



5. La biología sintética: desafíos éticos, políticos y socioeconómicos

Biología sintética, transhumanismo y ciencia bien ordenada

Antonio Diéguez

1. Un objetivo en el horizonte

Una de las afirmaciones más repetidas acerca de la biología sintética es que no hay una definición precisa y consensuada que permita caracterizarla a gusto de todos. La biología sintética es fundamentalmente –aunque no solo– una potenciación de la ingeniería genética. Añadamos con más detalle que la biología sintética es una rama emergente y muy activa de la biotecnología que pretende diseñar y construir sistemas biológicos, o partes de los mismos, bajo la guía de criterios ingenieriles. Estos sistemas biológicos pueden ser o bien sistemas naturales preexistentes, pero rediseñados para adecuarse a ciertos fines previamente trazados, o bien sistemas creados *de novo* en los laboratorios. Es importante subrayar que el aspecto ingenieril de la cuestión resulta aquí aún más relevante que en la ingeniería genética clásica. De ahí la importancia que se concede al diseño previo mediante ordenadores, a la intercambiabilidad de los componentes y a la maximización de la eficiencia.

Dentro de las tareas que la biología sintética se autoasigna, la modificación del genoma humano con vistas a su mejora (lo que algunos llaman ‘transhumanismo’) no es ciertamente prioritaria, al menos por el momento, y si se plantea, aparece casi siempre como una posibilidad un tanto remota que viene adornada de promesas atrayentes pero que incluye también conflictos éticos e innumerables incertidumbres prácticas. Esto último hace que muchos científicos, comprensiblemente, prefieran dejar el asunto fuera de la agenda de discusiones, al menos mientras que no se torne una posibilidad real y con un impacto generalizado. El transhumanismo –conviene quizás aclararlo– es la búsqueda de una transformación de nuestra especie, bien sea mediante la integración del ser humano con la máquina (*ciborg*), bien sea mediante la modificación de nuestros genes en la línea germinal, hasta el punto de poder generar en el futu-

ro –llevadas esas transformaciones más allá de un cierto umbral– una especie distinta a partir de la nuestra, una especie *poshumana* a la que se ha dado ya el nombre tentativo de *Homo excelsior*. Para los transhumanistas ha llegado la hora de que el ser humano tome el control de su propia evolución (“evolución diseñada”). Creen incluso que está moralmente obligado a ello, puesto que procurar la mejora constante de nuestra condición, como se ha venido haciendo siempre a través de la tecnología, es nuestro deber inexcusable. La evolución darwiniana, basada en la selección de variaciones aleatorias, habría entonces finalizado para nosotros. Comenzaría en su lugar la evolución basada en la tecnología. Esta nos permitirá mejorar las cualidades físicas y mentales de nuestra especie, superar las enfermedades y ralentizar o detener el envejecimiento y, en un paso que incluso algunos transhumanistas temen dar, nos abrirá las puertas a la creación de una nueva especie descendiente del *Homo sapiens*. Algo que, al fin y al cabo, es lo que evolutivamente se espera de toda especie biológica, pero que en nuestro caso vendría dado en un proceso acelerado y dirigido según nuestros deseos y no según el azar genético sometido a las imposiciones del medio ambiente.

El transhumanismo no es, sin embargo, un movimiento homogéneo. Conviven dentro de él enfoques y orientaciones diversas. Hay orientaciones radicales que no dudan en anhelar el advenimiento de distopías futuras –que paradójicamente son vistas por sus defensores como utopías genuinas– en las que el ser humano solo será un vago recuerdo en un mundo dominado por ciborgs, robots y organismos superinteligentes y cuasi-omnímodos. Otras, sin embargo, están más dispuestas a acomodarse a las trabas que impone la realidad y los recelos del común de los mortales y se limitan a articular, con un mayor o menor despliegue de sensibilidad ética, comprometidas defensas de los beneficios que la medicina de mejoramiento (*enhancement*), y especialmente la genética encaminada a tal fin, puede proporcionar a los seres humanos una vez que esta se imponga a la medicina meramente curativa o paliativa.

