de Agar tienen su marco natural en las democracias liberales de occidente con sistemas normativos robustos y garantistas, pero resultarían inquietantes en regímenes autoritarios o democracias poco consolidadas. Agar pasa muy por encima las críticas contra la nueva eugenesia de autores como

[29] Agar, 2004: 149.

preprint

Habermas,[30] que ve en ella una amenaza contra la integridad de la especie y la autonomía genómica (derecho a no ser objeto de alteraciones en el propio genoma sin consentimiento informado), suficiente para situarnos en un plano inclinado hacia la "instrumentalización mercantilista de la humanidad". En general, Agar abusa del *OP* y no aborda los problemas éticos con detalle, por lo que su propuesta parece hecha más bien con fines de anticipación y esclarecimiento de problemas, sin ánimo de confrontación, antes de que el avance tecnológico nos obligue a ello. En algunos aspectos su propuesta resulta clara, hasta cierto punto coherente y aporta elementos útiles para el debate bioético; pero resulta incompleta en otros y le falta amplitud de enfoque, con una atención excesiva a las biotecnologías reproductivas que parece ignorar tanto sus limitaciones como el potencial de otras áreas muy dinámicas del desarrollo tecnológico –neurociencias, en particular– y de las intervenciones ambientales con propósitos similares de mejora.

preprint

5. Obstáculos previsibles para un libre mercado de tecnologías genéticas de mejora humana

Durante la primera mitad del siglo XX, el paso de la *eugenesia positiva no coactiva* (intervención en los mecanismos de la herencia o en la selección de pareja para conseguir una mejor descendencia) a la *eugenesia negativa coercitiva* (eliminación de los individuos biológicamente inferiores para mejorar las cualidades de la raza humana) se hizo sobre un trasfondo de prejuicios sociales, precariedad metodológica y lagunas de conocimiento científico que hoy nos resulta escandaloso.

[30] Habermas, 2003.

En los niveles actuales de conocimiento sobre el genoma humano y sus funciones, el recurso a técnicas de ingeniería genética para rediseñar individuos con cualidades mejoradas a la carta es una quimera, además de una imprudencia. Por esta razón resultan provocadoras las posiciones afines al *OP* de Nicholas Agar –y, en general, todas las que defienden el derecho de los padres a elegir ciertas características para sus hijos, mediante el empleo de tecnologías genéticas–,[31] a menos que se planteen en un escenario imaginario donde hayan quedado superadas las limitaciones y riesgos de las técnicas que hoy conocemos.

Si bien la selección de embriones mediante diagnóstico preimplantatorio y la oferta de embriones o gametos procedentes de donantes con determinadas características figura entre los servicios que pueden proporcionar algunas clínicas de reproducción asistida, en sentido estricto no deberíamos hablar de "rediseño" o "mejora de seres humanos mediante tecnologías genéticas", puesto que no conllevan modificación alguna de la dotación genética. Se trataría de procedimientos afines a la selección artificial de fenotipos.

Tendría que producirse, además, una transformación radical del marco normativo y ético vigente para las aplicaciones de las biotecnologías reproductivas. Las garantías éticas y jurídicas habituales para los protocolos de ensayos clínicos con sujetos humanos son particularmente exigentes con las investigaciones que implican manejo de embriones humanos en alguna de sus fases. Por otra parte, aunque es evidente que las tecnologías reproductivas hoy disponibles tienen un potencial que excede el requerido para sus usos por indicación médica, los riesgos de utilizarlas para otros fines únicamente serían aceptables en casos y

[31] Agar, 2004 y 1998.

preprint

circunstancias excepcionales. Existen abundantes instrumentos que sirven de referencia ética y jurídica a escala internacional, coincidentes en la exigencia de supervisión ética rigurosa para toda investigación biomédica que implique intervenciones genéticas o de otro tipo en embriones y sujetos humanos.[32] Todos los países desarrollados procuran, a diferentes ritmos, ajustar su propia legislación a pautas y principios éticos consensuados en el ámbito internacional para garantizar, en lo posible, usos de las biotecnologías reproductivas compatibles con sus indicaciones médicas.[33] Por lo general, y aunque en algunos aspectos sea inevitable un cierto desfase, los desarrollos normativos contemplan con rapidez las nuevas posibilidades técnicas y sus posibles usos en diversos contextos, incluso anticipando conflictos posibles en escenarios a corto o medio plazo que podrían requerir desarrollos científico-tecnológicos significativos.[34]

preprint

[32] *Código de Nüremberg* (1947); *Declaración Universal de Derechos Humanos* (1948); *Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos* (UNESCO, 18/10/2005); *Convención Europea para la Protección de los Derechos Humanos y de la Dignidad del Ser Humano en lo que respecta a la Aplicación de la Biología y la Medicina* ('Convención de Oviedo', 1997); *Protocolo Adicional al Convenio de Oviedo sobre la prohibición de clonar seres humanos* (1997); *Declaración Universal sobre el Genoma y los Derechos Humanos* (UNESCO, 1997); *Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea* (2000); *Protocolo de Cartagena sobre la Seguridad de la Biotecnología* (2000); *Pautas Éticas Internacionales para la Investigación y Experimentación Biomédica en Seres Humanos*, del Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2002; *Declaración de Helsinski,* de la Asociación Médica Mundial (revis. 6/10/2002).

[33] CGPJ, 2007; Romeo Casabona, 2001, 2002 y 2004; García, 2004.

[34] En España, por ejemplo, la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación biomédica (http://www.boe.es/boe/dias/2007/07/04/pdfs/A28826-28848.pdf) fue aprobada, entre otras razones, por la relevancia que había cobrado en los años previos la obtención, utilización, almacenaje y cesión de muestras biológicas con fines de diagnóstico y de investigación; por el hecho de que numerosas líneas de investigación en terapia celular y medicina regenerativa precisaban el empleo de frecuente de gametos, embriones o células embrionarias; y porque la propia evolución de la dinámica científica en biomedicina cuestionaba la eficacia de la organización que venía sustentando hasta entonces la investigación biomédica, poco apta para encajar los nuevos enfoques multidisciplinares, la aproximación entre investigación básica y clínica y nuevos modelos de trabajo coordinado en redes abiertas a la participación y colaboración de entidades privadas. Por tanto, esta ley se ocupa de ámbitos no regulados hasta la fecha o que lo habían sido de forma fragmentaria y sin atender a los cambios producidos en los últimos años en el desarrollo de los análisis genéticos, la investigación con muestras biológicas humanas de origen embrionario o los biobancos. Pero también se ocupa de diseñar el marco regulador que contribuirá a garantizar la libertad de investigación y de producción científica en los próximos años, conforme a las exigencias de la Constitución; y de articular los mecanismos de fomento y promoción, planificación, evaluación y coordinación de la investigación biomédica a partir de los principios de calidad, eficacia e igualdad de oportunidades, para favorecer una rápida transformación de los resultados de la investigación en terapias eficaces contra múltiples patologías. Estos aspectos son de naturaleza inequívocamente proactiva y anticipatoria, reforzados con el establecimiento de controles éticos en la investigación biomédica a través de los Comités de Investigación Biomédica y de un Comité de Bioética estatal.

