
REFLEXIONES SOBRE
LOS CYBORGS Y LOS ROBOTS:
EVOLUCIÓN HUMANA
Y AUMENTACIÓN

FRANCESC MESTRES
JOSEP VIVES-REGO

ABSTRACT. The human being has changed in time due to both biological and cultural evolution. In a first step, biological evolution was the cornerstone of the changes in our species; later cultural evolution provided key adaptations. These adaptations include clothing, tools, reading and writing, calculation and some forms of rudimentary prosthesis. Technoscience has enhanced these adaptations conducing to a broad-sense *cyborg*. Our contemporary society includes a huge proportion of these latter individuals. In this article we discuss this reality and our future based on the interconnections between humans, *cyborgs* and robots.

KEY WORDS. *Cyborg*, augmentation, robot, clone, replicant, biological evolution, cultural evolution.

I. PREÁMBULO

Todo lo que presentamos en este artículo son reflexiones basadas en hechos cotidianos o experimentales recientes, a partir de los cuales surgen preguntas y se vislumbra una serie de posibilidades que razonable y previsiblemente pueden tener lugar en la sociedad de las próximas décadas. Se trata de un conjunto de visiones y perspectivas que probablemente se harán cada vez más plausibles a lo largo del siglo XXI, pero que nadie sabe con total certeza cómo se plasmarán en la sociedad. Aunque no podemos anticipar con precisión todos los rasgos del mundo social que se avecina, nos hemos esforzado en ser ecuanimes y objetivos, a pesar de que la complejidad y dinamismo de nuestro mundo nos dificulta el serlo. La realidad hoy día es difícilmente previsible debido a que cambia a velocidad de vértigo como lo hacen el progreso, la cultura, el desarrollo de la

Departament de Genètica, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Av. Diagonal 645, E-08028 Barcelona, España. / fmestres@ub.edu / 34-93-4034412; 34-93-4034420.
Departament de Microbiologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Av. Diagonal 645, E-08028 Barcelona, España. / jvives@ub.edu

tecnociencia¹ y en consecuencia la evolución del mismo ser humano. Los humanos, permanentemente, se autoconstruyen y a la vez construyen a su alrededor un mundo diferente al anterior y abismalmente distinto al que existía en la época en que vivían en las cavernas o en las fronteras entre la estepa y los grandes bosques africanos en los albores de la humanidad². Hace menos de un siglo, muy pocos podían imaginar que el hombre pudiese pisar la luna o enviar sondas a Marte o Venus. También era impensable la televisión, los trasplantes de órganos, Internet o viajar de un extremo al otro del planeta en pocas horas a un coste asumible por una gran parte de los ciudadanos, y así un largo etcétera.

Un ejemplo de esta incesante autoconstrucción puede darse cuando el lector de este trabajo, a medida que avance en su lectura, apreciará que su realidad conceptual no cesará de cambiar y se irá transformando a través de una permanente autoconstrucción que combinará el imaginario social³ con los logros de la tecnociencia. En cualquier caso, todos somos y seremos autores y actores del mundo que está llegando a través de la tecnociencia y el imaginario social.

Desde los pensadores de la antigua Grecia, India y China, que en una misma época (aproximadamente hacia el siglo VI AC) empezaron la reflexión filosófica, hasta nuestros días, hay una pregunta constante que todavía no tiene una respuesta satisfactoria: ¿Cómo podemos educar al ser humano para lograr una sociedad feliz, justa y racional? ¿Qué impide, desde hace miles de años, que el hombre sepa convivir en paz y felicidad, y erradicar la violencia y la injusticia? ¿Cómo evitar que los impulsos de ambición, violencia y apropiación sin límites de bienes y personas continúen erosionando la felicidad de los humanos? Una reflexión y a la vez esperanza que expresamos en este artículo es hasta qué punto el hombre mejorado (aumentado o *cyborg*), los robots humanoides y los clones humanos podrán ayudarnos a estar más cerca de ese mundo ideal.

II. LA TOMA DE DISTANCIA DE LOS HUMANOS RESPECTO A LA RED SISTÉMICA

En los humanos, la libertad es la capacidad de pensar y/o iniciar un estado nuevo por sí mismo y, por tanto, al hacerlo podemos pensarnos de modo distinto a lo que somos. Esa posibilidad nos permite distanciarnos de la naturaleza como red sistémica e incluso ir contra ella. Ejemplos de ello son las guerras, los genocidios, la esclavitud, los crímenes, torturas y crueldades que los humanos han practicado con sus congéneres y con resto de los animales, así como el suicidio ecológico al que nos estamos asomando (Vives-Rego 2010). El ser humano es un ser vivo y la cultura es una propiedad emergente de la biología (al menos en nuestra especie). Esa cultura en los humanos (consecuencia a su vez de la libertad) es lo que nos permite tomar distancia de la red ecosistémica (= naturaleza) y, a su vez,

esa toma de distancia es una forma de conciencia. Dicha toma de distancia no significa que la humanidad pueda ser independiente de la naturaleza. La vida humana, al igual que la de todos los seres vivos, depende totalmente de aquella. Paradójicamente, esa toma de distancia de la humanidad ante lo natural puede provocar el espejismo de que el hombre es independiente de la naturaleza. Es decir, el ser humano se puede permitir pensar en sus propios fines, al margen de lo que pueda ser positivo o negativo para el planeta y para él mismo. De hecho, la humanidad crea nuevos fines en la naturaleza mediante la cultura. La cultura, como toda propiedad emergente, genera efectos que no estaban contemplados en el sistema de partida. Esa es precisamente la raíz del arte, la religión, la filosofía y la ciencia. También es la condición de posibilidad para que el ser humano pueda seguir caminos propios, caminos que incluso le pueden llevar hasta su propia autodestrucción o autoconstrucción.

El ser humano puede pensar en lo que quiere ser, intentar hacer real esa idea y conseguirlo. La manera de hacer realidad esa idea, esto es, de hacer o llegar a ser lo que quiere ser, es a través de la reflexión y la tecnociencia. Con todo, el hombre es capaz de articular su existencia en torno a conceptos contradictorios que lo ponen en los límites ecológicos o naturales. Esto no significa que toda sociedad humana deba construirse, necesariamente, frente o contra la naturaleza, significa tan solo que tiene la posibilidad de hacerlo.

III. LA RELACIÓN ENTRE LOS HUMANOS Y LA TÉCNICA

No hay duda de que somos el resultado de un largo proceso evolutivo, donde la pregunta esencial es: ¿qué nos distingue de los seres que nos precedieron y en particular con los que mantenemos lazos próximos de parentesco, es decir, los homínidos? A esta cuestión clásica se le han dado varias respuestas, que pueden resumirse en que la diferencia entre los humanos y los animales homínidos son la inteligencia, consecuencia a su vez del tamaño y complejidad cerebral, y la capacidad para fabricar y utilizar herramientas o instrumentos. La combinación de ambos elementos ha permitido crear una cultura que confiere al humano una capacidad evolutiva posiblemente superior a la capacidad evolutiva de base biológica.

La técnica no es sólo un instrumento al servicio del hombre, ni únicamente algo a lo que se accede, se usa y se deja después hasta la próxima vez. La técnica es fundamentalmente una mediación básica entre el hombre y el mundo, algo que acompaña indefectiblemente a la acción humana y al hombre en su vida, su quehacer y su autorrealización. De algún modo, la técnica es algo constituyente de lo humano y una "prolongación" de lo humano en la naturaleza.

La especificidad del proceso de hominización conlleva dos factores básicos: 1) el incremento de las capacidades cognitivas a través de la

manipulación de objetos y herramientas, y II) la generación de un desarrollo progresivo de instrumentos y la transmisión de esas capacidades y conocimientos técnicos por vía de la enseñanza. A diferencia de todos los otros animales, la especie humana se construye modificando continuamente su interacción con la naturaleza a través de elementos que han actuado como prótesis o “aumentaciones” (ver más adelante el concepto de aumentación y la nota 7) de sus capacidades biológicas. Este proceso al principio ocurrió lentamente y en conexión con cambios biológicos y, desde hace unos 100 000 años, la evolución biológica es, desde una perspectiva global, relativamente menos significativa y en cambio las aumentaciones se han acelerado. El largo proceso de hominización se puede caracterizar como una forma de coevolución entre las mejoras anatómicas (como la aparición del órgano fonador que permitió el habla o el desarrollo del córtex cerebral) y el desarrollo tecnocientífico. Da la impresión de que en los últimos siglos la evolución anatómica se ha ralentizado y en cambio ha sido la evolución tecnocientífica el elemento predominante en esa evolución. A lo largo de este proceso de autoconstitución o autoconstrucción mediado de forma tecnocientífica, la especie humana ha redefinido continuamente sus relaciones con el entorno natural (físico y biológico), así como con sus congéneres. La interrelación entre la vida individual y la social se realiza cada vez más por intermediación de un mundo compuesto de artefactos y prácticas técnicas (como Internet, televisión, telefonía, redes sociales, transporte, etc.).

Aunque cabe hablar de ciertas formas embrionarias de cultura entre algunos animales, lo distintivo de la especie humana es la capacidad de producir una variedad casi ilimitada de estructuras culturales que canalizan de maneras diferentes los nuevos estados humanos pensados desde la libertad. La confluencia del cuerpo y la tecnociencia es cada día más profunda y no deja de fomentar los debates entre tecnófilos y tecnófobos. Dentro de los tecnófilos, se apunta claramente a los aspectos positivos de esa integración entre órganos y aparatología que implicaría la verdadera y última emancipación del ser humano, en la línea propuesta por Haraway ⁴ desde el mundo del arte por Sterlac ⁵ o como desde una perspectiva filosófica propone el poshumanismo ⁶. Para los tecnófobos se rechazaría cualquier injerencia de la tecnociencia en el ser humano y cualquier tipo de prótesis, aumentación o ampliación de los cuerpos humanos, arguyendo que constituyen una negación y destrucción de lo propiamente humano.