Es útil asimismo distinguir entre un transhumanismo cultural y un transhumanismo tecnocientífico. El primero estaría inspirado en la crítica postmoderna al humanismo realizada por autores como Foucault y Derrida, así como por corrientes de pensamiento como el feminismo y el ecologismo radical. Quizás el texto más representativo de esta modalidad del transhumanismo sea el “*Manifesto ciborg*” de Donna Haraway, publicado en 1985. El transhumanismo cultural no busca tanto la transformación medicalizada del ser humano (a la que incluso rechaza por sus compromisos ideológicos) cuanto realizar una crítica de la visión del mismo considerada hoy como natural y transmitida de ese modo generación tras generación. Trata, sobre todo, de mostrar las debilidades conceptuales y los presupuestos acrílicos que están detrás de la noción de ser humano forjada por el humanismo moderno, que es denunciada como un pro-

ducto de prejuicios eurocéntricos, racistas, sexistas y especieistas. Haraway, por ejemplo, reivindica la figura del ciborg como modelo asexuado frente a la figura de la mujer-diosa, objeto de culto pero también de separación y sometida a estereotipos impuestos. El ciborg, según su opinión, no es un mito de la ciencia ficción, sino una realidad que ya somos. Y, sin embargo, aún no hemos asumido todas las consecuencias de su existencia. En particular, no hemos reconocido del todo el modo en que han quedado obsoletas viejas dicotomías como hombre/máquina, orgánico/inorgánico, natural/artificial o naturaleza/cultura. Ello pone de relieve que la conceptualización de la mujer realizada por el feminismo tradicional, en la medida en que es deudora de algunas de estas dicotomías, ha de ser también cuestionada. El ciborg carece de una identidad bien definida y se muestra como una referencia contra la pureza y las fronteras identitarias trazadas de forma permanente. En tal sentido su figura resulta liberadora, ya que abre las puertas a nuevas políticas no basadas en concepciones estrechas y esencialistas de lo femenino.

El transhumanismo tecnocientífico, por su parte, está inspirado en los trabajos especulativos de científicos e ingenieros provenientes en buena parte del campo de la Inteligencia Artificial y de la robótica (Eduard Fredkin, Robert Jastrow, Marvin Minsky, Hans Moravec, Raymond Kurzweil). Un ejemplo representativo de este enfoque es el libro de Hans Moravec *Mind Children*, publicado en 1988. En él se anuncia con entusiasmo un futuro posbiológico en el que los seres humanos serán sustituidos en el control de este planeta por sus descendientes mentales o culturales: los robots superinteligentes y en el que se juega con la idea de la inmortalidad conseguida mediante el procedimiento de verter nuestra mente, que es vista en todo momento como un mero software, en un nuevo hardware, esta vez duradero, es decir, en una máquina. Lo que busca el transhumanismo tecnocientífico es la superación tecnológica del ser humano y su conversión en algo completamente nuevo, un ciberorganismo genéticamente rediseñado y potenciado.

Pese a las diferencias, subyace una idea común a ambos tipos de transhumanismo: la eliminación de las fronteras entre el hombre y la máquina (y entre lo real y lo virtual) es considerada como una forma de liberación. La integración con la máquina, la superación de lo biológico (y lo corporal) en tanto que factor limitante, es el modo final en el que el ser humano puede trascender su condición, miserable, sesgada y asfixiante, para aspirar así a horizontes en los que no se atisba límite alguno, ni temporal ni material.

Es posible encontrar también defensores del transhumanismo que toman elementos de ambos enfoques. Tal es el caso de Peter Sloterdijk. En su bien conocido librito *Normas para el parque humano* (1999) sostiene que el proyecto humanista de “amansamiento” y “domesticación” del ser humano mediante

la lectura de textos canónicos y el cultivo de un progreso cultural y educativo constantes ha fracasado y que la barbarie no ha hecho sino crecer en los últimos siglos. Se hace, por tanto, necesario obtener ese mismo fin a través de procedimientos más directos y más efectivos, esto es, a través de una “antropotécnica” capaz de dirigir “con una política de cría” la reproducción humana; o dicho de forma más directa, a través de la eugenesia y de la manipulación genética de nuestra especie. “*La antropotécnica real –escribe– requiere que el político sepa entretener del modo más efectivo las propiedades de los hombres voluntariamente gobernables que resulten más favorables a los intereses públicos, de manera que bajo su mando el parque humano alcance la homeostasis óptima*” (Sloterdijk, 2008, p. 81). En las últimas décadas, el poshumanismo ha ido incrementando su activismo político y su presencia en internet. Entre sus figuras más activas están el filósofo de Oxford Nick Bostrom (Bostrom, 2005), el sociólogo canadiense James Hughes (Hughes, 2004) y el ingeniero y empresario estadounidense Ray Kurzweil (Kurzweil, 2012).