Incluso aunque el marco normativo no fuese lo bastante preciso ni claro para excluir intervenciones específicas de alto riesgo, el hecho de que persistan dificultades de carácter técnico significativas las haría desaconsejables sobre una base de criterios de seguridad y protección a los participantes humanos en ensayos clínicos ampliamente reconocida a escala internacional. Algunas de las estrategias genéticas propuestas para mejorar el rendimiento en la alta competición no pasan de ser métodos experimentales más o menos sofisticados de dopaje, con efectos colaterales de alto riesgo por tratarse de usos no indicados médicamente y poco investigados.[35]

Diversas líneas de investigación se sustentan en la hipótesis de que existen genes específicos asociados a distintos tipos de rendimiento deportivo, y las informaciones que aparecen en esta dirección han dejado de interesar sólo a la prensa sensacionalista para atraer la atención de entrenadores profesionales y deportistas de élite.[36] Pero, al margen del rechazo social y jurídico casi unánime a las prácticas de dopaje en la alta competición, quienes instigan y se prestan a este tipo de prácticas incurren en una responsabilidad de relevancia incluso penal por el daño irreparable que podrían ocasionar.

Tuvo gran impacto mediático un trabajo del equipo de Si Jin Lee, de la Universidad Johns Hopkins de Baltimore (Estados Unidos), donde afirman haber obtenido un ratón transgénico con una masa muscular cuatro veces superior a la normal. Al parecer, consiguieron incrementar la corpulencia del roedor en un 73% induciendo mutaciones genéticas que, eventualmente, podrían resultar útiles en

preprint

[35] McCrory, 2003; Baoutina et al., 2007. Entre los métodos prohibidos figura el uso no terapéutico de células, genes, elementos genéticos o la modulación de la expresión génica, si tienen la capacidad para mejorar el rendimiento atlético. Cfr. The Wolrd anti-doping code: The 2005 prohibited list - International Standard (http://multimedia.olympic.org/pdf/en_report_868.pdf).

[36] Lippi, Guidi 2004.

medicina, ganadería y deporte. Estas mutaciones les han aportado dos características: no pueden producir la proteína miostatina y generan folistatina en exceso. El resultado combinado es la mayor corpulencia y un aumento del 117% en el tamaño de cada una de sus fibras musculares.[37]

Lee y su equipo ya habían averiguado en 2002 que el músculo doblaba su tamaño cuando se bloqueaba genéticamente la producción de miostatina en ratones. En los círculos del culturismo ya se hablaba de las posibilidades de los inhibidores de esa proteína para el futuro de este deporte. Cuando comprobaron que la producción de folistatina bloqueaba a la miostatina, se hizo evidente que esta línea de investigación podría ser de gran utilidad para paliar los efectos de la distrofia muscular, una enfermedad genética caracterizada por la debilidad de los músculos. El problema para su aplicación a humanos es que aún no se conoce si en los seres humanos están implicadas las mismas proteínas. Según Lee, los ratones tienen niveles más altos de miostatina que las personas, lo que implicaría que esta proteína es menos importante en los humanos, donde es prácticamente indetectable. Esto significa que, en humanos, claramente debe de haber otros factores, aunque se conoce algún caso de personas con niveles bajos de miostatina que muestran un fenotipo similar (un niño con menos de un año que exhibe una musculatura sorprendente).[38]

Por lo tanto, en humanos es posible, en principio, intentar eliminar experimentalmente la acción de la miostatina (es una proteína extracelular, cuya función podría ser contrarrestada bloqueando anticuerpos, bien contra la miostatina o contra sus receptores; en línea germinal, podría eliminarse su mRNA por RNA de interferencia). Entre los objetivos potenciales de esta investigación

[37] Lee, 2007.

[38] Cfr. http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,305616,00.html.

preprint

estaría evitar la pérdida de masa muscular que aparece con la edad, responsable de muchas caídas y rotura de caderas en la tercera edad. Los ganaderos quizás tengan interés en su aplicación para producir vacas y ovejas con mayor proporción de carne que las actuales. Pero, sobre la base de conocimiento actual, se trataría de intervenciones experimentales de alto riesgo y efectos desconocidos para humanos. Lo que sí puede darse por seguro es que algunos atletas intentarán usar este conocimiento con fines de dopaje. De hecho, Lee y otros miembros de su equipo recibieron cientos de llamadas en los meses posteriores a la publicación de sus resultados por parte de atletas y entrenadores muy interesados en posibles aplicaciones de su trabajo. Igual que ocurre con la EPO, si hay un mercado de consumo, habrá alguien que producirá y venderá la mercancía.

Otra línea de investigación es la de Geoffrey Goldspink y su equipo. Buscando posibles terapias contra enfermedades musculares degenerativas (distrofias), el equipo de Goldspink ha conseguir aplicar con éxito algunas técnicas moleculares novedosas que permiten comprender mejor los genes asociados con los factores de crecimiento muscular y activarlos mediante actividad física, incluyendo el gen IGF-I que puede ser ensamblado de tal modo que puede originar isoformas diversas. Una de ellas, el MGF (factor de crecimiento 'mecano'), activa las células progenitoras del músculo que suministran los núcleos extras necesarios para la hipertrofia muscular, su reparación y mantenimiento. La rapidez con que MGF inicia el proceso de hipertrofia le hace especialmente atractivo para abusos potenciales en actividades como el culturismo.[39] De momento, las lagunas de conocimiento sobre posibles efectos a medio y largo plazo de este tipo de

[39] Goldspink, Wessner y Bachl, 2008.

preprint

intervenciones en humanos son importantes, y muchos de los factores implicados pueden tener interacciones no previstas capaces de alterar múltiples procesos celulares.[40] La ingeniería de genes específicos orientada a mejorar las capacidades físicas de una persona más allá de lo humanamente posible no parece haber alcanzado aún otra fase que no sea la de intervenciones experimentales de alto riesgo.[41]

En medicina reproductiva se viene prestando atención a un pequeño grupo de genes con impronta cuya reprogramación epigenética en la línea germinal es necesaria para un normal desarrollo embrionario posterior. La reprogramación y puesta a cero de las improntas, mediante un ciclo de eliminación/adquisición/mantenimiento, es un fenómeno orquestrado de manera precisa y sutil, que involucra a regiones genómicas específicas y enzimas metiladoras. Se sabe que una regulación inadecuada de la impronta genética puede provocar varios tipos de enfermedades en humanos, y afectar al crecimiento fetal en la placenta. Numerosos estudios –aunque no concluyentes– han sugerido una posible asociación entre técnicas de reproducción asistida y alteraciones en los mecanismos de *imprinting* genético. Existen elementos para tomar en consideración la posibilidad de que este riesgo –inferior al 1%– pueda ir asociado a ciertos pasos habituales en las técnicas de reproducción asistida, aunque no se descarte su posible alteración previa en los gametos de los pacientes. En todo caso, una mejor comprensión de la reprogramación epigenética en la línea germinal es absolutamente necesaria, tanto para evaluar

preprint

[40] Durai, Yang, Sales, Seifalian, Goldspink, Winslet, 2007.

