Globethics Repository



Construyendo la evolución [Building evolution]

This page was generated automatically upon download from the Globethics Repository. More information on Globethics see https://www.globethics.net. Data and content policy of Globethics Repository see https://repository.globethics.net/pages/policy.

Item Type	Article
Authors	Maldonado, Carlos Eduardo
Publisher	Universidad El Bosque
Rights	Creative Commons Copyright (CC 2.5)
Download date	2026-11-06 09:41:07
Link to Item	http://hdl.handle.net/20.500.12424/215301

CONSTRUYENDO LA EVOLUCIÓN. UNA DEFENSA FUERTE DE LA BIOTECNOLOGÍA

*Carlos Eduardo Maldonado**

El problema más difícil que encuentra el desarrollo científico no es intrínseco a la ciencia, sino, por así decirlo, extrínseco. Se trata de las distinciones entre ciencia y pseudo-ciencia. Como es sabido, C. Sagan dedicó los últimos años y trabajos de su vida a la elaboración de criterios que permitan distinguir claramente la actividad científica de la pseudo-ciencia, y al esclarecimiento del problema que la pseudo-ciencia representa para la racionalidad y la investigación científicas. Pues bien, en términos culturales o incluso populares, no hay ninguna área en la que la pseudo-ciencia sea tan prolífica como a propósito de la biotecnología. La pseudo-ciencia se caracteriza por que confunde y mezcla, o lo que es equivalente no distingue y separa. En contraste, la forma más básica de hacer ciencia consiste en la distinción lógica y metodológica de por lo menos tres cosas: conceptos, planos y contextos. Pues bien, la pseudo-ciencia mezcla e incluso llega a identificar conceptos con planos, plano con contextos, y contextos disímiles entre sí, así como planos diferentes y conceptos diversos.

La biotecnología es un área reciente de investigación experimental en la que confluyen, y de la que surgen, al mismo tiempo, campos tan diversos como la biología molecular, la nanobiotecnología, la ingeniería genética, la clonación, etc. La expresión más puntual de la pseudo-ciencia consiste en la ideologización de la biotecnología y en la confusión de varios de sus campos. Pero debo decir

* Profesor - Investigador CIPE, Universidad Externado de Colombia.

que la expresión más sutil de la pseudo-ciencia consiste en la moralización de la ciencia y la tecnología, y muy específicamente, en la moralización de la biotecnología. Si en la esfera de la política se anunció hace ya algunos lustros el final de las ideologías, ellas persisten aún como amenza a la ciencia de punta en la esfera experimental.

Son recientes, cada vez numerosos y sorprendentemente amplios los desarrollos, las aplicaciones y las experimentaciones de la biotecnología. Estas abarcan campos tan diversos y fructíferos como los alimentos genéticamente modificados, la producción de animales transgénicos, la utilización de células madres, las clonaciones de células, la producción de anticuerpos monoclónicos, los transplantes de órganos, la terapia génica, las vacunas genéticamente modificadas, los biotratamientos del medio ambiente, los biocombustibles (que son combustibles obtenidos a partir de la fermentación de materia vegetal), la micropropagación, la biocatálisis y la ingeniería de proteínas, el biolixiviado. Como se observa, hablar de la biotecnología equivale a representarnos un polígono compuesto por la propia biotecnología, la nanobiotecnología, la bioindustria, la bioinformática, la bioingeniería. Exactamente en este sentido, se dice que la biotecnología es una tecnología habilitante, esto es, con un amplio potencial de aplicación en diversos ámbitos, una situación que muy poco puede decirse de la mayoría de las tecnologías, y definitivamente para nada de las técnicas en general. No sin razón, alguien (Rifkin, 1999) ha sugerido el tránsito de la modernidad a la era de la biotecnología, como la transición de la alquimia a la algenia. (Recuérdese cómo un científico como I. Prigogine aún recuerda la base de la química vinculada a la alquimia: *ignet mutat res* (= el fuego cambia a las cosas). La algenia es ingeniería radical en cuanto que busca acelerar los procesos naturales mediante las nuevas creaciones. Es a la vez una manera de percibir la naturaleza y una forma de actuar sobre ella (Rifkin, 1999: 48).