IV. HACIA UNA ACTUALIZACIÓN DEL CONCEPTO DE CYBORG

La palabra *cyborg* (del acrónimo en inglés *cyborg*: *cyber*, cibernético y *organism*, organismo), es decir, organismo cibernético, se utiliza para designar una criatura compuesta por elementos orgánicos y dispositivos

mecánicos para mejorar las capacidades biológicas a través del tecnología (Mestres y Vives-Rego 2011). En otras palabras, es un individuo en parte hombre y en parte máquina. Los ejemplos más populares los encontramos en las películas de ciencia ficción *Robocop* o *Terminator*. El término lo acuñaron Manfred E. Clynes y Nathan S. Kline en 1960 (Clynes y Kline 1960), para referirse a un ser humano mejorado que podría sobrevivir en entornos extraterrestres. Llegaron a esa idea después de pensar sobre la necesidad de una relación más íntima entre los humanos y las máquinas en un momento en que empezaba a trazarse la nueva frontera representada por la exploración del espacio. Los creadores del término *cyborg* pensaban en un proceso de autoconstrucción y mejora humana o aumentación⁷ y no en un proceso de creación *de novo*⁸ total y externo al propio hombre. Queremos señalar que esta concepción de *cyborg*, como hombre mejorado o autoconstruido, no coincide con la que se refleja generalmente en las películas de ciencia ficción y que se encuentra en el imaginario social. En estos casos se sobrentiende que los *cyborgs* han sido fabricados en sofisticados laboratorios futuristas.

Haraway (1991) define al *cyborg* como un organismo cibernético, un híbrido de máquina y organismo, una criatura de realidad social y también de ficción. Sin embargo, nosotros hablaremos, a partir de ahora, de *cyborg* como sinónimo de *cyborg-hombre*, que equivale al hombre mejorado, por contraposición a *cyborg de novo*, o totalmente construido fuera del ciclo humano, que coincide con esa entidad de ficción que Haraway propone y que es actualmente la entidad predominante en el imaginario social, que hoy día no es una realidad factual. Otra visión del concepto de *cyborg* es la que defienden los pensadores tecnófobos, que a diferencia de Haraway y de Clynes y Kline entre otros, consideran que la “cyborización” de los humanos es un proceso degenerativo por el que el individuo se destruye a favor de una existencia con cada vez menos carne, y es, por tanto, una simple alienación generada por el avance tecnológico.

Todos los ejemplos de prótesis artificiales que la tecnología de las diferentes épocas de la historia humana ha ido desarrollando nos han llevado poco a poco a perfilar el concepto y al imaginario que se encuentra detrás del término *cyborg* (Coca y Valero 2010; Mestres 2011). Aun así, el uso de la palabra *cyborg* en diferentes contextos ha ido produciendo diferentes significados. En el presente trabajo partimos de la definición propuesta por Andrés Moya (2007) y que es la usada normalmente en nuestro entorno cultural: un *cyborg* es un ser “con partes orgánicas que se corresponden con órganos fundamentales del cuerpo humano, como por ejemplo el cerebro, y por materiales inorgánicos, producto de nanotecnologías y robótica avanzadas”. Esta definición sería la de un *cyborg* en sentido estricto (*narrow-sense cyborg*). Sin embargo, entendemos que esa definición debe actualizarse ampliándose con base en unos criterios por

los que un hombre biológicamente puro deja de serlo para devenir un *cyborg*. Este concepto sería el de *cyborg* en sentido amplio (*broad-sense cyborg*) y nos gustaría mostrar brevemente algunos de sus detalles. En primer lugar, consideramos que la vestimenta debe incorporarse como un primer criterio de "cyborización" bajo la consideración de que constituye un elemento de aumentación que desde hace miles de años ha permitido al hombre adaptarse a diversos ambientes. Son particularmente evidentes los casos de vestimenta técnica en el ejército o en el mundo del deporte, donde protege del clima, de los accidentes o de las acciones agresivas de humanos u otros animales. De hecho, los trajes protectores y el concepto de esqueleto externo o exosqueleto ⁹ en los humanos actuales son una versión moderna de las armaduras clásicas que asumieron funciones de protección. Por otra parte, la idea de un esqueleto externo para acarrear cargas pesadas o para personas tetraplégicas es relativamente reciente, y sus orígenes se remontan al "Hardiman" de 1966, construido por el ingeniero Ralph Mosher, que trabajaba para la empresa General Electric ¹⁰, aunque esa forma primitiva no fue exitosa, debido a su peso y a la brusquedad de sus movimientos (Gööck 1971). En el mundo de la ciencia ficción los esqueletos externos siguen apareciendo en películas como *Alien* o *Avatar*.

Otro criterio más amplio de "cyborización", que no está constituido por la incorporación de elementos cibernéticos, es el consumo de fármacos de modo crónico y que gracias a ellos los humanos pueden vivir y llevar a cabo acciones que serían imposibles de realizar sin ellos. Ejemplos cotidianos de esta situación son los consumidores crónicos de medicación contra la tensión arterial, la agregación plaquetaria, el exceso de colesterol, la inflamación o el dolor crónico. Otros casos también muy frecuentes son el *body-building* (que incluye la ingestión de sustancias específicas), la cirugía plástica, las transfusiones, las vacunas, el consumo creciente de psicofármacos y psicoactivos de modo crónico y los denominados "fármacos de calidad de vida", que no necesariamente implican una curación de enfermedades o dolencias y que podrían entrar en el ámbito de las aumentaciones. Como ejemplos de este tipo de fármacos pueden citarse los antidepresivos "blandos", como el Prozac, el Minoxidil (crecepelo), el Viagra (potenciador de la erección), el Ibuprofeno (tomado crónicamente para no sufrir las consecuencias de un exceso de actividad física) y un largo etcétera. Para algunos pensadores, la conexión física y metafísica de la humanidad con la tecnología viene de antiguo, como los mitos de Centauro, Dédalo, Prometeo o incluso el más reciente de Frankenstein. Todos estos mitos, y en general los de los dioses griegos, tienen en común con los *cyborg* que sus capacidades no humanas serían las aumentaciones actuales. De este modo, los humanos actuales ya no tienen nada que envidiar a los dioses griegos, puesto que con base en tecnología y aumentaciones hemos

superado sus capacidades. Es innegable que desde hace años hemos empezado a convertirnos en *cyborgs* humanos (ya que no somos *cyborgs de novo*) aunque eso sí, con menos capacidades que los *cyborgs* de la literatura y el cine de ficción. Por ejemplo, una persona a la que se le haya implantado un marcapasos podría considerarse un *cyborg*, puesto que sería incapaz de sobrevivir sin ese componente mecánico. Otras tecnologías médicas, como el implante coclear que permite que un sordo oiga a través de un micrófono externo conectado a su nervio auditivo, hace que la persona que lo utiliza pueden ser considerada un *cyborg*. En la población humana actual existen muchas sustituciones de órganos o tejidos, algunas de origen humano y otras no. Podemos citar muchos casos: implantes dentales, de córnea, las prótesis de cadera (y otras articulaciones), los trasplantes de corazón, hígado, riñón, pelo, los implantes en senos, glúteos, pene, etc. La biónica también implica la sustitución de órganos o miembros por versiones mecánicas. Una diferencia entre los implantes biónicos y las meras prótesis es que aquéllos imitan la función original fielmente e incluso el aspecto del órgano humano. Algunos elementos biónicos son capaces de superar las prestaciones de los órganos humanos originales; y con las prestaciones que se prevén en las prótesis modernas, las diferencias entre prótesis e implantes se van diluyendo día a día. A pesar de que la tecnología que desarrolla implantes biónicos está aún en desarrollo, ya podemos disponer de algunos aparatos biónicos. Así, hay que mencionar que se espera un gran progreso basado en las nanotecnologías; entre ellas, la retina de silicona, que es capaz de procesar imágenes de la misma manera que una retina natural. Un factor de "cyborización" reciente lo constituyen los denominados "órganos a la carta" o "bioartificiales", órganos obtenidos a partir de células madre de los propios individuos receptores, producidos en el laboratorio y posteriormente trasplantados ¹¹. Estos órganos "bioartificiales" generalmente contienen algún elemento no humano que actúa como matriz de soporte para las células de origen humano.

En general, podríamos decir que el proceso de "cyborización" de los humanos se desarrolla a lo largo de toda su vida. Empieza en el momento de su nacimiento, cuando la comadrona lo lava, lo viste o incluso puede ser que pase por una incubadora. Más adelante entra en una vida de protección basada en la cuna, la alimentación con biberones, y además. Al cabo de pocos años empiezan el aprendizaje del habla, la utilización de gafas o calzado especial, los procesos de vacunación, el conocimiento de la lectoescritura y el cálculo fundamental, la asistencia odontológica, etcétera. A lo largo de la vida adulta y la vejez el proceso de "cyborización" continúa y se acentúa con tratamientos farmacológicos crónicos, la sustitución de partes de nuestro cuerpo por prótesis como articulaciones o cristalinos artificiales, el uso de audífonos o la incorporación de marca-

tos, etcétera. Casi todos nosotros somos o algún día seremos *cyborgs* en sentido amplio.