[41] Miah, 2004: 43.

la seguridad de los métodos de reproducción asistida como para evitar el empleo de gametos alterados o no aptos.[42]

Por lo que respecta a los ensayos de transferencia génica con finalidad exclusivamente terapéutica, la mayor parte siguen en fases de experimentación clínica o estadios preliminares, y sus resultados continúan siendo decepcionantes.[43]

Los debates sobre manipulación genética humana con fines perfectivos no superan todavía la categoría de especulaciones poco disciplinadas, aunque suficientes para transmitir al público no especializado un mensaje alarmista y distorsionado. El tono de algunos debates filosóficos sobre servicios imaginarios de libre acceso en el mercado genético evoca la ligereza y simplicidad antes detectadas en las recetas eugenistas para la higiene social.

preprint

6. Epigenética: nuevo marco conceptual para entender la relación entre genotipo y fenotipo, entre herencia y ambiente

Gran parte de los conceptos científicos básicos sobre la herencia que es preciso manejar en la discusión filosófica y otras áreas de las ciencias sociales siguen cargados de las connotaciones adquiridas por sus usos previos a la era post-genómica. Son relativamente pocos los autores que han tenido la oportunidad de moverse en contextos netamente interdisciplinares y están en condiciones de entender, por ejemplo, el desafío conceptual y metodológico que ha supuesto el desarrollo de la epigenética tras la era genómica (autores como Strohmann la consideran el punto de partida para una auténtica revolución en el modo de entender la relación entre genes y enfermedades y otros procesos biológicos

[42] Paoloni-Giacobino, 2007: 52R. El autor considera apremiante la estandarización a escala internacional de las tecnologías empleadas en reproducción humana asistida.

[43] Bushman, 2007.

esenciales).[44] Entre las novedades a las que se presta muy poca atención destaca el hecho de que se producen cambios hereditarios en la expresión genética que no responden a la lógica mendeliana, porque no están mediados por alteraciones en la secuencia de ADN. La epigenética (término propuesto por Conrad Waddington, 1905-1975)[45] ha dado origen a una rama de la biología especializada en estudiar las interacciones causales entre los genes y sus productos, de los que finalmente resulta el fenotipo. Se abren así nuevos horizontes para interpretar aspectos cruciales de la teoría evolutiva propuesta por Darwin y Lamarck, según la cual la evolución podría favorecer el desarrollo de mecanismos propios orientados a maximizar la variabilidad donde y cuando fuese más probable que tuviera efectos positivos, y minimizarla cuando y donde no se necesitara (algo incompatible con una idea de la evolución guiada exclusivamente por el azar). La regulación epigenética media en la adaptación del genoma al entorno, aportando una plasticidad al fenotipo que resulta especialmente útil bajo condiciones ambientales desfavorables.[46]

Investigaciones recientes prueban que algunos elementos del componente hereditario o familiar responsable de la susceptibilidad a ciertas enfermedades son transmitidos por medios no-genómicos y que los factores ambientales que actúan durante las primeras fases del desarrollo determinan el riesgo posterior de padecer una enfermedad. Se considera que los mecanismos subyacentes implican modificaciones epigenéticas en genes sin impronta, inducidas por características del entorno donde se produce el desarrollo, y que modifican la expresión genética sin alterar las secuencias de ADN.

preprint

[44] Strohman RC 1995 y 1997; Petronis, 2001; Issa, Baylin 1996; Egger et al., 2004.

[45] Waddington, 1952 y 1976.

[46] Devaskar, Raychaudhuri 2007.

Esta modulación no-genómica del fenotipo, mediada por ductilidad ambiental, presenta valor adaptativo porque se orienta a sincronizar las respuestas de un individuo al entorno que con mayor probabilidad podría experimentar. Una incorrecta adecuación o sincronización de las respuestas incrementa el riesgo de enfermedad. El fenómeno puede ilustrarse mediante casos donde las señales enviadas al entorno fetal antes del nacimiento por una dieta materna inadecuada, o inducidas por cambios ambientales bruscos como consecuencia de una mejora en las condiciones socioeconómicas, contribuyen decisivamente al aumento de la prevalencia de la diabetes tipo-2, la obesidad y la enfermedad cardiovascular. Evidencias recientes sugieren que tales efectos pueden ser transmitidos más allá incluso de la primera generación, por línea materna (y quizás paterna).[47]

Esta línea de investigación se está aplicando en el estudio de las características fenotípicas y bioquímicas de niños que nacieron con poco peso, en particular como resultado de tratamientos de fertilización *in vitro* o partos muy prematuros que pudieron facilitar la exposición a ambientes adversos en distintas fases del desarrollo fetal. En modelos animales se ha comprobado que la manipulación de los factores nutricionales induce cambios en la metilación del ADN, un mecanismo que puede dar pistas sobre la acción de posibles genes en el crecimiento y el metabolismo a través de modificación epigenética.[48]

Frente a conceptos sumamente rígidos y deterministas derivados de la noción de programa en el paradigma de las ciencias computacionales, la investigación genómica reciente pone de manifiesto la importancia de las interacciones epigenéticas y ambientales para comprender el significado y la flexibilidad de las instrucciones genéticas. El epigenoma es particularmente susceptible a una mala

[47] Godfrey et al., 2007.

[48] Cutfield, 2007.

preprint

regulación durante la gestación, el desarrollo neonatal, la pubertad y la edad avanzada. Durante la embriogénesis es mucho más vulnerable a los factores ambientales porque la tasa de ADN sintético es alta, y el ajuste del ritmo de metilación del ADN producido, así como la estructura de cromatina necesaria para el desarrollo normal de los tejidos, se establecen durante el desarrollo temprano.[49]

La familiarización con el marco teórico de la investigación post-genómica y epigenómica resulta de extraordinaria utilidad para una aproximación sensata y conceptualmente disciplinada al complejo y confuso debate sobre la eugenesia liberal, las biotecnologías reproductivas y el potencial asociado a la convergencia de tecnologías con fines de mejora humana. Incluso las críticas mejor articuladas filosóficamente a los riesgos de la eugenesia liberal y a los enfoques epistemológicos reduccionistas que la sustentan se vierten todavía en modelos conceptuales obsoletos, anclados a lo sumo en postulados científicos de la era pre-genómica.[50]

preprint

7. El desafío de la convergencia de tecnologías

La “convergencia de tecnologías” es una expresión nebulosa y sólo en parte novedosa. La idea de mejorar las capacidades físicas, sensoriales y cognitivas del cuerpo humano es muy antigua. Pero hacerlo aplicando la ciencia y la tecnología es más reciente. En el siglo XVII, Francis Bacon describía en su obra utópica “La Nueva Atlantida” una sociedad futura familiarizada con el manejo de muchos instrumentos técnicos destinados a mejorar capacidades humanas: microscopios, armas modernas, teléfonos, micrófonos, motores y

[49] Dolinoy, 2007.

[50] Habermas, 2003.

naves aéreas, entre otros.[51] En el siglo XVIII, los desarrollos en física, química y biología fomentaron el optimismo sobre las posibilidades de la ciencia y la tecnología para mejorar las capacidades humanas. El Marqués de Condorcet anticipó muchas de las posibilidades asociadas a las aplicaciones médicas del conocimiento científico.[52] El entusiasmo reservado en los siglos XVII-XVIII para especulaciones teóricas se orienta ahora hacia aplicaciones prácticas que se consideran viables a corto o medio plazo.