Como quiera que sea, es manifiesto que la biotecnología representa una de las expresiones de la creciente complejidad del mundo contemporáneo[1]. El

[1] Otras de las expresiones son los desarrollos de la física, el auge de la química, los procesos de globalización en marcha, los desarrollos de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

reto radica en el hecho de que, culturalmente hablando, no estamos preparados para la transformación en curso que implica la biotecnología. Seguramente por ello abunda la pseudo-ciencia y, particularmente con respecto a la biotecnología, abundan la ideología, los temores infundados, la prevención, el apego cerrado a la tradición, la sospecha del futuro, en fin, el moralismo. No es, por tanto, una casualidad que la gran mayoría de las preocupaciones –por ejemplo de las preocupaciones éticas- de la biotecnología sean de tipo consecuencialista; esto quiere decir, que la mayoría de las preocupaciones por la biotecnología se concentren en las consecuencias de la biotecnología, del ADN recombinante, y demás. La bioética debe poder librarse del peso del consecuencialismo ético[2].

En este texto me propongo elaborar una defensa fuerte de la biotecnología. Son cuatro las razones que sustentan esta defensa, a saber:

a) La defensa de la biotecnología corresponde en realidad, de un modo que indicaré inmediatamente, a una defensa fuerte del cuidado y el posibilitamiento de la vida;
b) La defensa de la biotecnología es exactamente la defensa de la información, el conocimiento, la investigación. Esta idea tiene claros elementos éticos, políticos y filosóficos que coinciden en la defensa de una sociedad de debate público, de derecho a la información, de libertad de investigación, y fundada en una producción crítica de conocimiento;
c) La defensa de la biotecnología coincide con la defensa de la autonomía humana, y más ampliamente, con la autonomía de los sistemas vivos, en cuanto sistemas abiertos energética, informacionalmente, aun cuando sean estructuralmente cerrados; finalmente,
d) La defensa de la biotecnología no es otra cosa que la defensa de la pasión humana por tomar el destino en sus propias manos. Al fin y al cabo no de

[2] El consecuencialismo ético consiste esencialmente en el fomento de valores, y no tanto en su defensa, y encuentra el fundamento de su racionalidad en el sentido común. Para el consecuencialista, los valores justifican las elecciones. El consecuencialismo ético es la postura adecuada para valorar las elecciones de una colectividad, pero no así la de sus miembros: la colectividad debería elegir de forma que se fomenten sus valores. Cf. "Consecuencialismo ético", de P. Petit, en: P. Singer, *Compendio de ética*. Madrid, Alianza, 1995, págs. 323-336.

otra cosa se trata toda la aventura de la vida, por lo pronto, en su expresión humana.

Sin embargo, debo decir que esta defensa de la biotecnología es tan sólo una estrategia indirecta para sostener una tesis. La tesis que propongo aquí es la de que la biotecnología es una estupenda ilustración de un fenómeno aún más relevante, a saber: el hecho de que, por primera vez en la historia del cosmos, la evolución no es ya simplemente un fenómeno que le acaezca a la vida, y con ella, entonces también a los seres humanos. Por el contrario, por primera vez en la historia de este universo, hay una especie que se ha lanzado a la aventura de *construir la evolución*. La biotecnología es la primera de las formas como esta construcción de la evolución está comenzando a tener lugar. Este es el problema más apasionante para la teoría de los sistemas vivos, pero entonces, con ella, quiero sostener que este es el fenómeno más apasionante, directo e inescapable para la bioética. Se trata del hecho de que, hacia futuro, la vida ya no simplemente será el objeto de la evolución, sino, mejor aún, la vida puede incidir en el diseño de sí misma y de su propio futuro. La forma en que la vida puede llevar a cabo este nuevo momento en la historia del cosmos, es gracias a los seres humanos. Sin embargo, esta aventura comprende e implica otras formas de vida además de los seres humanos. Tal es la tesis que me propongo defender con este texto. Si es posible, quisiera decir que en la formulación de esta tesis no me encuentro sólo, y sin embargo, quienes confluimos en una posición parecida sí somos, hasta la fecha, demasiado pocos[3].

Así, pues, aquello de lo que verdaderamente se trata con los temas y problemas de biotecnología es de la defensa fuerte –y en este sentido, de la defensa sin más- del cuidado de la vida. La razón precisa por la cual se trata de una defensa fuerte y no simplemente blanda, consiste en que la tesis que quiero sostener no solamente hace referencia a la vida tal y como la conocemos –lo

[3] Entre quienes se sitúan en esta dirección quisiera mencionar a C. Langton (1996), G. Dyson (1997), J. de Rosnay (2000), R. Kurzweil (1999).

cual es a todas luces relevante y necesario-, sino, además y fundamentalmente, a la vida tal y como podría ser posible[4]. Ya volveré sobre este último aspecto.