Todo esto, sin embargo, parece en principio bastante alejado del ámbito de investigación de la biología sintética al uso. Los temas centrales de dicha disciplina en el momento actual son fundamentalmente los circuitos de ADN, los biobricks, las rutas metabólicas sintéticas, la producción artificial de biomoléculas y de biocombustibles, las protocélulas, los genomas mínimos y los chasis celulares, los componentes no naturales posibles en formas de vida artificialmente creadas (códigos genéticos y proteínas ortogonales con las naturales) o los consorcios microbianos sintéticos. Y cualquiera de ellos encierra dificultades enormes que mantienen a los científicos con su tiempo bien ocupado. El transhumanismo no suele aparecer desde luego entre sus las preocupaciones más urgentes, como ya dije, y si se la menciona, se hace a modo de colofón especulativo al que no hay que prestarle demasiada atención. Es así, por ejemplo, como aparece en un libro reciente que se ha convertido en una presentación divulgativa de los logros y las promesas de la biología sintética. Me refiero al libro del genetista de Harvard George Church y del divulgador científico Ed Regis titulado *Regensis. How Synthetic Biology Will Reinvent Nature and Ourselves*. Dicho libro termina con un capítulo en el que se trata explícitamente, bien que de forma muy somera, el tema del transhumanismo. Apenas para decir que es una meta irrenunciable e imparable, y que su consecución progresiva ha comenzado ya. Pero en el comienzo mismo del libro, en la página 8, se nos había advertido claramente cuáles son los objetivos legitimadores de todos estos avances biotecnológicos: “*Estas tecnologías (de la biología sintética) tienen el poder de mejorar la salud de los seres humanos y de los animales, aumentar la duración de nuestra vida, incrementar nuestra inteligencia y mejorar nuestra memoria, entre otras cosas*”. No es accidental que sean precisamente algunos de los fines del transhumanismo los que se vean aquí resaltados.

En mi opinión, es inevitable que el transhumanismo constituya un objetivo final e inapelable de la biología sintética, aunque sea a muy largo plazo. Crear microorganismos diseñados para producir biocombustibles, o cualquier otra sustancia que nos interese, será un gran negocio y no dudo que, con las precauciones debidas, será beneficioso para la humanidad (aunque a buen seguro lo será primera y principalmente para las empresas promotoras), pero lo que estará en juego en definitiva tarde o temprano será nuestra propia condición como especie, como seres humanos en el sentido literal del término. Una vez alcanzada la posibilidad de modificar nuestro genoma con seguridad y precisión, e incluso de diseñarlo a voluntad –si es que esa posibilidad es alguna vez alcanzada– la demanda para tal tipo de modificaciones será un elemento clave en la configuración de la sociedad del futuro. Algo que ya ha sido descrito por autores diversos como la constitución de un supermercado genético.

Podría alguien preguntarse en este punto qué aporta de novedoso la biología sintética a estas pretensiones, dado que la ingeniería genética “clásica” podría bastar como herramienta de transformación de nuestro genoma. En realidad, asumiendo que el progreso en sus técnicas continuará sin pausa en los próximos años, la ingeniería genética, puede verse como una herramienta suficiente para el logro futuro de muchas de las aspiraciones del transhumanismo. Con las técnicas propias de la ingeniería genética sería posible, en principio, la eliminación de genes defectuosos, la potenciación de genes responsables de la posesión de ciertas cualidades fenotípicas consideradas como deseables, e incluso la inserción en nuestro genoma de genes extraños procedentes de otras especies. Esto se hace ya de forma rutinaria con especies vegetales y ha habido también éxitos notables con algunas especies animales; y no son pocos los biólogos que sostienen que en unos años estas técnicas podrán aplicarse de forma segura en los seres humanos (aunque también hay otros muchos que consideran muy remota esa posibilidad, excepto quizás en casos puntuales en los que haya una correspondencia estrecha entre un gen o unos pocos genes y un rasgo fenotípico¹). ¿Qué hay en la biología sintética que hace que esta se haya convertido en una esperanza aún mayor para los defensores del transhumanismo? La respuesta es simple: la posibilidad que se inaugura con ella de crear en el laboratorio genes artificialmente diseñados para fines específicos capaces de hacer que las células adquieran funciones radicalmente nuevas que no poseen en la naturaleza. Dichos genes podrían estar constituidos incluso por nuevos tipos de nucleótidos o estar sometidos a un código genético diferente. Esto es lo que singulariza a la biología sintética frente a la ingeniería genética “clásica” y lo que hace de ella una herramienta tan poderosa para la reconfigu-

¹/ Lo habitual es que un rasgo fenotípico sea el resultado de la interacción de muchos genes y que un gen intervenga en la codificación de diferentes rasgos fenotípicos.