Por tanto, lo novedoso no es tampoco la aplicación de ciencia y tecnología con fines de mejora, sino la convergencia NBIC (de nano-bio-info-neurotecnologías) con el mismo propósito, entendida como una tendencia que debe fomentarse, más que como algo ya conseguido. Lo relevante es el nuevo contexto histórico, médico y tecnológico, donde la convergencia NBIC se manifiesta en líneas de investigación, vocabularios y discursos, métodos de investigación y medios de difusión científica, así como objetivos epistemológicos comunes a diversas líneas de investigación. Puede que algunos rasgos sean convergentes y otros divergentes, pero la convergencia que se busca no equivale a reducción de teorías. Por esta razón algunos autores proponen hablar de *inter-fecundación* y *sinergismo* (los resultados en una disciplina pueden robustecer los de otra, y *viceversa,* algo que tampoco es nuevo).[53]

No existe un cuerpo de literatura coherente al respecto, sino materiales dispersos procedentes de la antropología, estudios feministas, estudios sociales de la ciencia, la tecnología y la medicina; estudios bioéticos y literatura

[51] Bacon, 2006 (orig. 1627).

[52] Condorcet, 1795.

[53] Gordijn, 2006.

preprint

sobre la discapacidad. Tampoco está representado todo el espectro tecnológico. Destaca la reflexión sobre aplicaciones de la cirugía cosmética y el empleo de neurofármacos para mejorar el rendimiento cognitivo, y trabajos relacionados con el potencial de la ingeniería genética y la medicina regenerativa. Pero hay muy poco elaborado sobre el uso de prótesis electrónicas –exceptuando los implantes cocleares– o sobre órganos artificiales. En la mayoría de estos trabajos se abordan los aspectos éticos y sociales de su implantación generalizada, así como los desafíos para conceptos básicos sobre la naturaleza humana, el envejecimiento, la salud y la enfermedad, y su impacto en la economía y la dinámica de las instituciones.

La convergencia de tecnologías NBIC ha suscitado un intenso debate sobre temas controvertidos:

a) Transformaciones tecnológicas de los seres humanos

Los partidarios de la convergencia NBIC abogan por cambios radicales en nuestras capacidades sensoriales, motoras y cognitivas para mejorar el rendimiento humano mediante remodelación tecnológica, a diferencia del recurso al estudio, la educación y el ejercicio. Están convencidos de que el cuerpo humano actual es una solución evolutiva arbitraria a problemas de movilidad, comunicación y funcionamiento en el entorno. Los consideran imperfectos, variables, en un estado de degeneración y necesidad de reparación constantes. Así como disponemos de herramientas para transformar tecnológicamente el entorno natural y adaptarlo en orden a mejorar nuestro rendimiento, comenzamos a tener la capacidad para transformar nuestro propio diseño gracias a la medicina y las bioingenierías. Cirugía estética y dental,

preprint

fármacos inteligentes, neuromoduladores del estado de ánimo, sustancias para el dopaje deportivo y hormonas del crecimiento ilustran algunos pasos en esa dirección, más allá de las intervenciones consideradas terapéuticas. Pero la tendencia apunta hacia la regeneración y reemplazo de órganos, ampliación y mejora drástica de capacidades sensoriales, físicas, motoras y cognitivas; prolongación de las expectativas de vida y retraso del envejecimiento; inserción de genes asociados a rasgos favorables, integración de dispositivos auxiliares para procesar e interpretar información masiva, conexión directa del cerebro a bases de datos, etc. El uso generalizado de las ciencias y tecnologías NBIC situaría a la humanidad en una nueva era, en otra fase evolutiva caracterizada por la capacidad para rediseñar el cuerpo humano en función de necesidades y deseos, modificando o añadiendo nuevas funcionalidades.

preprint

b) Cambio de actitudes respecto al cuerpo humano

Los partidarios de la convergencia NBIC sugieren escenarios visionarios cargados de posibilidades sorprendentes para mejorar las imperfecciones del actual diseño evolutivo humano. Pero es arriesgado aventurar los posibles derroteros. Algunas mejoras de nuestro diseño podrían tener efectos genuinamente valiosos (mejores capacidades sensoriales, motoras y cognitivas de propósito general). Pero pueden surgir consecuencias negativas en proporción a la magnitud de los ajustes y modificaciones efectuadas. En particular, preocupa una percepción generalizada del cuerpo y sus funciones cada vez más entrelazadas con la tecnología, que trivialice el reemplazo de células, órganos y tejidos humanos con dispositivos tecnológicamente avanzados (sistemas bioelectrónicos para mejorar capacidades sensoriales,

motoras y cognitivas; o funciones corporales básicas). El cuerpo humano se integraría en redes y sistemas tecnológicos (se nos podrían implantar, p.ej., nanosensores diseñados para chequeos y monitorización permanente capaces de detectar posibles riesgos para la salud, conectados a sistemas informáticos expertos programados para dar respuesta automática a alteraciones y dolencias comunes; o podríamos contar con dispositivos nanométricos diseñados para liberar fármacos cuando se precisen). La naturaleza dejaría de ser la única responsable de la apariencia, desarrollo y funciones corporales, dejando a otras máquinas o desarrollos tecnológicos un amplio margen de control sobre nuestra salud. La alteración del significado social del cuerpo y de la biología puede responder a patrones muy concretos sobre el tipo de individuos que el sistema productivo necesita: atentos, receptivos, necesitados de poco sueño, dispuestos siempre a trabajar duro.

Orientar la medicina hacia objetivos de mejora y enriquecimiento de capacidades plantea muchos interrogantes sobre el significado cultural de la *normalidad* y la *discapacidad*, abriendo nuevas brechas para la medicalización de la condición humana y la consideración de “lo normal” como *deficiente*. El uso de fármacos y sustancias disponibles por indicación médica (esteroides anabolizantes y eritropoyetina, p.ej.) para fines no indicados (dopaje deportivo, entre otros) tiene una consideración distinta del empleo de ansiolíticos para aumentar el rendimiento académico de los niños en la escuela. Plantea la racionalidad subyacente a las ideas sociales de mérito, capacidad y competencia, y las dificultades para distinguir entre ‘desventaja’, ‘necesidad’ y ‘deseo’.[54] Desde un enfoque antropológico, se hallan elementos para

[54] Hogle, 2005: 696-700.

preprint

reflexiones críticas sobre el tipo de respuestas culturalmente diferenciadas a la discapacidad, el envejecimiento, la capacitación personal y los tratamientos para mantener el cuerpo en condiciones saludables.

c) Limitaciones a la autonomía e intimidad

Se especula con que el uso de neuroimplantes conectados directa y permanentemente al cerebro pueda mejorar diversas habilidades cognitivas, con el riesgo de aumentar nuestra dependencia de ordenadores, bases de datos y recursos valiosos accesibles sin teclados ni otros dispositivos externos de comunicaciones. Bert Gordijn toma en serio la posibilidad de conexiones inmediatas con otros seres humanos (interfaces cerebro-cerebro) y la comunicación cerebral con personas en ubicaciones remotas a través de redes conectadas directamente al cerebro. No oculta su entusiasmo ante la perspectiva de que toda la humanidad pueda llegar a ser "un solo cerebro interconectado y distribuido" al final de este siglo, porque esto "mejoraría la productividad e independencia de los individuos".[55] Pero señala que estas tecnologías facilitarían un rastreo y control social de las acciones individuales, pensamientos incluidos, sin precedentes: localización permanente, seguimiento hasta en la esfera más privada, posibilidad de influencias subliminales o generación de ilusiones colectivas, vulneración de la autonomía por parte de poderes centralizados no sujetos a controles democráticos, etc.