Es importante advertir que es posible y necesaria una defensa fuerte de la biotecnología sin concentrarse, para nada, en argumentos éticos, y ciertamente no en el sentido tradicional de la ética. Un rasgo distintivo de las éticas tradicionales –y que aún persiste en la corriente principal de la bioética, desafortunadamente-, es que se definen como diferencia y en oposición a la investigación científica. En una palabra, desde la perspectiva tradicional, una cosa es la ética, y otra muy distinta la ciencia. En contraste, mis argumentos para la defensa de la biotecnología, que es, en rigor, una defensa de la vida artificial, se fundan, todos, en el cuidado de la vida, la defensa de la vida, en fin, en el posibilitamiento de la vida en general. Para ello, quiero tomar como partida una idea de J. de Rosnay: asistimos a un nuevo origen de la vida (de Rosnay, 2000). Si se me permite, quisiera apropiarme de esta idea, a fin de radicalizarla, y con ello mismo transformarla de una manera significativa. Metodológicamente hablando, todo el sentido de este texto, es una radicalización de la idea de de Rosnay.

De acuerdo con uno de los clásicos de la bioética, la bioética se define como una ética de la tecnociencia (Hottois, 1991). Esto quiere decir lo siguiente: la bioética se define indirectamente de cara a los temas de salud-enfermedad, y directamente a lo que define propiamente a los temas de salud-enfermedad, a saber: la ciencia-tecnología, y más globalmente, la investigación y el desarrollo. Por nuestra parte, hemos radicalizado esta posición sosteniendo que la bioética se define de cara a la vida y en relación directa e inmediata con la ciencia y la tecnología.

---

[4] Esta es una distinción que retomo del programa de investigación científico-filosófico que es la vida artificial. Como es sabido, en vida artificial cabe distinguir la "vida artificial suave" (soft artificial life) de la "vida artificial fuerte" (strong artificial life). Aquella consiste en el estudio de la vida tal y como efectivamente existe; ésta, por el contrario, en la vida tal y como podría ser.

No hay que olvidar nunca la advertencia lúcida de G. Hottois: existe una fuerte carga de fobia hacia la ciencia y la tecnología de parte de quienes enarbolan el peso de la ética como distinta, ajena y distante de la ciencia (Hottois, 1999). (El término que emplea Hottois es: "tecnoscientofobia": *technoscientofobie*). Existen sectores claros, social, política, económica e ideológicamente muy fuertes, interesados en la bioética como en una empresa eminentemente ética contrapuesta a los desarrollos de la ciencia y de la tecnología, recelosa de la investigación y el desarrollo; sectores que marcan con fuerza a la corriente principal (*mainstream*) de trabajo en bioética. Para estos sectores, el trabajo en bioética es un mandato que adquiere el nombre y la bandera de una "nueva evangelización". Para estos sectores, los mayores escándalos se encuentran en los dilemas del comienzo y del final de la vida, y definitivamente que la biotecnología altera el curso natural de las cosas. En una palabra, para estos sectores, la bioética es una cosa, y la ciencia y la tecnología otra distinta. Pues bien, es contra estos sectores que clásicos de la bioética como Engelhardt y Hottois coinciden en la importancia de sostener una cultura pluralista y tolerante, una bioética secular (Engelhardt, 1995; Hottois, 1991).

El éxito de la biotecnología es el triunfo de la técnica y la microingeniería, pero no de la teoría. Notablemente, la biotecnología es el triunfo de la técnica o la tecnología y la industria, en cuanto que es básicamente la explotación de los materiales y procesos biológicos para satisfacer las necesidades humanas, utilizando a los microbios y a las células como si fuesen fábricas, y a las enzimas como sus trabajadores (Aldridge, 1999). Sin embargo, quiero insistir en el hecho de que estas transformaciones eminentemente ingenieriles implican asimismo profundas transformaciones conceptuales. La bioética no puede ser ajena a estas transformaciones en el plano exprimental, pero particularmente no en el plano teórico o conceptual, pues aquello de lo cual, verdaderamente se trata con los procesos en marcha de la biotecnología es de una comprensión de la vida. No es posible hacer bioética ni ocuparse seriamente con ella si las preocupaciones bioéticas no van acompañadas, por lo menos, si no precedidas, de una clara y sólida comprensión sobre la vida y los sistemas vivos. Sólo de esta manera es posible que lo que aparece como externo y ajeno -ciencia y ética-,

puedan integrarse y fortalecerse recíprocamente. Exactamente en este sentido hemos sostenido la idea de que la bioética es una disciplina científica que comprende claras y sensibles preocupaciones éticas; o bien, para decirlo negativamente, hemos sostenido que la bioética no es simplemente una ética, que pueda acaso referirse a la ciencia, la experimentación y las nuevas tecnologías. Eso sería empobrecer mucho a la bioética[5].