De lo que no cabe ninguna duda es que estas posibilidades generan, tanto en el individuo como en las diferentes sociedades, una serie de imágenes, metáforas y cosmovisiones que apuntan en el plano de lo mental al curso potencial de los acontecimientos humanos en el próximo futuro (para más detalles ver Coca y Valero 2010). Podemos afirmar con certeza que el paradigma de la autotransformación o autoconstrucción o aumentación está adquiriendo carta de naturaleza en la sociedad occidental avanzada.

V. EJEMPLOS RECIENTES DE PROCESOS DE "CYBORIZACIÓN"

A continuación exponemos brevemente algunos ejemplos recientes de humanos con aumentaciones tecnológicas que van más allá del imaginario social o de la ciencia ficción. En el ámbito de la neurociencia ha habido experimentos espectaculares en los últimos años que incluso están rompiendo los esquemas de los *cyborgs* en la ciencia ficción. Por ejemplo, los sistemas BCI (*Brain-Computer Interface*, traducido como interconexión cerebro-ordenador) se empezaron a experimentar en la UCLA (University of California at Los Angeles) en los años setenta del siglo pasado. Son una comunicación por cableado entre el cerebro y un ordenador externo que permite la interacción biyectiva. Es decir, a partir de la mente-cerebro podemos modificar las imágenes-datos que vemos en el ordenador. Y viceversa, a través de instrucciones dadas a partir del ordenador podemos cambiar funciones motoras, sensitivas y emocionales. También están en proyecto sistemas no invasivos, aunque la transmisión-recepción de señales todavía está poco perfeccionada. En general un BCI o BMI (*Brain-Machine-Interface*) o neuroprotético, consiste en unos centenares de electrodos incorporados en un *microarray* que se implanta en la superficie del córtex cerebral (la estructura que, entre otras muchas funciones complejas, controla la organización del movimiento). Los electrodos registran las señales eléctricas del córtex neuronal, se traducen a través de un algoritmo de ordenador y se usan para ordenar acciones específicas, tales como mover un cursor de ordenador o un brazo biónico. Las aplicaciones de estos sistemas hoy día son básicamente clínicas y están destinadas a los pacientes con parálisis de diversos grados y orígenes. A través de órdenes mentales podrán mover brazos, piernas u otro tipo de implantes robóticos. Con todo, todavía estamos lejos de las aplicaciones que vemos en ciencia ficción y que se generan en el imaginario social. La técnica BCI se ha utilizado con éxito (aunque parcial) en el control de infartos y tetraplejías (Hochberg, et al. 2006) y en la mejora de las capacidades humanas (Wang and Jung 2011).

En 1978 se implantó un chip en el cerebro de un adulto ciego que recibía las señales de un ojo artificial y le generaba visión de luz (“fosfenos”). En 2002, Jens Naumann y otros dieciséis pacientes ciegos recibieron unos implantes más avanzados. Gracias a dicho implante, Jens Naumann fue el primero en conseguir una visión, que aunque imperfecta, le permitía caminar y conducirse en su ámbito inmediato. En 2004, bajo el proyecto *Bridging the Island of the Colourblind*, el artista británico Neil Harbisson (un daltónico), se instaló un “*eyeborg*” en la cabeza para ver los colores ¹². El mismo año, después de que el gobierno británico le prohibiese aparecer en su pasaporte con el ojo cibernético, Harbisson empezó una campaña en defensa de los derechos de los *cyborgs*. Después de semanas de lucha en los medios de comunicación social que incluían la publicación de cartas de su universidad y de su doctor, su aparato protésico fue finalmente incluido en su foto de pasaporte como confirmación de su permanente estatus *cyborg*.

Tal vez la figura más importante en el desarrollo de una verdadera unión entre el humano y la máquina es Kevin Warwick ¹³. El 24 de agosto de 1998, Warwick fue objeto del experimento *Cyborg 1.0*. Se le implantó debajo de la piel un chip RFID (usando exclusivamente anestesia local) con el cual fue capaz de controlar puertas, luces, calentadores y computadoras sólo con la señal emitida por el chip. Un segundo experimento, todavía más importante, fue el *Cyborg 2.0* realizado el 14 de marzo de 2002. Un chip de mayor complejidad fue implantado en el sistema nervioso de Warwick por medio del cual fue capaz de mover una mano cibernética utilizando el *interface* neuronal. Además, se le implantó también a su esposa un microchip, con el objetivo de crear alguna clase de telepatía o empatía, permitiendo así la primera comunicación puramente electrónica entre dos sistemas nerviosos humanos.

VI. PRECISIONES RESPECTO A LOS CONCEPTOS DE HUMANOS BIÓNICOS, ROBOTS Y CLONES HUMANOS

Las fronteras semánticas entre los términos *cyborg*, robot, androide, replicante y clon son cada vez más difíciles de establecer debido, sobre todo, a las aplicaciones de la biónica (Mestres y Vives-Rego 2011). Un concepto parecido al de *cyborg* y que muchas veces se utiliza como sinónimo es el de “hombre (o mujer) biónico”, que son personas en los que se ha sustituido un órgano o un miembro por versiones mecánicas (o cibernéticas). Es decir, una parte concreta de cuerpo enferma o mutilada es sustituida por una prótesis que puede ser bastante sofisticada. ¿Qué diferencia hay entre un ser humano biónico y un *cyborg*? Esencialmente muy poca, pues ambos combinan elementos orgánicos con elementos mecánicos o cibernéticos (Mestres 2011). En general nuestra cultura piensa en un *cyborg* como un

ser compuesto por gran parte inorgánica y tan solo algunos órganos esenciales del ser humano (habitualmente el cerebro). Si efectuamos una búsqueda de imágenes en Internet con la palabra *cyborg* la gran mayoría de los individuos que aparecen tienen aspecto de robots grandes con algún elemento del cuerpo humano. Por el contrario, el ser humano biónico es un individuo principalmente orgánico con una reducida proporción de componente inorgánico (mecánico y/o cibernético). Esencialmente, el concepto es casi similar. De hecho, todos nosotros (o casi todos) somos biónicos y *cyborgs* en ciernes según lo dicho en el apartado anterior. Seguramente nuestra sociedad actual nos definiría como biónicos pero no como *cyborgs*. De hecho, la biónica se define como la aplicación de tecnología moderna para solucionar problemas funcionales en los seres vivos y en particular en el hombre. Etimológicamente, la palabra viene del griego *bios*, que significa vida y el sufijo *-ico* que significa "relativo a". La denominada ingeniería biónica abarca varias disciplinas con el objetivo de concatenar (hacer trabajar juntos) sistemas biológicos y tecnológicos, por ejemplo, para crear prótesis activadas por los nervios, robots controlados por una señal biológica o también crear modelos artificiales de cosas que existen en la naturaleza, como la visión artificial y la inteligencia artificial¹⁴. Se podría decir que la biónica es aquella rama de la cibernética que trata de simular el comportamiento de los seres vivos mejorando u optimizando sus funciones básicas por medio de instrumentos mecánicos. Sin embargo, el propio concepto de inteligencia artificial y sus aplicaciones a la robótica ha tenido críticas importantes, de entre las que quisiéramos mencionar la del "argumento de la habitación china" de John Searle, que intenta excluir la posibilidad de verdadera inteligencia artificial. Este argumento se centra en un experimento imaginario en el que una persona que sólo conoce el inglés (o cualquier otro idioma que no sea chino), está aislado en una habitación donde recibe desde el exterior instrucciones para manejar ideogramas chinos. Para un observador externo esa persona parecería como alguien que conoce el idioma chino. En esta línea de razonamiento, John Searle argumenta que un ordenador dotado de inteligencia artificial en principio no entendería el lenguaje que utiliza, sino que únicamente lo usa siguiendo una serie de instrucciones preestablecidas¹⁵.

En cambio, el concepto de *robot* sí que es fácilmente diferenciable al de *cyborg* (Mestres y Vives-Rego 2011). Un robot es una máquina programable que imita las funciones humanas tanto mecánicas como cognitivas y decisorias en el nivel de inteligencia artificial y que puede tener aspecto humano. En particular, el término *androide* hace referencia a un robot que ha sido diseñado para imitar y actuar como un humano. De este modo, se establece una diferenciación con los robots diseñados únicamente como herramientas avanzadas, por ejemplo, aquellos utilizados en la fabricación de automóviles. Recientemente, el término *androide* cae en desuso y se

sustituye por el de *robot humanoide*. En robótica avanzada con inteligencia artificial, se incorporan en sus “plataformas agnósticas”¹⁶ desde referencias sociales que permitan el aprendizaje social hasta arquitecturas computacionales cognitivas y afectivas. Un ejemplo de robot avanzado es el robot denominado *Kismet* de finales de los años noventa, producido en el Massachusetts Institute of Technology, dotado de capacidades que le permiten interactuar con humanos y simular emociones y aspectos humanos. Una de las mejores versiones de robots comerciales es el robot humanoide *Nao*, lanzado en el 2005 al precio aproximado de unos 3 600 euros únicamente para clientes seleccionados dentro del mundo académico. Se trata de un robot de unos 58 cm de alto, con visión, voz, inteligencia artificial y plataforma agnóstica programable desde los sistemas operativos Linux, Windows o Mac¹⁷.