preprint

[55] Gordijn, 2006.

d) Medicalización de rasgos humanos 'normales'

El acceso a múltiples tipos de mejora puede generalizar un desprecio hacia capacidades humanas convencionales, relegadas casi a nivel de defectos o lacras a eliminar. Fomentaría la medicalización de formas de funcionamiento absolutamente ordinarias en lo que respecta a capacidades humanas y apariencias físicas normales.

e) Identidad y autenticidad personal

Algunos autores se plantean si las modificaciones corporales mediante cirugía, medicina o implante de dispositivos no reforzarán una imagen personal estándar, sometida a los patrones publicitados por los medios y la cultura de masas, que integre en un mismo circuito comercial la medicina, la biología y la cultura del cuerpo, a costa de reducir o anular la autenticidad de los individuos. Pero incluso los individuos con cuerpos más robustos y perfeccionados tendrán que afrontar las contingencias inevitablemente asociadas a la vulnerabilidad humana (enfermedad, deterioro, muerte…). No está claro que la modificación de capacidades sensoriales, motoras y cognitivas vaya a tener como efecto una "dilución progresiva de la propia identidad", aunque sí parece probable una dependencia importante de diversas tecnologías. Tampoco puede asegurarse que contribuirán a mejorar la satisfacción de quienes las usan; quizás a reajustar sus expectativas y las de toda la sociedad. Algunos consideran que una fuerte dependencia de las redes y recursos informáticos colectivos podría difuminar los límites entre los individuos y las comunidades virtuales a las que pertenecen, generando concepciones ambivalentes sobre los humano (*autopercepción borrosa* de la propia humanidad, tanto por la *maquinización* de

preprint

individuos humanos como por la evolución orgánica de las tecnologías hacia su compatibilidad con el cuerpo: inteligencia artificial, vida artificial, robótica y redes neurales computacionales para emular capacidades humanas básicas). Además, la antropomorfización de las tecnologías diluiría la diferencia entre naturaleza y cultura, vivo-no vivo, orgánico-inorgánico, consciente-no consciente... Estas series de opuestos configuran percepciones culturales y sociales muy arraigadas, cuya redefinición puede desestabilizar elementos simbólicos básicos asociados a la naturaleza humana habitual y provocar desorientación o pánico existencial.[56]

Por otra parte, no es fácil distinguir lo que cuenta como mejora en alguna dimensión particular (felicidad, confianza en sí mismo...) y su relación con mejoras en la vida en general. Experimentar ciertos sufrimientos puede aportar una riqueza personal de la que carecerían los confrontados sistemáticamente a emociones más *positivas*. Los estándares para calificar ciertas formas de personalidad o estados de ánimo como enfermedad están sujetos a debate, aunque existen consensos sobre el valor de las capacidades que permiten experimentar placeres estéticos, artísticos, intelectuales... El autocontrol de las respuestas emocionales resulta valioso, incluso conseguido con ayuda farmacológica. Por lo tanto, ciertos neurofármacos pueden ayudar a ciertas personas a vivir más auténticamente mientras a otros podría restarles autenticidad, sobre todo ante acontecimientos en los hay que responder con autenticidad. Usar fármacos para *desconectar emocionalmente* de lo que nos sucede puede desactivar una parte importante de nuestra humanidad, pero

preprint

[56] Gordijn, ibid.; y Hogle, 2005: 701-704.

también hacer llevaderas circunstancias que de otro modo serían insuperables.[57]

8. Neurociencias *vs* ingeniería genética perfectiva

Mientras Lee Silver[58] y Nicholas Agar centran su análisis en las biotecnologías reproductivas como contexto privilegiado para especular sobre posibilidades de enriquecimiento humano inéditas, autores como Nick Bostrom y Linda Hogle recurren a un marco mucho más amplio, el de la convergencia de tecnologías NBIC, para especular sobre nuevos escenarios de posibilidades tecnológicas, cuyas aplicaciones combinadas difuminan la frontera entre finalidades terapéuticas, cosméticas o perfectivas.[59] La convergencia de tecnologías NBIC sitúa el debate sobre la eugenesia liberal en un plano más complejo, pues las mejoras funcionales y cognitivas que se esperaba obtener mediante intervenciones genéticas podrían conseguirse de manera más segura y verosímil, a corto o medio plazo, como consecuencia de desarrollos en neurociencias y farmacogenómica.

La tendencia creciente a emplear diferentes combinaciones de sustancias con fines específicos de mejora cognitiva ha abierto la puerta a lo que algunos denominan “dopaje académico”. La moda parecen haberla iniciado padres que trataron de mejorar el rendimiento académico de sus hijos administrándoles Ritalin sin indicación médica, y en algunas escuelas es significativo el porcentaje de alumnos no diagnosticados con déficit de atención que lo consumen. Entornos fuertemente competitivos como el académico y el laboral

preprint

[57] Bostrom y Roache 2007:11-14.

[58] Silver, 1998.

[59] Bostrom y Sandberg, 2006 y 2007; Hogle, 2005.

podrían disparar su uso. Incluso asegurada su eficacia para potenciar el rendimiento intelectual, es necesario estudiar con detalle sus riesgos a corto y largo plazo y difundir esa información para fomentar un consumo responsable.

El rendimiento académico e intelectual es el resultado de una combinación compleja de factores personales, sociales e institucionales. Sería un fracaso colectivo hacer creer a las nuevas generaciones de estudiantes que sus ventajas para obtener empleo, posición social y bienestar dependen en buena parte de elegir el cóctel adecuado de psicofármacos. Resulta mucho más fácil y barato distribuir psicofármacos que tener acceso a un sistema educativo equitativo y de calidad. Las disfunciones institucionales y el escaso compromiso de la sociedad con sus sistemas educativos pueden acentuar la tendencia a confiar en el uso estrictamente personal de recursos técnicos como estrategia para conseguir ventaja competitiva. El progreso en bienestar social y capacitación colectiva difícilmente podrá venir de medidas que dejan intacta o agravan la raíz del problema.[60]

preprint

9. 'Eugenesia liberal coercitiva' y 'bienes naturales primarios' (Dov Fox)

La lógica de la eugenesia liberal parece apuntar a un escenario ideal de control genético donde las decisiones sobre qué tipo de personas producir quedarían en manos de los padres, sin intervención alguna de los gobiernos. Pero Dov Fox sostiene que la eugenesia liberal no puede justificarse sobre la base de la teoría liberal. Introduce la teoría alternativa de los *bienes sociales primarios*, de Rawls, en una versión que él llama de los *bienes naturales primarios*, referidos a las capacidades y disposiciones mentales o físicas hereditarias que pueden

[60] Farah, 2004.

ser consideradas valiosas para un amplio espectro de proyectos vitales. Su conclusión es que las biotecnologías genéticas para la selección y manipulación de embriones, usadas con el objetivo de dotar a la descendencia de rasgos mejorados de propósito general, son cualquier cosa menos el tipo de prácticas reproductivas y de crianza que un gobierno liberal dejaría a la discreción de los padres. Encajan más bien en el perfil de otras prácticas educativas o sanitarias que los estados supervisan e imponen.