Asistimos a un nuevo origen de la vida. Un primer origen fue aquel que ha logrado explicarse mediante la confluencia de la teoría de la evolución y la teoría de la autoorganización, y que se concentra en la vida fundada absoluta y exclusivamente en el carbono. Es la vida que designamos como "natural". Pero ese no es el único origen de la vida. Asistimos actualmente a un nuevo origen de la vida, o lo que es mejor, al origen de otro tipo de vida; o también, en otras palabras, a un segundo origen de la vida, dos maneras distintas de decir una sola y misma cosa. Nosotros somos los artífices -las neuronas, por decir lo menos-, de este nuevo origen. Se trata de una vida creada por nosotros mismos, y que se funda ya no solamente en el carbono, sino, además, en dos formas adicionales que, aunque aparentemente diversas, confluyen en un mismo punto: se trata de la producción de organismos transgénicos, y de la vida basada en el silicio. El punto en el que estas dos formas, disímiles, confluyen, es a partir de diseños humanos. La biotecnología y la ingeniería genética confluyen y se refuerzan mutuamente. Sin embargo, debe quedar aquí lejos cualquier idea de una creación a partir de nada –*creatio ex nihilo*-, pues esa es tan sólo una expresión, en la teología cristiana, de una hipótesis de trabajo a partir de la cual se elaboran muchas otras interpretaciones y explicaciones. La creación de nuevas formas de vida, o bien, la nueva creación de la vida es posible gracias a la experimentación, los modelos creados, en fin, los proyectos y programas de investigación en curso.

[5] Tal es la idea que hemos venido explorando en la línea de fundamentación de la bioética en la Maestría de Bioética de la Universidad El Bosque, desde el año 2001. Como resultado de este trabajo nos encontramos adelantando una investigación sobre la complejidad de la bioética.

Desde este punto de vista, cabe distinguir dos tipos de vida perfectamente distintas, y sin embargo no contrapuestas: de un lado, se trata de la vida natural, fundada en el carbono, como una propiedad emergente de la materia, y más específicamente, de la química orgánica; de otra parte, hablamos de la vida producida por el ser humano. Pues bien, a propósito de esta distinción, quisiera mencionar una subtesis: a pesar de que los desarrollos en biotecnología son eminentemente experimentales, y sólo tentativamente, esto es, conjeturalmente –a la manera de Popper, exactamente-, pudiera avanzarse hacia una elaboración teórica o conceptual de lo que hace, lo que está implicado y el significado de la biotecnología, sí es posible inscribir a toda la empresa de la biotecnología en un capítulo propio de la investigación actual. Se trata de la vida artificial. En una palabra, la biotecnología es, a pesar incluso de que ella así no lo sepa, una expresión de la vida artificial, esto es, de la vida hecha por el hombre y no ya por la naturaleza (Maldonado, 2000).

I. Stewart ha mostrado de una manera lúcida y directa, que, la vida posee dos secretos: el primero ya fue develado: se trata de la estructura del DNA. La continuación de este secreto conduce a ese programa de investigación que es el Proyecto Genoma Humano, con sus dos fases: la identificación del mapa genético, y el eventual desarrollo futuro de la proteómica. El segundo secreto, sostiene Stewart, consiste en principios universales matemáticos de crecimiento y forma que el DNA explota (Stweart, 1998: 93). Si el título en el que se concentra el primer secreto es el de la biología molecular y la biotecnología, el título en el que se concentra el segundo secreto son las biomatemáticas. Con ello, se hace manifiesto un hecho magnífico, a saber: en la base de la biotecnología, y más integralmente, de la biología natural tanto como de la vida artificial se encuentran las biomatemáticas. El fundamente teórico de los fenómenos de vida –natural y artificial-, son las biomatemáticas, esto es, el estudio de las estructuras, su conservación y transformaciones de los sistemas vivos. La bioética encuentra y debe encontrar aquí una arena de trabajo inescapable.

Pues bien, lo anterior significa que, referido específicamente al caso de la biotecnología, ésta implica y se acompaña del desarrollo de otras ciencias, notablemente de la física, la química, la ciencia de materiales, y del progreso

económico. Es preciso advertir que esta es una especificidad –cultural-, de la ciencia actual, y exactamente en este sentido hablamos de ciencia de frontera y de problemas de problema.