Históricamente, la visión construida por el hombre sobre los robots es antigua. Así, por ejemplo, existe un precedente en la Cábala judía. En ella se comenta que aquel hombre capaz de conocer el nombre misterioso de setenta y dos letras de Dios, podría crear un *Golem* de barro y darle vida transitoria. Este poder fue atribuido a varios rabinos, como el superior de Praga, Löw. Según la tradición, recreada por Gustav Meyrink en su novela *El Golem* (puede consultarse la versión castellana de 1995), el rabino lo creó para que le ayudase en la sinagoga. Era un ser vegetativo y semiconsiente, y sólo durante el día estaba activo gracias a una tarjeta mágica que tenía entre los dientes y que era capaz de atraer las fuerzas del universo. Una noche Löw se olvidó de retirarle la tarjeta de la boca. El Golem enloqueció y fue por las calles destrozando todo a su paso (Göock 1971). Es también importante citar al escritor checo Karen Capek (1890-1938) que acuñó el término *robot*, que etimológicamente procede de la palabra checa *robotá* que significa “trabajador forzado”. En este breve repaso histórico es preciso citar al escritor Isaac Asimov, que fue un precursor al describir magistralmente la robótica y los peligros de los robots para el ser humano.

La visión actual en las sociedades avanzadas tiende a predecir que los robots humanoides serán cada día más frecuentes en la vigilancia de edificios e instituciones y trabajando en hospitales, jardines e incluso en nuestras casas. Es decir, cada vez tendrán más presencia y por tanto más impacto en nuestras vidas y nos acostumbraremos a ver y tener a nuestro alrededor robots que nos faciliten la vida. Una consecuencia inevitable de todo ello será que les atribuiremos una personalidad y les pondremos nombres, como sucede desde hace siglos con nuestros animales domésticos o de compañía. Además, esperaremos de ellos que actúen como nosotros o como nosotros quisiéramos que actuaran. De hecho, esta situación ya se refleja en el teatro japonés, donde desde hace años se han empezado a ver obras en las que uno de los personajes es un robot. Inicialmente, el personaje del robot era interpretado por un actor humano

con forma y movimientos de robot. Desde hace poco, existen obras teatrales en las que el personaje de un robot es interpretado por un verdadero robot. En dichas obras, puestas en escena a finales del siglo XX, el robot no tenía forma humana y se diferenciaba claramente de las personas. Pero recientemente, se han desarrollado robots que se asemejan e imitan con gran perfección a los artistas humanos. El guión predominante se basa en las relaciones que se establecen entre los humanos y los robots humanoides, y de modo particular las quejas que expresan los robots, que acusan a los humanos de tratarlos como máquinas carentes de sentimientos y reclaman su derecho a ser tratados como humanos. Abundan ejemplos¹⁸ de obras teatrales recientes y de artículos en revistas especializadas, entre ellos la comedia *Bacarobo* y su análisis por Y. Stone (2010).

Llegados a este estado de cosas, será común que tengamos dificultades en distinguir a los robots de los verdaderos humanos y hacerlo será progresivamente menos fácil. De hecho, *Terminator* era originariamente un robot al que se le incorporó piel y sangre producidas biotecnológicamente para pasar inadvertido por los humanos. En tales circunstancias, los robots serán causa y objeto de relaciones emocionales complejas con los humanos que, a su vez, darán lugar a confrontaciones y confusiones, cuando no conflictos de identidad tanto en los humanos como en los robots que hayan incorporado los comportamientos humanos. Las diferencias entre robots y humanos, aparte de los genes, serán progresivamente más difíciles de establecer. Los genes son los responsables del funcionamiento, de la reproducción y también de la evolución de los seres vivos. El proceso de la reproducción de los seres vivos (ya sean bacterias, animales o plantas) es más eficiente y flexible que el de los robots y esa será una de las diferencias cruciales entre humanos y robots. En cualquier caso, esta ventaja de los seres vivos frente a los robots nos permite asumir que nuestro mundo estará constituido predominantemente por seres vivos, aunque la presencia de robots sea cuantitativamente importante. La autorreproducción de los robots se imagina enormemente complicada: fabricación de las piezas, ensamblaje, control de calidad, programación de la reproducción, criterios de selección y supervivencia, y un largo etcétera. Tampoco hay que olvidar que los seres vivos son máquinas complejas, dotadas de una gran variedad de instrumentos de medición, de análisis, de recepción de estímulos y de reacción y respuesta, que se organizan a partir de los órganos de los sentidos que la evolución biológica ha desarrollado y que, por tanto, permite captar lo que denominamos propiedades organolépticas. Crear máquinas que se comporten como cerebros humanos, capacitadas para observar un comportamiento inteligente y aprender de él, es parte del campo de la investigación de la robótica y la inteligencia artificial. Dentro de ese comportamiento inteligente se encuentran tanto las actividades relacionadas con el raciocinio, es decir,

estrategia y planeamiento, como con la percepción de propiedades organolépticas, es decir, el reconocimiento y procesado de imágenes, colores, sabores, sonidos y sensaciones táctiles. Esta es una de las líneas de experimentación que está desarrollando Kevin Warwick en la University of Reading ¹⁹ al introducir neuronas de rata en robots para mejorar su desempeño. Esta aproximación experimental sería un ejemplo de *cyborg de novo*. Fijémonos que de hecho se trataría del paso de robot a *cyborg*-humano si se incorporasen en el robot elementos biológicos de nuestra especie. Por último, recordemos que otras características que hoy consideramos específicamente humanas probablemente dejarán de serlo, pero de estos temas hablaremos en un futuro artículo.

Otro tipo de seres diferentes de los *cyborgs* y los robots son los replicantes (o replicadores). Se trata de un concepto o imaginario todavía distante de la realidad, que quedaron reflejados en películas como *Blade Runner* o *Stargate*. Según esas obras de ciencia ficción, los replicantes serían formas de vida producto de la ingeniería genética, *a priori* de constitución totalmente orgánica y por tanto sin elementos mecánicos. Sus órganos y tejidos se habrían producido por ingeniería genética en fábricas-laboratorio. Los replicantes, al tener un genoma, tejidos y órganos humanos, creemos que serían humanos, pues únicamente difieren de nosotros por presentar un proceso de génesis externo a la reproducción humana. Desde el punto de vista científico, esa imagen-idea de "replicante" puede coincidir en algunas ocasiones con el concepto de *clon*. Según la Real Academia de Española de la Lengua, un *clon* se define como: "conjunto de células u organismos genéticamente idénticos, originado por reproducción asexual a partir de una única célula u organismo o por división artificial de estados embrionarios iniciales". Se conocen desde hace siglos numerosos casos de clones en biología, tanto naturales como inducidos: priones, virus, bacterias, vegetales y en las últimas décadas animales diversos como ovejas, perros y otros vertebrados ²⁰. No se ha hecho público si se han obtenido clones humanos, pero si se obtuviesen, deberían ser considerados personas humanas, puesto que hoy día nadie duda que los gemelos monocigóticos (dos personas provenientes de la misma célula inicial, el cigoto) son tan personas humanas individuales como cualquier otro ciudadano. El clon no es una extensión del yo, sino un individuo independiente. Otra situación que muestra cierto tipo de similitudes con los posibles clones humanos es el caso de los hermanos siameses sobre el que no nos extenderemos aquí ²¹.

Si resumimos lo comentado anteriormente en un esquema (figura 1), nos daremos cuenta que el elemento central es el *cyborg* (tanto en sentido amplio como en sentido estricto), al que se llega fácilmente a partir del ser humano. También se puede llegar a *cyborg* a partir de los robots, en este caso se trataría de un *cyborg de novo* (este proceso aún no es factible, a pesar

de los robots construidos por Warwick a los que se ha añadido alguna neurona de rata). Aunque no es técnicamente realizable en la actualidad, si al *cyborg de novo* así obtenido le sustituimos las partes cibernéticas por tejidos y órganos humanos, llegaríamos a tener un replicante. Como ya se ha comentado con anterioridad, los replicantes son asimilables a los humanos. Es importante destacar la reversibilidad de los procesos. Por último, queremos destacar por todo lo expuesto anteriormente que tanto clones como replicantes (si algún día los hubiese) son humanos a todos los efectos. Como tales pueden pasar (y seguramente lo harán) al estado de *cyborg*.

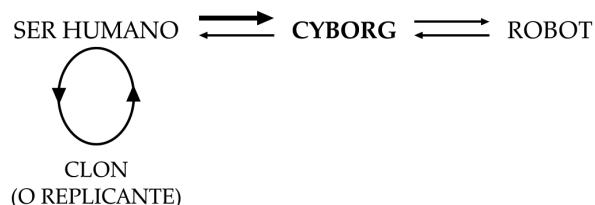


FIGURA 1.
Relaciones entre humanos, *cyborgs*, robots, clones y replicantes. En algunos casos estas relaciones son sólo posibles desde un punto de vista hipotético. El grosor de la flecha indica la magnitud relativa de la transformación.

Podríamos concluir argumentando que los humanos, desde tiempos ancestrales, hemos sido *cyborgs* porque siempre hemos recurrido a la tecnología para solucionar las limitaciones de nuestro cuerpo. Desde este punto de vista, no habría razones para poner límites ni a la biónica ni al avance de los *cyborgs*-humano, ya que sería algo natural y consustancial en nuestra especie. La pregunta que surge de inmediato es: ¿En qué medida seguiremos siendo humanos una vez que reemplazamos nuestros órganos con prótesis (quizás a excepción del cerebro), algo que por otra parte es cada vez más plausible? En cualquier caso, el *cyborg* rompe con el dualismo de lo natural-artificial, y lo autóctono y alóctono. Si ya desde hace décadas las fronteras entre lo que es natural y lo que ha sido construido por el hombre se desdibujan, con el *cyborg* esa frontera se convierte en un gradiente de continuidad, donde el inicio se fusiona con el final de los procesos auto-constructivos.