Si el objetivo de desarrollar la autonomía de los ciudadanos justifica que el estado exija prácticas como la escolarización, educación y atención sanitaria básica de los niños, el mismo objetivo o idénticos intereses serían importantes para exigir obligatoriamente prácticas genéticas seguras, efectivas y funcionalmente integradas que incidan sobre los mismos rasgos de propósito general, tales como la resistencia a enfermedades o la mejora cognitiva. En opinión de Fox, los casos de eugenesia liberal obligatoria implican una contradicción o *reducción al absurdo* contra la teoría liberal.[61]

En las sociedad liberales, los padres no tienen libertad para aplicar a discreción todo tipo de prácticas de crianza (abuso y abandono, p.ej.). Están obligados a educar y prestar atención sanitaria a los hijos. En consecuencia, difícilmente el recurso a las técnicas de ingeniería genética (si fuesen eficaces y seguras como cualquier otra tecnología validada para uso clínico) serían el tipo de práctica que los liberales dejarían a la decisión privada de los padres, por su gran similitud con otras orientadas a fines parecidos prohibidas o exigidas por ley.

preprint

[61] Fox, 2007:1-5.

El compromiso liberal con la autonomía justifica la educación obligatoria y un amplio paternalismo con los niños, denegándoles libertades (de expresión, religión, asociación, privacidad, participación democrática, propiedad) que garantiza a los adultos; y les obliga a procedimientos (vacunas, inmunizaciones, atención dental, escolarización primaria...) de los que los adultos están exentos.

La función del Estado no se limita a eliminar los obstáculos para ejercer la capacidad de la autonomía. Los estados liberales obligan a prácticas que mejoran en general los recursos considerados *de propósito general* para la vida de los niños, en un sentido equivalente a lo que Rawls llama 'bienes sociales primarios' (*social primary goods*). Los *bienes naturales primarios* consisten en capacidades mentales y físicas hereditarias apreciadas para un amplio rango de planes de vida diversos y viables. Según Fox, los bienes primarios incluyen ausencia de discapacidad, resistencia a las enfermedades, movilidad física y coordinación, percepción visual y auditiva, memoria a corto y largo plazo, razonamiento verbal y espacial, capacidad cognitiva general y ciertas conductas características (reflexividad, control de impulsos, búsqueda de novedad, capacidad de adaptarse a la adversidad...). Valdrían para cualquier proyecto vital.

Los bienes naturales primarios incorporan un elemento perfeccionista, ya que favorecen vidas compatibles con un rango significativamente amplio de proyectos vitales. El estado puede fomentar la autonomía en estos aspectos sin menoscabar el pluralismo sobre un marco de neutralidad minimalista. Privar de alguno de estos bienes naturales no hace la autonomía imposible, pero reduce significativamente las opciones vitales de los individuos. Los bienes naturales

preprint

primarios pueden distinguirse de los bienes naturales no primarios (rasgos influidos genéticamente que pueden ser ventajosos para algunos de los destinos que el niño pueda escoger, pero no para otros: sexo y altura, sociabilidad y timbre de voz, lealtad y generosidad, color de la piel, orientación sexual, etc. serían bienes no primarios).

Presuponer el consentimiento informado hipotético a las vidas prenatales para la mejora de bienes naturales primarios proporciona a Fox una teoría alternativa a la eugenesia liberal, simplemente mediante el desarrollo del estatus moral de las prácticas de crianza dentro del marco liberal. Fox la llama *Teoría liberal de la mejora de la descendencia*.

preprint

Conclusiones

Los debates sobre prospectiva tecnológica centrados en escenarios altamente especulativos y carentes de racionalidad y rigor en aspectos sustanciales pueden inducir a amplios sectores de la opinión pública a suplir su falta de información con criterios prudenciales hipertrofiados y generalizar actitudes de desconfianza o rechazo indiscriminado contra la ciencia y la tecnología. Una vez introducidas en los complejos circuitos de la comunicación social, este tipo de actitudes pueden presionar a favor de políticas de ciencia y tecnología muy restrictivas para productos, servicios o tratamientos de gran utilidad clínica, ambiental, social y económica.

Científicos e investigadores sociales olvidan con facilidad que las especulaciones indisciplinadas pueden fomentar una percepción pública distorsionada, muy centrada en mensajes alarmistas y proyecciones inverosímiles que ahuyentan la racionalidad y el equilibrio en los debates. Sin

pretenderlo, pueden nutrir un contexto de prejuicios, ignorancia socializada y superstición popular similar al que hizo proliferar los primeros movimientos eugenésicos en los años veinte.[62] Los estudios recientes de percepción pública de la ciencia han puesto de manifiesto la importancia de los elementos ideológicos, emocionales y simbólicos en la evaluación de tecnologías. La escasez de información cualificada con que los ciudadanos reciben las noticias sobre desarrollos científico-tecnológicos obstaculiza una evaluación ponderada. La mayoría basa sus apreciaciones en criterios prudenciales, muy ligados a la confianza que depositan en los mecanismos reguladores y a la credibilidad que les merecen los agentes más interesados en promover o restringir ciertas tecnologías.[63]

La falta de racionalidad y equilibrio en los debates puede traducirse en medidas que demoran o prohíben productos, servicios o tratamientos de gran potencial clínico, social y económico. Además, pueden desviar la atención hacia los aspectos periféricos de un problema, dejando intacto su núcleo. Sería un inmenso error esperar de algunas tecnologías genéticas el potencial de mejora humana tradicionalmente asociado a compromisos políticos con derechos y valores universalizables. Los sistemas de salud pública con una amplia cartera de servicios han sido, hasta ahora, los instrumentos más eficaces para aumentar la calidad y esperanza de vida colectiva y mejorar todas las capacidades de propósito general que los seres humanos necesitan para desarrollar su autonomía. Parece poco razonable esperar del acceso a tecnologías aisladas o convergentes, en contexto de libre mercado, logros evolutivos cualitativamente superiores al desarrollo de una sociedad justa

preprint

[62] http://geneticsandsociety.org/article.php?id=436.

[63] Gaskell *et al*., 2006.

capaz de fomentar capacidades y dispensar equitativamente bienes públicos globales (acceso a la salud, aire puro, agua, educación, empleo y trabajo, un sistema económico mundial abierto e inclusivo…). Estos objetivos de mejora apuntan más bien hacia un orden legal internacional enraizado en valores compartidos y comprometido con la reducción de la vulnerabilidad humana y la sostenibilidad a escala mundial. Una meta que excede, con mucho, el potencial de los logros científicos y de sus aplicaciones.

Bibliografía:

Agar N (2004): *Liberal Eugenics: In Defence of Human Enhancement*. Oxford, UK: Blackwell (esp. cap. "A pragmatic optimism about enhancement technologies").

_____ (1998): 'Liberal Eugenics'. *Public Affairs Quarterly*, vol. 12 (2):137–153.

Allhoff F (2005): 'Germ-Line Genetic Enhancements and Rawlsian Primary Goods,' *Kennedy Institute of Ethics Journal*, vol. 15(1):39–56.

Anway MD, Skinner MK (2006): "Epigenetic Transgenerational Actions of Endocrine Disruptors". Endocrinology 147(6), (Suppl.):S43–S49.

Bacon F(2006): *La Nueva Atlántida*. Ediciones Akal, S.A. 2006 (orig. 1627).