“En una ciencia bien ordenada los fines de la investigación vienen marcados por los intereses de los ciudadanos, establecidos mediante procedimientos de democracia ilustrada (ciudadanos representativos de diversas perspectivas asesorados por expertos científicos)”

ración de la vida en nuestro planeta, incluyendo a nuestra propia especie.

Church y Regis, sorprendentemente, intentan minimizar estos hechos cuando señalan que cualquier pareja que tiene un hijo o cualquier par de bacterias realizando el proceso de conjugación están creando ya con ello cadenas de ADN completamente nuevas no existentes con anterioridad (Church y Regis, 2012, p. 226). Esta afirmación, sin embargo, suena tan poco relevante para la cuestión como aquella otra que se suele aducir para minimizar los temores que suscita la ingeniería genética en muchas personas, afirmación según la cual eso de modificar los genomas de las especies vivientes lo viene haciendo el ser humano desde el neolítico, con el comienzo de

la agricultura. Es evidente que una conexión así entre cosas tan dispares no se sostiene en pie en ninguno de los dos casos. La recombinación de genes durante el proceso reproductivo puede generar, en efecto, cadenas de ADN novedosas, pero la biología sintética puede introducir en ellas componentes no naturales, y puede reducir a minutos o a horas el proceso de generación de genes funcionales y *con una finalidad específica* a partir de esas nuevas cadenas de ADN, un proceso que en la naturaleza toma habitualmente decenas de miles de años. Por no mencionar el hecho de que el mero azar natural podría no generar nunca las combinaciones específicas de nucleótidos que sí podrían obtenerse en el laboratorio.

2. El ideal de una ciencia bien ordenada

El transhumanismo (no digamos ya el poshumanismo) tiene un serio problema con el nombre. Es muy difícil que despierte muchas simpatías un movimiento que ya en su misma designación está insinuando que el ser humano es un estadio que debe ser superado. El prefijo “trans” hace referencia al paso al otro lado de un límite o al movimiento a través de algo. Un algo que en este caso no puede ser sino nuestra especie tal como ha existido hasta este momento. Por eso el transhumanismo difícilmente puede separarse de la pretensión poshumanista de dar lugar a una nueva especie a expensas de la especie humana y, en esa medida, implica el deseo de poner fin a nuestra historia en este planeta. No serán ya humanos los que se beneficien de las maravillosas cualidades físicas y psíquicas prometidas por los transhumanistas para los habitantes de tiempos futuros.

Sin embargo, la idea que hay detrás del transhumanismo, la idea de que la tecnología (y con un papel muy significado la biotecnología) ha de propiciar

el mejoramiento constante de los seres humanos, posee un enorme poder de atracción. Hasta tal punto que rechazarla de plano, como se hace desde ciertas posiciones religiosas o filosóficas, resulta difícilmente justificable. Los transhumanistas lo saben y juegan con esta ambigüedad. Frente a aquellos que insisten en que la medicina debe tener una función meramente terapéutica y que no debe asumir jamás como propia una tarea de potenciación o de mejora del ser humano, la respuesta de los transhumanistas ha sido recurrente. Ha consistido en señalar que las fronteras entre lo meramente terapéutico (eliminación de defectos o enfermedades) y lo meliorativo son inevitablemente borrosas. Trazarlas con nitidez exigiría un concepto unívoco y aceptado de lo normal que no existe y que jamás existirá. Por otro lado, ¿no tienen las vacunas, las vitaminas o ciertos medicamentos y drogas, como la Viagra o el Ritalín, un uso tan potenciador como terapéutico, si no más?