VII. ¿HACIA DÓNDE EVOLUCIONA EL HOMBRE
Y EL HOMBRE AUMENTADO?

El concepto de evolución no es más que el cambio a lo largo del tiempo. Se pueden definir muchos tipos de evolución, como la económica, la sociológica, la cultural, y otras. Así, entendemos por evolución biológica los cambios que tienen lugar en los seres vivos a lo largo del tiempo. El ser humano, en cuanto que ser vivo, continúa sujeto a la evolución biológica. Sin embargo, la evolución cultural ha sido factor fundamental en su historia. Los avances tecnológicos que han posibilitado el desarrollo de la humanidad se han transmitido culturalmente tanto a los individuos de una misma generación como a los de las generaciones posteriores. En este artículo nos centraremos únicamente en la evolución biológica y en la cultural. En el ámbito de la primera, la teoría aceptada por los científicos e investigadores es la denominada teoría sintética de la evolución, que es una mejora de la propuesta originariamente por Darwin en el siglo XIX (Darwin 1859) gracias a la incorporación de la genética. Según dicha teoría (y el propio Darwin lo especuló) todas las formas de vida actuales y extinguidas derivan de una primera forma de vida ancestral, conocida como LUCA (*Last Universal Common Ancestor*). Mediante la selección natural y otras fuerzas evolutivas, tales como la mutación, la deriva genética o la migración se ha llegado a la especie humana por evolución biológica. A pesar de que parece que el hombre es capaz de dominar el entorno natural, sigue sujeto a los efectos de las mutaciones, la selección natural, etcétera. Además, cualquier catástrofe natural o inducida por el ser humano nos recuerda nuestra dependencia respecto del ambiente de nuestro planeta. Esta sensación de independencia y aparente dominio de la naturaleza por parte de los humanos es ficticia y producto de nuestra evolución cultural. Con todo, ha sido esa percepción, cuando no convencimiento, lo que nos ha permitido conseguir avances técnicos que han hecho posibles las adaptaciones a ambientes hostiles. El ser humano es capaz de sobrevivir en la mayoría de hábitats naturales de la superficie terrestre y de la luna. También debemos recordar que aunque la evolución cultural es predominante en el hombre no es exclusiva de nuestra especie ²².

El ser humano tiene una serie de similitudes con otros organismos vivos y unas diferencias concretas. Desde un punto de vista genético, somos muy parecidos a gorilas y chimpancés, y a su vez tenemos conciencia (o al menos así lo creemos) que somos muy diferentes a ellos. En el ser humano la evolución biológica le ha conllevado un importante aumento de la inteligencia, que a su vez es clave para entender la adaptación de nuestra especie a su entorno, tanto físico como biológico. Paralelamente, esa inteligencia le ha conducido al desarrollo de una importante evolución cultural. Mientras que la evolución biológica está basada en la selección natural y el paso de los genes de una generación a la siguiente (transmisión

vertical), la evolución cultural se puede transmitir de forma horizontal a individuos de una misma generación y también a los de sucesivas generaciones. Por tanto, la evolución cultural permite una transferencia de información mucho más rápida (Cano, et al. 2010). Consideramos importante consignar que la selección natural es un proceso en general lento (normalmente requiere muchas generaciones e implica periodos largos de tiempo) comparado con la selección cultural, que puede darse cuando menos en pocos años o incluso meses. En la actualidad, la transmisión de ideas puede acontecer en cuestión de segundos y acto seguido su registro en los soportes actuales (desde libros a Internet) las pueden eternizar. Las consecuencias de ello son cruciales para el destino del hombre, ya que, por ejemplo, en el caso de la sostenibilidad, lo que nos puede evitar con mayor probabilidad el suicidio ecológico difícilmente será la selección natural. En cambio, unos simples y rápidos cambios de comportamiento (cultural) podrían permitirnos sobrevivir en condiciones similares a las actuales (Vives-Rego 2010).

Por todo ello parece que podemos asegurar que, en el ámbito que estamos considerando, la selección cultural es más ágil y genera una dinámica evolutiva más rápida que la selección natural. Seguramente el componente cultural más potente y que genera los cambios evolutivos del hombre a mayor velocidad ha sido y es la tecnociencia. Sin ella, la capacidad adaptativa del ser humano sería mucho más reducida. Una de las cuestiones fundamentales en el proceso evolutivo humano actual es determinar en qué medida la selección cultural se impone o condiciona o tiene preponderancia respecto a la selección natural. Otra cuestión crucial de orden evolutivo es saber qué tipo de interrelaciones se dan entre la selección natural y la selección cultural. Ya hemos comentado anteriormente que la evolución biológica (fundamentalmente mediante la selección natural) sigue afectando al ser humano. Se podría decir que la evolución cultural actúa rápidamente y en "un nivel superficial", mientras que la evolución biológica lo hace en un "plano más basal" y a un ritmo más lento. Además, ambos tipos de evolución se superponen e interrelacionan. No se debe olvidar que un elemento clave en la evolución biológica de los humanos es la plasticidad del cerebro (Malabou 2007). Los humanos "construyen" su propio cerebro aunque no sean conscientes y en la gran mayoría de los casos no lo saben. El humano es a la vez el sujeto, el autor y el resultado de la permanente construcción de su cerebro. Esta construcción se hace a partir de la estructura anatómica que ha su vez ha sido codificada por los genes que ha heredado. Pero luego, desde el momento del nacimiento hasta la muerte, hay una permanente construcción como consecuencia de los estímulos medioambientales a los que el individuo está sometido a lo largo de su vida. En este continuo proceso de construcción hay un elemento de variabilidad constituido básicamente por los

escasos y poco evidenciables actos de libertad que dependen del propio individuo. De ese modo, el cerebro es el producto emergente de la historia del individuo y que por tanto hace difícil anteceder su devenir básicamente debido a tres factores: I) la propia plasticidad del cerebro; II) la imprevisibilidad de los elementos medioambientales en los que se va a insertar el ser humano, y III) la estocasticidad intrínseca (aleatoriedad natural) del propio proceso biológico (mutaciones, selección, adaptaciones, interacciones, y otros). Esta plasticidad se expresa a tres niveles: I) a nivel del desarrollo de la propia estructura cerebral y de modo particular en la variabilidad de las conexiones neuronales a nivel sináptico de las dendritas y el cuerpo espinoso de la neurona como en el establecimiento y variación de las redes neuronales; II) modulación a lo largo de la propia historia del cerebro, y III) en los procesos de reparación, regeneración y degeneración.

El pensamiento humano, que se ha ido desarrollando mediante la evolución biológica y la cultural, ha sido el impulsor de la tecnociencia que ha condicionado la historia de la humanidad. Así, a lo largo del tiempo, el ser humano ha confeccionado diferentes herramientas, domesticado animales, inventado la agricultura, y demás, y así ha llegado hasta donde hoy está. Uno de los procesos que ancestralmente hemos hecho, y continuamos haciendo, es modificar nuestro cuerpo para mejorar nuestra adaptación al medio o para superar una discapacidad (Mestres 2011). Respecto al primer caso, podemos recordar que el hombre primitivo inventó tanto el vestido como el calzado. Para la segunda cuestión (superar una discapacidad) tenemos ejemplos clásicos como son las patas de palo o los garfios de los piratas, donde es evidente que se trata de unas formas de prótesis bastante rudimentarias. La evolución cultural ha hecho posible el desarrollo tecnológico. Es de destacar su progresión exponencial a partir de mediados del siglo XX, con base en la biotecnología y la computación. Ellas han permitido mejorar la vida de los seres humanos y superar algunas de sus discapacidades. Respecto a este segundo punto, la tecnociencia utiliza principalmente dos aproximaciones: remplazar un tejido, órgano o miembro por otro equivalente (orgánico) o bien mediante una prótesis mecánica (o cibernética). Desde un punto de vista histórico, las transfusiones de sangre fueron la primera forma de trasplante, aunque no fue hasta los años sesenta del siglo pasado cuando se iniciaron los trasplantes de órganos vitales del cuerpo humano (riñón, corazón o hígado). Una dificultad grave era el del rechazo del órgano transplantado por parte del individuo receptor. Para superarla se ha potenciado la tecnología de las células madre en los últimos años. Mediante ellas se espera llevar a cabo implantes de tejidos, terapia genética o incluso elaborar "órganos a la carta" a partir de las células madre del propio receptor (Bueno 2005). No obstante, el uso de células madre implica toda una serie de consideraciones de tipo ético y moral. La sociedad se encuentra dividida sobre su utiliza-

ción y queda un largo camino científico por recorrer hasta que lleguemos a sintetizar todos los órganos nuevos que los humanos puedan necesitar, aunque, como hemos indicado en un párrafo previo, recientemente ya se han obtenido algunos resultados. La otra aproximación es la de las prótesis, que han pasado de sustituciones rudimentarias de partes del cuerpo a obras de ingeniería cibernética capaces de realizar prestaciones semejantes a las humanas. Las prótesis, incluso no siendo refinadas, puede mejorar el rendimiento de una persona (aumentación). Por ejemplo, un operario especializado en soldaduras perdió una mano en un accidente. Ésta le fue sustituida por una prótesis primitiva que, sin embargo, le permitía realizar soldaduras que una persona corriente normal no podía realizar. En la actualidad existen prótesis cibernéticas muy sofisticadas de la mano o del brazo, con una movilidad extraordinaria y un aspecto parecido al natural.