Bainbridge WS (2006): "Transformative Concepts in Scientific Convergence". *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1093 [*Progress in Convergence: Technologies for Human Wellbeing*]: 24-45.

Bainbridge WS, Roco MC (2006): "Reality of Rapid Convergence". *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1093, [*Progress in Convergence: Technologies for Human Wellbeing*]: ix-xiv.

Baoutina A, Alexander IE, Rasko JE, Emslie KR (2007): "Potential Use of Gene Transfer in Athletic Performance Enhancement". *Molecular Therapy*, Aug. (doi:10.1038/sj.mt.6300278).

Baum M (2006): "Pre-implantation genetic diagnosis (PGD): The spectre of eugenics or a 'no brainer'". *International Journal of Surgery* [Editorial], vol. 4, 144-145.

Best R, Khushf G, Wilson R (2006): "A Sympathetic but Critical Assessment of Nanotechnology Initiatives". *The Journal of Law, Medicine & Ethics*, Vol. 34(4): 655-657.

Bond PJ (2004): "Vision for Converging Technologies and Future Society". *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1013 [*The Coevolution of Human Potential and Converging Technologies*]: 17-24.

Bostrom N (2005): "In Defence of Posthuman Dignity". *Bioethics*, 19(3): 202-214.

Bostrom N, Roache R (2007): "Ethical Issues in Human Enhancement". http://www.nickbostrom.com/ethics/human-enhancement.pdf.

Bostrom N, Sandberg A (2007): "The Wisdom of Nature: An Evolutionary Heuristic for Human Enhancement". http://www.nickbostrom.com/evolution.pdf

_____(2006):"Cognitive Enhancement: Methods, Ethics, Regulatory Challenges". http://www.nickbostrom.com/cognitive.pdf.

Brock DW (2005): "Shaping Future Children: Parental Rights and Societal Interests". *The Journal of Political Philosophy*, vol. 13(4):377–398.

Buchanan A, Brock DW, Daniels N, Wikler D (2001): *From Chance to Choice*. Cambridge: Cambridge University Press (Trad. esp.: *Genética y justicia*. Madrid, Cambridge University Press, 2002).

Bushman FD (2007): "Retroviral integration and human gene therapy". *J Clin Invest*. 117(8):2083-6.

preprint

Butcher J (2003): "Cognitive enhancement raises ethical concerns. Academics urge pre-emptive debate on neurotechnologies". *Lancet*, vol. 362(9378):132-3.

Cameron NM de S (2006): "Nanotechnology and the Human Future. Policy, Ethics, and Risk". *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1093 [*Progress in Convergence: Technologies for Human Wellbeing]*: 280-300.

Camps V (2002): "¿Qué hay de malo en la eugenesia?". *Isegoría*, 27:55-71.

Canton J (2004): "Designing The Future: NBIC Technologies and Human Performance Enhancement". *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1013 [*The Coevolution of Human Potential and Converging Technologies*]: 186-198.

CGPJ [Consejo General del Poder Judicial], (2007): *Legislación sobre reproducción asistida*. Colección Cuadernos de Derecho Judicial, XI.

Cho KH et al. (2007): "Reverse engineering of gene regulatory networks". *IET Systems Biology*, Vol. 1(3):149-163.

Clisham M (2005): "Reviews in Medical Ethics. Refining Humanity: A Review of The Coevolution of Human Potential and Converging Technologies". *The Journal of Law, Medicine & Ethics*, Vol. 33(2): 380-383.

Condorcet JA (1795): *Esquisse d'un tableau historique des progrès de l'esprit humain*. Agosse, Paris.

Cortina A (2003): "Eugenesia y justicia social". *El País*, 28/01/2003.

Cutfield WS (2007): "Could Epigenetics Play a Role in the Developmental Origins of Health and Disease?". Pediatric Research, vol. 61(5, Part 2) Supplement: 68R-75R.

Devaskar ShU, Raychaudhuri S (2007): "Epigenetics - A Science of Heritable Biological Adaptation". *Pediatric Research*, Vol. 61(5, Part 2), Suppl: 1R-4R.

Dolinoy DC (2007): "Metastable Epialleles, Imprinting, and the Fetal Origins of Adult Diseases". *Pediatric Research*, vol. 61(5, Part 2), Suppl:30R-37R.

Durai R, Yang SY, Sales KM, Seifalian AM, Goldspink G, Winslet MC (2007): "Insulin-like growth factor binding protein-4 gene therapy increases apoptosis by altering Bcl-2 and Bax proteins and decreases angiogenesis in colorectal cancer". *Int J Oncol*., 30(4):883-8.

Egger G, Liang GN, Aparicio A, Jones PA (2004): "Epigenetics in human disease and prospects for epigenetic therapy". Nature 429(6990):457-463.

Eibl-Eibesfeldt I (1993): *Biología del comportamiento humano. Manual de etología humana*. Madrid, Alianza.

Farah MJ (2004): "Bioethical Issues in the Cognitive Neurosciences". In: Gazzaniga MS, ed. *The Cognitive Neurosciences III*. MIT Press, Cambridge, MA, pp. 1309-1319.

Farah MJ et al. (2004): "Neurocognitive enhancement: what can we do and what should we do?" *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 5(5):421-425.

Fletcher J (1974): *The Ethics of Genetic Control: Ending Reproductive Roulette*. Doubleday.

Fox D (2007): The illiberality of 'liberal eugenics'. *Ratio*, Vol. 20(1): 1-25.

García Y (2004): *Reproducción humana asistida*. Ed. Comares, Granada.

Gaskell G et al (2006): *Europeans and Biotechnology in 2005: Patterns and Trends* (Eurobarometer 64.3). (http://www.ec.europa.eu/research/press/2006/pdf/pr1906_eb_64_3_final_report-may2006_en.pdf).

Gerodetti N (2006): "From Science to Social Technology: Eugenics and Politics in Twentieth-Century Switzerland". *Social Politics*, 13 (1): 59–88.

Glover J (2006): *Choosing Children: The Ethical Dilemmas of Genetic Intervention*. Oxford Univ. Press.

Goding SR et al (2007): "Cytokine Gene Therapy Using Adenovirally Transduced, Tumor-Seeking Activated Natural Killer Cells". *Hum Gene Ther*. 18:701–711.

Godfrey KM et al (2007): "Epigenetic mechanisms and the mismatch concept of the developmental origins of health and disease". Pediatric Research, vol. 61(5, Pt 2):5R-10R.

Goldspink G, Wessner B, Bachl N (2008): "Growth factors, muscle function and doping". *Curr Opin Pharmacol*., vol. 8(3):352-7.

Golledge RG (2004): "Multidisciplinary Opportunities and Challenges in NBIC". *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1013 [*The Coevolution of Human Potential and Converging Technologies*]: 199-211.

Gordijn B (2006): "Converging NBIC Technologies for Improving Human Performance: A Critical Assessment of the Novelty and the Prospects of the Project". *The Journal of Law, Medicine & Ethics*, Vol. 34(4): 726-732.

Preprint

Gorman ME (2004): "Collaborating on Convergent Technologies: Education and Practice". *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1013 [*The Coevolution of Human Potential and Converging Technologies*]: 25-37.

Habermas J (2003): *The Future of Human Nature*. Cambridge: Polity Press. (trad. esp.: *El futuro de la naturaleza humana. ¿Hacia una eugenesia liberal?* Paidós, Barcelona, 2002).

