

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 orquestado 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

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.

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 interdisciplinarios 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.

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.

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

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.

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,

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.

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.

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.

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

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

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

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

8. Neurociencias vs ingeniería genética perfecta

Mientras Lee Silver⁵⁸ 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

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

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.

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

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*.

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

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.

- 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.

- 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 Quarterly*, Spring: 68-76.
- Lee S-J (2007): "Quadrupling Muscle Mass in Mice by Targeting TGF- β 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.

- 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.