Podríamos pensar que la longevidad y la capacidad reproductiva impulsarán un aumento de los *cyborgs* humanos aumentados a favor de los humanos que no incorporen aumentaciones. Además, un humano aumentado o *cyborg*, si está satisfecho con sus aumentaciones y le proporciona satisfacciones y, por tanto, en términos neurofuncionales más descargas de dopamina vía actividad intelectual o social en cualquiera de múltiples manifestaciones (ser creativo, hablar, comer, practicar el sexo, etcétera) es de esperar que sea seleccionado positivamente respecto a los humanos no aumentados (siempre y cuando su capacidad reproductiva no disminuya). Ahora bien, estas adaptaciones (las aumentaciones) no han llegado al ser humano vía la selección natural, sino por un proceso de evolución cultural. Ya hemos comentado que la vestimenta, la lectoescritura, y demás, se han generado mediante la tecnociencia (cultura). Entonces, estas adaptaciones (las aumentaciones) no pasarán a la descendencia mediante los genes, sino que deberán adquirirse en cada generación. En algunas sociedades avanzadas, los hijos se sorprenden de no ser estéticamente tan agraciados como sus progenitores, pues estos últimos voluntariamente han modificado su apariencia externa mediante cirugía plástica, bótox, prótesis corporales, etc. Es un claro ejemplo de que el cambio en el aspecto del cuerpo no ha ido acompañado de alteraciones del material genético.

Otra idea de nuestro imaginario social es pensar en qué utilidad social tendrían los *cyborgs*. En las producciones de ciencia ficción aparece frecuentemente el concepto de fuerza física asociado a los *cyborgs*. Podríamos pensar en generar una casta de trabajadores muy fuertes (para realizar trabajos mecánicos) o adaptados para la lucha (cuerpos de seguridad o militares). Sin embargo, ésta no parece ser una buena perspectiva futura por varias razones. Con anterioridad ya hemos comentado la factible adopción de armaduras externas articuladas móviles, con energía propia, ágiles y de gran fuerza. Éstas aparecen en algunas producciones cinematográficas donde se muestran seres humanos subiéndose a armaduras

cibernéticas articuladas para realizar labores de carga (*Aliens, el regreso*) o de combate (*Avatar*). Como hemos expuesto, este futuro parece razonable. Por otra parte, un *cyborg* soldado (*cyborg* humano) no tendría actualmente mucho sentido, debido a que nuestra sociedad prefiere guerras con un escaso número de bajas humanas y esta idea ha conducido al desarrollo tecnológico de aviones no tripulados y pilotados desde bases remotas muy alejadas de la zona de combate, robots que son carros de combate o buques no tripulados para la eliminación de minas ²³.

En general el ser humano tiene muy arraigada la idea errónea de que la selección natural favorece al más fuerte. Por lo tanto, es corriente pensar en un *cyborg* que proporcione fortaleza física. No es cierto que la selección natural favorezca al más fuerte; es más, la aplicación desafortunada de dicha idea había permitido justificar conductas socialmente del todo inaceptables (Rose 1976; Mestres 2007, 2010). Existen muchos ejemplos para demostrar que la selección natural no actúa así (Mestres 2010). Además, los elementos no propiamente humanos del *cyborg* no se transmitirán genéticamente a la descendencia. De nuevo, visto así, la evolución del hombre aumentado es cultural y no biológica.

A pesar de todo lo expuesto, vamos a especular sobre las eventuales ventajas e inconvenientes de generar *cyborgs de novo*. Una primera cuestión sería: ¿qué componentes orgánicos del cuerpo humano escogeríamos para incluir en el armazón metálico? Creemos que los sistemas biológicos aún siguen siendo más eficientes que los cibernéticos más sofisticados. Por ejemplo, un riñón es más cómodo y eficaz que un aparato de diálisis. Especulando que la tecnociencia consiguiese suplantar la mayoría de nuestros órganos, posiblemente el único que perduraría en un *cyborg* sería el cerebro, por ser donde reside la inteligencia del ser humano. Para llegar a este punto se debería solventar una serie de problemas tales como su alimentación o defensa desde un punto de vista inmunológico. Incluso podríamos especular que dichos *cyborgs* llegarían a evolucionar hasta convertirse en una especie distinta de la nuestra y prescindir de los seres humanos. ¿Sería factible su reproducción en ausencia de los seres humanos? Se necesitaría un linaje celular de origen humano que permitiese el desarrollo del cerebro y con capacidad de fabricarse, ellos mismos, la armadura metálica-cibernética y el consiguiente soporte vital. En estas circunstancias, los cerebros sintetizados *in vitro* serían posiblemente clónicos genéticos. Éste podría ser, en alguna manera, el *cyborg* idealizado por Haraway (1991) que no precisaría el sexo para reproducirse. Sin embargo, dichos *cyborgs* tendrían un peligro biológico potencial y grave. Un agente patógeno (ya fuese bacteriano o vírico) podría infectar las líneas celulares necesarias para la generación de los cerebros clónicos. Se podría producir su extinción al no poseer suficiente variabilidad genética para que la selección natural pudiese hacer frente a la infección. En el caso de los seres

humanos tenemos una serie de tristes ejemplos de esta situación, como la epidemia de peste de la Edad Media (Hays 2005), en la que se seleccionaron los pocos individuos resistentes, o la hambruna que asoló Irlanda en el siglo XIX por la plaga de *Phytophthora infestans* que destruyó las plantaciones de patata (Bueno 2008). Solventar este grave problema implicaría o bien poseer un amplio banco de líneas celulares de variabilidad genética convencional o bien desarrollar sistemas complejos de detección, prevención y tratamiento de las infecciones. Por tanto, parece que cualquier infección accidental en las líneas celulares causaría probablemente la extinción de estos *cyborgs de novo*.

Con todo, nuestra tecnociencia podría construir un *cyborg* a partir de otro tipo de aproximación. Como ya hemos razonado, el camino para aumentar las prestaciones del ser humano seguramente no pasa por poseer más fortaleza física, sino potenciando una característica propia del *Homo sapiens*, la inteligencia. Científicamente ésta es difícil de definir con exactitud y de cuantificar, ya que se compone de elementos genéticos y ambientales (entorno familiar y cultural, aprendizaje, etc.). Se podría crear un *cyborg* (un ser humano biónico) con mejores prestaciones respecto a la inteligencia. El desarrollo tecnocientífico ha producido un gran aliado para mejorar nuestras vidas, el ordenador. Este instrumento nos facilita la capacidad de cálculo, el almacenamiento y la búsqueda rápida de la información, etc. El *cyborg* de nuestro futuro bien podría ser un humano con un implante computacional (chip) conectado directamente al sistema nervioso central (recordemos lo dicho en el apartado 4). Ello podría incrementar en gran medida la inteligencia de los humanos. Fijémonos, tal y como hemos comentado anteriormente, que se trataría de un ser humano biónico, al tener poca proporción de elementos cibernéticos en su cuerpo. Este implante informático posiblemente se realizaría poco después del nacimiento. Seguiríamos hablando de especie humana, pues el modo de reproducción biológica sería la típica de nuestra especie. En nuestra sociedad, dichos *cyborgs* tendrían dos claras ventajas. Al admitirse como miembros de nuestra especie, no existiría la preocupación por un mundo poblado de *cyborgs de novo*, contra los que los humanos tendrían quizás que acabar luchando. La segunda ventaja sería de índole egoísta y económica, en tanto para los humanos siempre sería más rentable invertir en sí mismos que en sus potenciales enemigos o competidores, los *cyborgs de novo*. Por contra, este nuevo tipo de organismo abriría un gran debate ético-moral en nuestra sociedad. ¿Todo el mundo tendría derecho a recibir el chip computacional, o estaría restringido a un grupo reducido de privilegiados? En este último caso, ¿se generaría una casta de seres superinteligentes y otra de siervos? ¿Sería ello una visión actualizada de la novela *Un mundo feliz*, de Aldous Huxley (1932)? ¿Qué función realizarían estas personas en nuestra sociedad? ¿Serían dirigentes o servidores confi-

nados o reclusos, al considerarlos demasiado potentes intelectualmente y por tanto potencialmente peligrosos? Ante ese hombre-máquina, es esperable que surjan capacidades nuevas que ni se dan en el hombre ni se dan en las máquinas (robots), al igual que en biología surgen propiedades emergentes y novedosas cuando dos organismos constituyen una asociación simbiótica. Dichas asociaciones han sido fundamentales en la historia de los seres vivos de nuestro planeta. Esas capacidades podrán o no ser establecidas por la selección natural biológica o por la selección cultural. En tales circunstancias, la población de *cyborgs* u hombres aumentados podría tener éxito evolutivo, es decir, ser seleccionados y reproducirse más. Es evidente que el implante computacional es independiente del genoma de los individuos que lo tiene y por tanto no es heredable (en cada generación debe realizarse el implante). Aun así, algunos individuos podrían tener en su genoma variantes genéticas que harían la interconexión entre chip y cerebro más eficiente. Estas características sí podrían ser heredables y transmitirse a la descendencia, con lo que podrían seleccionarse biológicamente. Si el futuro de la humanidad fuese en esta dirección, la evolución del hombre *cyborg* podría llevar al hombre natural a la extinción o a ser reducido a "reservas" muy localizadas, como ya es el caso de ciertas tribus en la amazonia o en África, que viven aislados y a la vez protegidos de la civilización, aunque sólo sea como testimonio de un pasado no tan lejano.

Finalmente, queremos apelar a la necesidad de preguntarse el ¿por qué? de la cyborización y la incorporación de robots en la sociedad actual, en la línea que formuló Hannah Arendt:

La banalidad repetida sin fin, la de que la Edad Moderna introduce la pregunta ¿cómo? en lugar de la pregunta ¿por qué?, tiene en todo caso una justificación si comprendemos que aquí no emerge un nuevo concepto de verdad, sino un (¿nuevo?) desinterés por la verdad, que puede formularse así: No quiero saber por qué algo es, y *tampoco* cómo se produce, sino, *¿cómo puedo hacer [algo]*? (Ludz y Nordmann 2006).