Hogle LF (2005): "Enhancement technologies and the body". *Annual Review of Anthropology*, Vol. 34: 695-716.

Issa JPJ, Baylin SB (1996): Epigenetics and human disease". Nature Medicine 2(3):281-282.

Junker-Kenny M (2005): "Genetic Enhancement as Care or as Domination? The Ethics of Asymmetrical Relationships in the Upbringing of Children". *Journal of Philosophy of Education*, Vol. 39(1): 1-17.

Kaiser J (2007): "Death Prompts a Review of Gene Therapy Vector". *Science*, Vol. 317(5838): 580.

Kaye H (1986): "The Biological Revolution and Its Cultural Context". In Fox RC (ed.) '*The cultural shaping of biomedical science and technology'*. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, vol. 2: 278.

Kevles DJ (2001): *In the Name of Eugenics: Genetics and the Uses of Human Heredity*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

_____ (1993): "Out of Eugenics: The Historical Politics of the Human Genome", en Kevles DJ y Hood L (eds.), *The Code of Codes. Scientific and Social Issues in the Human Genome Project*. Harvard Univ. Press.

_____ (1992): "Controlling the Genetic Arsenal". *Wilson Quartely*, Spring: 68-76.

Lee S-J (2007): "Quadrupling Muscle Mass in Mice by Targeting TGF-ß Signaling Pathways". *PLoS ONE* 2(8): e789. doi:10.1371/journal.pone.0000789.

Lesch KP, Plomin R et al. (eds.) (2003): *Behavioral Genetics in the Postgenomic Era*. American Psychological Association, Washington DC.

Lippi G, Guidi GC (2004): "Gene manipulation and improvement of athletic performances: new strategies in blood doping". *Br J Sports Med*, vol. 38:641.

López Cerezo JA, Luján López JL (1989): *El artefacto de la inteligencia. Una reflexión crítica sobre el determinismo biológico de la inteligencia*. Anthropos, Barcelona.

Lynch Z (2004): "Neurotechnology and Society (2010–2060)". *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1013 [*The Coevolution of Human Potential and Converging Technologies*]: 229-233.

Lynn R, Harvey J (2007): "The decline of the world's IQ". *Intelligence* (In Press, Corrected Proof. Available online 27 April. doi:10.1016/j.intell.2007.03.004).

McCrory P (2003): "Super athletes or gene cheats?" *Br J Sports Med* 37:192-193.

McGee G (2000): *The Perfect Baby: A Pragmatic Approach to Genetics*. Rowman & Littlefield.

McKibben B (2003): *Enough: Staying Human in an Engineered Age*. New York: Times Books/Henry Holt & Company.

Miah A (2004): *Genetically Modified Athletes: Biomedical Ethics, Gene Doping and Sport*. Routledge, London.

Miller SE (2004): "How the Legal System Should Change as a Result of Converging Technologies". *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1013 [*The Coevolution of Human Potential and Converging Technologies*]: 178-185.

Moreno M (1995): "La determinación genética del comportamiento humano. Una revisión crítica desde la Filosofía y la Genética Molecular". *Gazeta de Antropología,* vol. 11, pp. 46-58.

Nelkin D, Lindee MS (1995): *The DNA mystique. The Gene as a Cultural Icon*. W.H. Freeman and Company, NY.

Omuro AM, Faivre S, Raymond E (2007): "Lessons learned in the development of targeted therapy for malignant gliomas". *Mol Cancer Ther*. 6(7):1909-19.

Paoloni-Giacobino A (2007): "Epigenetics in Reproductive Medicine". *Pediatric Research*, vol. 61(5, Part 2), Suppl.: 51R-57R.

Parens E (ed.) (1998): *Enhancing Human Traits: Ethical and Social Implications* (Hastings Center Studies in Ethics). Washington, DC: Georgetown University Press.

Petronis A (2001): "Human morbid genetics revisited: relevance of epigenetics". *Trends in Genetics,* vol. 17(3):142-146.

Plomin R (1990): *Nature and nurture. An introduction to human behavioral genetics*. Pacific Grove, California, Brooks/Cole Publishing Company.

preprint

Porod W et al. (2004): "Bio-Inspired Nano-Sensor-Enhanced CNN Visual Computer". *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1013 [*The Coevolution of Human Potential and Converging Technologies*]: 92-109.

Roco MC (2006): "Progress in Governance of Converging Technologies Integrated from the Nanoscale". *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1093 [*Progress in Convergence: Technologies for Human Wellbeing*]: 1-23.

Romeo Casabona CM (2004): *Los delitos contra la vida y la integridad personal y los relativos a la manipulación genética*. Ed. Comares

_____ (2002): *Los genes y sus leyes. El derecho ante el genoma humano*. Cátedra de Derecho y Genoma Humano / Editorial Comares S.L., Bilbao-Granada.

_____ (2001): "Embryonic stem cell research and therapy at European level: Is a common legal framework needed?" *Revista de Derecho y Genoma Humano* 15: 121-138.

Sententia W (2004): "Neuroethical Considerations: Cognitive Liberty and Converging Technologies for Improving Human Cognition". *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1013 [*The Coevolution of Human Potential and Converging Technologies]:* 221-228.

Silver LM (1998): *Vuelta al Edén. Más allá de la clonación en un mundo feliz*. Taurus, Madrid.

Singer P (2003): 'Shopping at the Genetic Supermarket,' in Song, Sang-Yong, et al. (eds.), *Asian Bioethics in the 21st Century*. Tsukuba, Japan: University of Tsukuba Publishing, pp. 143–156.

Sloterdijk P (2000): *Normas para el parque humano*. Eds. Siruela, Madrid.

Spohrer JC, Engelbart DC (2004): "Converging Technologies for Enhancing Human Performance: Science and Business Perspectives". Annals *of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1013 [*The Coevolution of Human Potential and Converging Technologies*]: 50-82.

Stock G., Campbell J. (eds.), (2000): *Engineering the Human Germline*. Oxford University Press, New York.

Stock G (2002): *Redesigning Humans: Choosing our Genes, Changing our Future*. Mariner Books.

Strohman RC (2001): "A new Paradigm for Life: Beyond genetic determinism". *California Monthly*. April, pp. 24-27.

_____ (1997): "The coming Kuhnian revolution in biology". *Nature Biotechnology*, 15:194-200.

_____ (1995): "Linear genetics, non-linear epigenetics: Complementary approaches to understanding complex diseases". *Integrative Physiological and Behavioral Science* 30(4):273-282.

Tang WY, Ho SM (2007): "Epigenetic reprogramming and imprinting in origins of disease". *Reviews in Endocrine & Metabolic Disorders*, 20 jul. (DOI: 10.1007/s11154-007-9042-4).

Turner DC et al. (2002): "Cognitive Enhancing Effects of Modafinil in Healthy Volunteers". *Psychopharmacology*, vol. 165:260-269.

Waddington CH (1952): *The Epigenetics of Birds*. Cambridge University Press, NY.

_____ (1976): *Hacia una biología teórica*. Madrid, Alianza.

Weikart R (2004): *From Darwin to Hitler: Evolutionary Ethics, Eugenics, and Racism in Germany*. New York: Palgrave Macmillan.

preprint