No sería ocioso, no obstante, preguntarse si las mejoras que se nos ofrecen son realmente mejoras, es decir, si son siempre deseables, y si son compatibles entre sí o con el tipo de sociedad que consideramos justo y que da contenido a nuestros ideales de democracia y de justicia social. Pero no voy a detenerme en los problemas éticos y sociales que pueden presentar ni el transhumanismo ni la biología sintética por sí misma. Tampoco en los presupuestos filosóficos y científicos que sustentan muchas de sus propuestas. No es mi objetivo aquí y, por otra parte, hay ya una extensa bibliografía al respecto. Lo que me interesa en esta ocasión es poner de relieve que, por especulativas que puedan ser ahora las elucubraciones del transhumanismo (y desde luego lo son), el desarrollo de la biotecnología ha llegado a un punto en el que se torna indispensable tomar en serio la necesidad de empezar a poner en práctica un genuino control democrático de la tecnociencia; un viejo deseo que John Dewey y Paul Feyerabend abanderaron en el pasado. Es claro que la toma de decisiones, cuando es tanto lo que está en juego, no puede realizarse en reuniones de élites tecnocráticas, ni en consejos de administración de empresas biotecnológicas, ni en laboratorios o despachos universitarios a los que, por sensibilizados éticamente que estén sus ocupantes, apenas llega la voz de muchos de aquellos a los que supuestamente se quiere beneficiar con esas decisiones. Obviamente, sería absurdo pretender que las investigaciones en medicina de mejoramiento y en biología sintética han de ser prohibidas solo porque hay una posibilidad remota de que se puedan hacer realidad las visiones más ominosas del transhumanismo, pero parece claro también que las decisiones fundamentales que han de tomarse en torno a dichas investigaciones en los próximos años no pueden ser puestas exclusivamente en manos de individuos o de grupos con intereses concretos, así como tampoco en la libertad veleidosa de un eventual supermercado genético en el que solo en apariencia los padres tendrían toda la iniciativa. Urge, pues, el establecimiento de una relación más equilibrada y justa entre los ciudadanos y la tecnociencia.

Uno de los autores que más en serio se ha tomado el problema ha sido el filósofo de la ciencia Philip Kitcher. Desde hace unos años viene defendiendo la propuesta de lo que él llama una “ciencia bien ordenada” (*well-ordered science*). En una ciencia bien ordenada los fines de la investigación vienen marcados por los intereses de los ciudadanos, establecidos mediante procedimientos de democracia ilustrada (ciudadanos representativos de diversas perspectivas asesorados por expertos científicos) (Kitcher, 2001 y 2011). Serían, pues, esos intereses –los de todos los ciudadanos, incluidos los de los países menos desarrollados– los que habrían de fijar la agenda de investigación en las ciencias. Dejarla exclusivamente en manos de los científicos o de élites político-económicas –que son las que en la práctica toman en la actualidad esas decisiones, de forma además muy poco transparente– es a la larga irresponsable y peligroso, incluso para la propia ciencia.

Este ideal de ciencia bien ordenada no es ciertamente de fácil consecución, pero pueden darse pasos graduales hacia él. El obstáculo principal que encuentra es que hay poca voluntad política de darlos. Ahora bien, en tanto que vamos dando forma a ese ideal, una buena pregunta que podría hacerse a los promotores del transhumanismo (y también a los portavoces de las promesas más abrumadoras que se hacen en nombre de la biología sintética) es la de si sus propuestas podrían ayudar a mejorar sustancialmente la situación de las personas socialmente más desfavorecidas, no solo en las sociedades ricas, sino en especial en los países más pobres². Las investigaciones encaminadas al desarrollo de una medicina de mejoramiento podrán quizás servir en su día para remediar algunos problemas de salud de esas personas, pero si lo hacen, será de forma subrogada, porque es obvio que los problemas y necesidades que tal tipo de medicina vendría a satisfacer serían primariamente los de las personas con poder adquisitivo en las sociedades más ricas. Y esto, como Kitcher señala, es una agenda de investigación distorsionada por intereses particulares y en cuyo establecimiento no se ha tenido en cuenta a una buena parte de la población.