Si reflexionamos sobre los hechos a los que nos hemos referido en el presente artículo, es obvio que las preguntas que subyacen en la mayoría de la población son: ¿cómo podemos cambiar nuestro cuerpo y conseguir nuevas e imparables aumentaciones? Y también, ¿qué podemos hacer para aumentar nuestras capacidades humanas? Sin embargo, la pregunta básica que está ausente es: ¿por qué queremos cambiar nuestro cuerpo? o, ¿por qué queremos tener robots a nuestro alrededor? ¿Por qué no estamos satisfechos con nuestro cuerpo y aspiramos a cambios que nos distancian constantemente y desde los principios de la antropogénesis de nuestro origen y nuestros vínculos animales? Entendemos con Hanna Arendt que

la repetición exhaustiva de ¿qué? y ¿cómo? sin antes haberse planteado el ¿por qué?, puede llevarnos a huir de la verdad y no querer saber qué es lo que queremos ser y qué tipo de aumentaciones nos distancian o no de nuestro yo, de la esencia de nuestro ser, trivializando de este modo la esencia ontológica y teleológica del humano. No cabe duda que la pregunta ¿por qué? da miedo, nos frena y para evitarla ponemos en primera instancia las que son más triviales e inmediatas: ¿qué? y ¿cómo?

Al final del preámbulo de este trabajo nos preguntábamos: ¿Cómo podemos educar al ser humano para lograr una sociedad feliz, justa y racional? ¿Qué impide, desde hace miles de años, que el hombre no sepa convivir en paz y felicidad y erradicar la violencia y la injusticia? ¿Cómo evitar que los impulsos de ambición, violencia y apropiación sin límites de bienes y personas, continúen erosionando la felicidad de los humanos? Entendemos que las aumentaciones del ser humano son deseables y pueden aportar felicidad y resolver problemas. Aun así, sólo el responder de manera profunda y universal al ¿por qué? de esas aspiraciones, puede contribuir a una sociedad más feliz, justa y racional. Es patente que si el por qué de las aumentaciones y la presencia de robots es el conseguir aumentar el poder de ciertos sectores para someter a la otra parte de la población, las aumentaciones y los robots no harán sino magnificar y hacer más irresolubles los enfrentamientos sociales. Las respuestas a estas preguntas y a los retos sociales que plantean los procesos de aumentación las abordamos en un segundo artículo.

Como conclusión, queremos recordar que la convivencia con *cyborgs* y robots no es ya una quimera sino una realidad. Es más, la mayoría de seres humanos somos *cyborgs*, en cualquiera de los dos sentidos que hemos definido (amplio o restringido). Es por ello que consideramos crucial tener conciencia de esta realidad en tanto que nuestra sociedad optará por adaptarse de diferentes y, por el momento, imprevisibles modos a ella.

NOTAS

- 1 Los términos *técnica*, *tecnología* y *tecnociencia* se emplean aquí como sinónimos, aunque somos conscientes de las diferencias que se han establecido entre ellos, desde diversas escuelas de pensadores contemporáneos. En cualquier caso nuestro punto de partida como científicos experimentales es que la técnica es un procedimiento basado en un conjunto de reglas, normas y protocolos, que tienen como objetivo obtener un resultado determinado en cualquier campo del saber o de la actividad humana. La tecnología es el estudio de las técnicas y sus aplicaciones. A efectos operacionales, no hay ciencia sin técnica ni tecnología, ni la tecnología puede existir sin ciencia ni técnica. La tecnociencia es un concepto interdisciplinar e integrador que abarca la tecnología y la ciencia en su contexto social. Es una construcción social y por tanto una actividad colectiva, a la que los ciudadanos pueden sentirse proclives o no, pero difícilmente el ciudadano de este planeta puede sustraerse a sus efectos y consecuencias. Desde las tribus más primitivas de la amazonia a los sectores sociales más avanzados, su afectación por la tecnociencia difiere cuantitativamente, pero todos de un modo u otro están irremisiblemente influenciados por ella.
- 2 La hipótesis más aceptada respecto al origen del hombre moderno es la denominada "Desde África". Según ella, los seres humanos con aspecto moderno surgieron en el continente africano (o, según algunos autores, en el Oriente Medio) hace unos cien mil años, expandiéndose desde allí por el resto del mundo y reemplazando a las poblaciones preexistentes (ya fuesen de *Homo sapiens* arcaico o de *H. erectus*). Una buena revisión de estos procesos puede encontrarse en Ayala (2000) y Cela Conde y Ayala (2006).
- 3 La teoría del imaginario social ha sido desarrollada en los últimos años por numerosos pensadores. Los autores nos alineamos con la definición de J. L. Pintos (ver Coca and Valero, 2010). Así por ejemplo, Coca and Valero (2010) presentan la interacción entre tecnociencia e interculturalidad como la responsable de muchos aspectos de la cosmovisión actual del ser humano. Sin embargo, para los objetivos de este trabajo y de manera simplificada aceptamos como sinónimos del concepto de *imaginario social* los términos *cosmovisión*, *metacódigo*, *mentalidad* y *conciencia colectiva*.
- 4 Dicha autora feminista presenta en el "El manifiesto *cyborg*" (1991) cómo estas nuevas criaturas (los *cyborgs*) permitirían una superación de los humanos donde desaparecerían las diferencias entre sexos y por tanto se equipararían hombre y mujer.
- 5 Stelarc (Stelios Arkadiou) es un artista chipriota-australiano, cuyos trabajos y actuaciones se centran en las aumentaciones del cuerpo humano, integrando en él elementos de robótica y tecnología (<http://en.wikipedia.org/wiki/Stelarc>).
- 6 Entendemos por poshumanismo o transhumanismo los recientes movimientos filosóficos basados en las vertientes positivas de la neurociencia, neurofilosofía y tecnociencia, planteando un nuevo humanismo en el que la enfermedad y el envejecimiento se reduzcan drásticamente y se potencien los aspectos intelectuales y las capacidades corporales. Representaría una emancipación del ser humano en sus aspectos tecnológicos.
- 7 El término "aumentación" hace referencia a la utilización o incorporación de elementos tecnológicos que han servido a los humanos para superar sus limitaciones corporales. Desde un punto de vista estricto, se consideran

“aumentaciones” la vestimenta y utensilios primitivos hasta los más sofisticados sistemas de transporte, la informática, las prótesis y los órganos trasplantados. Hemos optado por incorporar el término “aumentación” en este artículo tras haber leído la obra (no de ciencia ficción) de Benford and Malartre (2007).

- 8 Por *cyborg de novo* entendemos un individuo constituido por un conjunto de elementos orgánicos (tejidos y órganos clonados) e inorgánicos (mecánicos y electrónicos) ensamblados y funcionales. Tanto los componentes orgánicos como los inorgánicos se han fabricado y ensamblado en laboratorios y fábricas. Entendemos que el término *ex novo* se refiere a algo nuevo en el sentido de reciente o inmediato, por tanto entendemos que no es el término adecuado. En cambio, *de novo* implicaría nuevo desde el principio o los orígenes más remotos. Un ejemplo de *cyborg de novo* sería la criatura de ficción *Terminator*, mayoritariamente cibernética pero con algún componente humano (sangre y piel) para confundirse con los humanos.
- 9 El exosqueleto, exoesqueleto o esqueleto externo, es la estructura externa y continua compuesta por una sustancia denominada quitina que recubre toda la superficie de los invertebrados artrópodos (arañas, insectos, crustáceos y grupos relacionados). Principalmente su función es protectora y además proporciona el sostén del aparato muscular.
- 10 Una descripción de exoesqueletos para humanos puede encontrarse en: http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_powered_exoskeleton.
- 11 Un reciente artículo de *National Geographic* (marzo 2011) “Organ regeneration” páginas 30-33, describe de modo breve, gráfico y preciso la producción de órganos a la carta y de los casos reales actualmente existentes.
- 12 Estos “*eyeborg*” se diseñan para permitir ver los colores a los daltónicos a través de las ondas sónicas que emiten los colores y últimamente permiten la visión a ciegos.
- 13 <http://www.kevinwarwick.com>
- 14 La expresión “inteligencia artificial” fue acuñada por John McCarthy en 1956 y en su momento la definió como “la ciencia y la ingeniería que hace máquinas inteligentes”. Actualmente, se considera una rama de las ciencias de la computación dedicada al desarrollo de agentes racionales no vivos que adopten decisiones consideradas inteligentes. Para explicar la definición anterior, entiéndase a un “agente” como cualquier cosa capaz de percibir su entorno (recibir entradas o *inputs*), procesar tales percepciones y actuar en su entorno (proporcionar salidas o *outputs*). Entiéndase a la racionalidad como la característica que posee una elección de ser correcta y en especial de tender a maximizar un resultado esperado. De acuerdo al concepto previo, racionalidad es más general y por ello más adecuado que inteligencia para definir la naturaleza del objetivo de esta disciplina. Por lo tanto, y de manera más específica la inteligencia artificial es la disciplina que se encarga de construir procesos que al ser ejecutados sobre una arquitectura física producen acciones o resultados que maximizan una medida de rendimiento determinada, basándose en la secuencia de entradas percibidas y en el conocimiento almacenado en tal arquitectura. Una definición mucho más simple proveniente del “transhumanismo” (www.transhumanism.com) es la reproducción de las capacidades del cerebro humano en un sistema artificial. Esta definición está actualmente superada puesto, que los procesos de inteligencia artificial superan claramente las capacidades de los humanos más inteligentes, más allá de que los humanos necesitamos para el progreso y avance del

conocimiento a la inteligencia artificial. Un ejemplo de ello y del dominio público son los robots jugadores de ajedrez que superan a los grandes maestros.