Es un signo muy positivo, en mi opinión, que en esta misma línea se manifieste un informe sobre biología sintética encargado por el *Biotechnology and Biological Sciences Research Council* (BBSRC) y redactado por Andrew Balmer y Paul Martin. La primera recomendación a los biotecnólogos que aparece en dicho informe es la siguiente:

²/ No estoy sugiriendo que este tipo de preocupaciones esté ausente en la agenda investigadora de la biología sintética. Soy consciente de que es una preocupación para muchos equipos de investigadores. Uno de los principales proyectos en marcha es precisamente la obtención de ácido artemisinico, un producto a partir del cual se elabora un medicamento usado contra la malaria. De hecho, las preocupaciones éticas que han sido manifestadas en congresos y publicaciones relacionados con la biología sintética, quizás por los graves peligros potenciales implicados, han sido mayores que en otras ramas de la tecnociencia.

Es vital reconocer la importancia de mantener el apoyo y la legitimación pública. Para lograr esto, la investigación científica no debe situarse muy por delante de las actitudes públicas y las aplicaciones potenciales deben mostrar un claro beneficio social. Es más, los beneficios potenciales de la tecnología no deben ser exagerados, dado el riesgo tanto de crear una excesiva inquietud pública como el de suscitar esperanzas poco realistas (Balmer y Martin 2008, p. 5).

La tecnociencia actual es una empresa que no puede pretender, como sí lo hizo durante un tiempo la ciencia teórica, estar libre de valores y ser movida por la simple curiosidad intelectual. No debemos, por tanto, perder de vista este hecho y, en consecuencia, hemos de reconocer que debe haber también en ella un orden de prioridades en los fines, y que este debe ser establecido atendiendo a los intereses generales y mediante procedimientos abiertos y participativos. Las normativas legales y los códigos deontológicos que ya han sido elaborados en algunos países con el propósito de regular la ingeniería genética, promovidos en muchos casos por los propios investigadores, es un paso imprescindible y bienvenido en ese camino. Ya se están poniendo en marcha también normativas específicas para la investigación en biología sintética. Pero esto sigue siendo a todas luces insuficiente. No basta con medidas de control y de autorregulación orientadas sobre todo a evitar problemas de seguridad, por importantes que estos sean. Es necesario ampliarlas de modo que otras preocupaciones de los ciudadanos sean también contempladas en la gestión de la investigación. La implementación de medidas encaminadas a la consecución de una ciencia bien ordenada no podrá impedir la aparición de biohackers capaces de realizar en sus garajes tropelías que ahora no podemos siquiera imaginar, pero es la forma mejor que se me ocurre de dificultar su surgimiento y para fomentar además el apoyo social a la biotecnología.

Antonio Diéguez es catedrático de Lógica y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Málaga, y preside la Asociación Iberoamericana de Filosofía de la Biología. Entre sus libros recientes cabe destacar *La evolución del conocimiento* (Madrid: Biblioteca Nueva, 2011) y *La vida bajo escrutinio. Una introducción a la filosofía de la biología* (Barcelona: Biblioteca Buridán, 2012).

Bibliografía citada

- Balmer, A. & Martin, P. (2008) *Synthetic Biology. Social and Ethical Challenges*. Nottingham: Institute for Science and Society University of Nottingham.
- Bostrom, N. (2005) "A History of Transhumanist Thought". *Journal of Evolution and Technology*, 14 (1). Disponible en <http://www.nickbostrom.com/papers/history.pdf> (Consultado el 24/07/13).
- Church, G. y Regis, E. (2012) *Regenesis. How Synthetic Biology Will Reinvent Nature and Ourselves*. Nueva York: Basic Books.

- Hughes, J. (2004) *Citizen Cyborg: why democratic societies must respond to the redesigned human of the future*. Cambridge, MA: Westview Press.
- Kitcher, Ph. (2001) *Science, Truth and Democracy*. Oxford: Oxford University Press.
- Kitcher, Ph. (2011) *Science in a Democratic Society*. Nueva York: Prometheus Books.
- Kurzweil, R. (2012) *La singularidad está cerca. Cuando los humanos trascendamos la biología*. Berlín: Lola Books.
- Haraway, D. (1985) *Un Manifiesto Ciborg: Ciencia, Tecnología, y Socialismo-Feminista en el Siglo Veinte Tardío*. Disponible en español: http://webs.uvigo.es/xenero/profesorado/beatriz_suarez/ciborg.pdf (Consultado el 22/07/13).
- Moravec, H. (1988) *Mind Children: The Future of Robot and Human Intelligence*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Sloterdijk, P. (1999/2008) *Normas para el parque humano*. Madrid: Siruela.