- 15 El argumento de la habitación china ha sido objeto de numerosos e interesantes debates, sobre todo por sus implicaciones en el funcionalismo y en las teorías y modelos computacionales del significado y del pensamiento.
- 16 En robótica humanoide avanzada, el término de *plataforma agnóstica* hace referencia a que el *software* que se incorpora al robot, no contiene ni comportamientos ni ideas sociales o morales preestablecidos. Los criterios de comportamiento tanto sociales como morales se “aprenden” a partir de los *inputs* que el robot recibe del exterior, es decir, de sus mentores y personas que le rodean en su fase de aprendizaje. Se siguen modelos de aprendizaje que intentan reproducir los mecanismos de aprendizaje de los niños.
- 17 <http://www.aldebaran-robotics.com>
- 18 <http://celestialkitsune.wordpress.com/2008/11/27/japanese-robot-theater>
<http://www.ycam.jp/en/performingarts/2011/04/android-human-theater-sayonara.html>
<http://www.planettokyo.com/news/index.cfm/fuseaction/story/ID/46/>
 En el artículo de Yuji Sone (2010), “More than objects: Robot performance in Japan’s Bacarobo Theatre”. *Studies in Theatre & Performance* 30 (3): 341-353; se hace una descripción de la comedia japonesa denominada *Bacarobo*, en la que el objetivo es entretener a la audiencia utilizando robots como actores. El elemento crucial de estas comedias es combinar el concepto de robot como un objeto aceptable y a la vez querido por la sociedad del futuro, a la vez que se estudia las relaciones emocionales entre humanos y robots.
- 19 <http://www.kevinwarwick.com/> y también <http://neurobonkers.com/?p=2770>
- 20 Existen bastantes especies de vertebrados que han sido clonadas. El primer experimento exitoso de clonación se debe a Gurdon (1968) trabajando con el sapo (*Xenopus laevis*). Sin embargo se tardó bastante más tiempo en obtener clones de mamíferos siendo uno de los primeros y sin duda el más conocido la oveja *Dolly* en 1996 (Wilmut, et al. 1997). Actualmente entre las especies clonadas de este grupo zoológico, al que pertenece el ser humano, podemos encontrar: el ratón, el mono Rhesus, el perro, la rata, el gato, el caballo, los terneros, la mula (que es un organismo estéril), el camello y otros. La clonación del ser humano no es un problema técnico especial, pero sí genera graves dudas a nivel religioso, ético y moral.
- 21 Los hermanos siameses son gemelos que permanecen unidos. Es una anomalía muy poco frecuente y en la mayoría de casos o nacen muertos o fallecen poco después del nacimiento. Su origen no está claro, a pesar de que la idea más aceptada es una separación de células que forman el embrión y una fusión posterior (Leroi 2003). Este proceso sería el responsable de los distintos tipos de hermanos siameses. Lo que sí está claro es que son seres humanos diferentes y por ello cada uno tiene un nombre y personalidad propia.
- 22 Algunos animales pueden aprender algún proceso útil y los demás individuos de su especie lo repiten por imitación. En Inglaterra, en los años veinte del siglo pasado las botellas de leche eran de vidrio y se tapaban con discos de cartón. El repartidor que las distribuía las dejaba delante de las puertas de las casas. En la localidad inglesa de Swaythling (cerca de Southampton) se observó que los pájaros picoteaban la tapa y bebían la leche. Muy pronto este comportamiento se extendió por una gran área. La transmisión cultural (se

realiza por imitación y no genéticamente) de esta capacidad para abrir las botellas fue seguida desde entonces hasta finales de los años cuarenta por ornitólogos del Reino Unido y de otros países europeos (Fisher and Hinde 1949). Dichos autores fueron prudentes en la identificación del mecanismo preciso de aprendizaje y de su difusión. En la actualidad se cree que la innovación respecto a la abertura de las botellas tuvo múltiples orígenes, pero que la extensión de la imitación fue un proceso acelerado (Lefevre 1995).

- 23 Entre los aviones no tripulados hay que destacar el RQ-2 *Pioneer* (UAV o vehículo aéreo no tripulado) que estuvo en activo desde 1986 a 2007. También existe el MQ1 *Predator* (UAV) en servicio desde 1995. Los carros de combate no tripulados son relativamente antiguos. Por ejemplo, los alemanes utilizaron durante la Segunda Guerra Mundial el denominado *Goliath*, ingenio oruga filoguiado cargado de explosivo y que se detonaba a distancia. Ejemplos más modernos son el ROBAT (*Robotic Obstacle Breaching Assault Tank*), desarrollado para el ejército de Estados Unidos para utilizarlo en campos de batalla peligrosos y el RLW diseñado como arma anticarro. La marina alemana tiene buques de superficie operados a control remoto para dragar minas. También existen robots submarinos para esta labor, la mayoría guiados por cable, como el SQL-48 MNS, el PAP Plus o el Seafox C.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala, F. J. (2000), "¿Desde África? Una perspectiva de los elementos poblacionales en la aparición de los seres humanos modernos", *Ludus Vitalis* 8: 135-156.
- Benford, G. and Malartre, E. (2007), *Beyond Human*, NY: Tom Doherty Assc.
- Bueno, D. (2005), *Òrgans a la carta*, Omnis Cellula – Publicacions i edicions de la Universitat de Barcelona.
- Bueno, D. (2008), *Convivint amb transgènics*, Omnis Cellula – Publicacions i edicions de la Universitat de Barcelona.
- Cano, M., Mestres, F. y Vives-Rego, J. (2010), "La *Weltanschauung* (cosmovisión) en el comportamiento medioambiental del siglo XXI: Cambios y consecuencias", *Ludus Vitalis* 18: 275-278.
- Cela Conde, C. J. y Ayala, F. J. (2006), *Senderos de la Evolución Humana*, Madrid: Alianza Editorial.
- Clynes, M. E. and Kline, N. S. (1960), "Cyborg and space", *Astronautics*, September, 26-27; 74-75.
- Coca, J. R. and Valero, J. A. (2010), "(BIO)Technological images about human self-construction on Spain context: a preliminary study", *Studies in Sociology of Science* 1: 58-66.
- Darwin, C. R. (1859), *On the Origin of Species*. London: John Murray.
- Fisher, J. and Hinde, R. A. (1949), "The opening of milk bottles by birds," *Brit. Birds* 42: 347-357.
- Göock, R. (1971), *Grandes enigmas de nuestro tiempo*, Barcelona: Círculo de Lectores.
- Gurdon, J. B. (1968), "Transplanted nuclei and cell differentiation", *Sci. Am.* 219: 24-35.
- Haraway, D. J. (1991), "A Cyborg Manifesto: science, technology, and socialist-feminism in the late twentieth century," in Haraway, Donna J., *Simians, Cyborgs and Women: The Reinvention of Nature*, NY: Routledge, pp. 149-181.
- Hays, J. N. (2005), *Epidemics and Pandemics: Their Impacts on Human History*. Santa Barbara, CA: ABC-CLIO Inc.
- Hochberg, L. R., Serruya, M. D., Friebs, G. M.; Mukand, J. A., Saleh, M., Caplan, A. H., Branner, A., Chen, D., Penn, R. D. and Donoghue, J. P. (2006), "Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia", *Nature* 442: 164-171.
- Huxley, A. (1932), *Brave New World*, London/Garden City, N.Y.: Chatto & Windus/ Doubleday, Doran & Co. Inc.
- Lefevre, L. (1995), "The opening of milk bottles by birds: Evidence for accelerating learning rates, but against the wave-of-advance model of cultural transmission", *Behavioural Processes* 34: 43-54.
- Leroi, A. M. (2003), *Mutants*, New York: Viking Penguin.
- Ludz, U. y Nordmann, I. (eds.) (2006), *Hannah Arendt. Diario filosófico 1950-1973*, vol. I, Madrid: Herder.
- Malabou, C. (2007), *¿Qué hacer con nuestro cerebro?* Madrid: Libros Arena.
- Mestres, F. (2007), "Selección natural", *Historia y Vida* 39: 26.
- Mestres, F. (2010), "Consideraciones respecto de dos conceptos fundamentales en biología evolutiva: a selección natural e a noción de tempo", *Roteiros* 4: 123-134.
- Mestres, F. (2011), "Evolución: de la especie humana al cyborg", *Sociología y Tecnociencia* 1: 37-46.
- Mestres, F. y Vives-Rego, J. (2011), "Precisiones interdisciplinares y conceptuales de los términos: cyborg, clon humano y robot", *Ludus Vitalis* 19: 235-238.
- Meyrink, G. (1995), *El Golem*, Barcelona: Tusquets Editores.

- Moya, A. (2007), "Hombres y cyborgs", *Ludus Vitalis* 15: 227-230.
- Rose, S. (1976), *The History and Social Relations of Genetics*, London: The Open University. Walton Hall.
- Sone, Y. (2010), "More than objects: Robot performance in Japan's Bacarobo Theatre", *Studies in Theatre & Performance* 30: 341-353.
- Vives-Rego, J. (2010), *Los dilemas medioambientales del siglo XXI ante la ecoética*, BUBOK Publishing S.L.
- Wang, Y. and Jung, T.-P. (2011), "A collaborative brain-computer interface for improving human performance," *PLoS ONE* 6: e20422.
- Wilmut, I., Schnieke, A. E. McWhir, J., Kind, A.J. and Campbell, K. H. (1997), "Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells", *Nature* 385: 810-813.