Ahora bien, ¿en dónde radica el escándalo que la biotecnología plantea para una muy buena parte de los moralistas, los filósofos morales, sacerdotes y para el sentido común? En los ritmos de combinación, que son, en realidad, ritmos temporales[6]. La evolución natural ha adquirido velocidades nunca antes conocidas. La forma en que la evolución natural ha cobrado un ritmo propio es como evolución cultural. Mejor, para decirlo llanamente: la evolución cultural se ha superpuesto a la evolución natural, y hace que los ritmos y velocidades de la evolución cultural parezcan catastrofistas relativamente a la lentitud de la evolución natural. No hay que llamarse a engaños: si después de Newton y de Darwin se impuso casi unánimemente el gradualismo en la cultura occidental, la biotecnología es un fenómeno científico, y por extensión cultural, que parece tomar el partido de los catastrofistas, que fueron derrotados por la dupla Newton-Darwin, y por la historia subsiguiente.

Como es sabido, son cuatro las áreas en las que la biotecnología al mismo tiempo ha incidido enormemente y ha encontrado sólidos terrenos de desarrollo. Se trata de las áreas de la salud, la agricultura y la agronomía, el medio ambiente, los mares y bosques. Como se aprecia, no existe prácticamente ninguna dimensión de lo vivo en la que la biotecnología no cumpla un papel destacado, incluso central.

Hoy en día no estamos tan dispuestos a aceptar el destino. Hemos aprendido –en realidad, estamos comenzando a aprender-, a tomar el destino en nuestras propias manos. Pues bien, para decirlo en lenguaje filosófico, ese exactamente constituye el rasgo excelso y distintivo del *bios*, en contraste con la *zoê*. Como se recordará, a partir del *De Anima* de Aristóteles, la *zoê* designa aquellas formas de vida a las que el tiempo, el destino, la evolución les acaecen a

[6] Entre quienes se dedican a la bioética entre nosotros, I. Carvajal y D. Meneses e han concentrado en este tema: el de los ritmos y las velocidades de los procesos vivos referidos a los temas y problemas de bioética, en sus tesis de Maestría de la Universidad El Bosque.

los seres vivos; en contraste, el *bios* designa aquella forma de vida que toma el destino en sus propias manos, y que por consiguiente hace del tiempo y de los problemas de temporalidad un asunto propio puesto que en ello va su propia existencia. Dicho en estos términos, el objeto propio de la bioética no es tanto la *zoê*, como el *bios*, y entonces se trata de estudiar ese *bios* al cual le va *el ehos*, puesto que no a todo *bios* –o mejor, *zoê*-, le va el *ethos*. La bioética se revela así como el estudio de los sistemas vivos –lo cual es un asunto magníficamente complejo-, a los que el *ethos* les va como a su propio destino.

Lo anterior puede ilustrarse muy bien, por ejemplo, gracias a los trabajos que S. Sontag ha elaborado acerca de la enfermedad como una metáfora social o cultural. Esa metáfora ha sido estudiada por Sontag en relación directa con el cáncer y con el sida, pero podría y debería extenderse también a otras patologías. Decir, por ejemplo, que el cáncer fuera abordado con una repugnancia irracional y como disminución del yo; o que la epidemia del sida sirve como proyección ideal para la paranoia del Primer Mundo, puesto que, por sus orígenes es un invasor quintaesencial del Tercer Mundo, no son sino expresiones de metáforas introducidas para excluir y moralizar a los portadores de enfermedades semejantes. Pues bien, el sentido preciso de la bioética en este punto consiste en acusar la crítica de estas y otras metáforas, y en poner de manifiesto la importancia de la investigación científica para que, por lo menos, la enfermedad no sea adoptada como fatalidad, sino, podamos incidir sobre ella; sobre la enfermedad, tanto como sobre la senesencia o la muerte. Los seres humanos pueden adoptar el destino en sus propias manos, con lo cual el respeto por, y la autonomía de, la vida se torna inmensamente más sensible y significativa. Ya volveré sobre este argumento e ilustración. Mientras tanto, lo relevante de esta ilustración radica en que el estudio de la enfermedad, tanto como de la salud como una metáfora merece un lugar destacado también en la bioética, notablemente en la bioética médica.

La evolución simplemente sucede, en rigor, acaece. A las especies vivas la evolución les sucede –esto es, a pesar suyo-, análogamente a como en la economía clásica de A. Smith, la mano invisible regula el mercado. En rigor, pen-

sar en términos evolutivos o evolucionistas corresponde exactamente a pensar en términos teológicos, o por lo menos providencialistas. La evolución les sucede a los seres vivos sin que ellos puedan hacer nada a favor o en contra, y es ella la que decide.

Todas las teorías, científicas o filosóficas, se dividen en dos (aun cuando, en realidad, se clasifican en tres tipos, como veremos). De un lado, se encuentran todas las teorías que son pre-evolucionistas. En este sentido, entran en esta categoría las teorías que cronológicamente hablando son anteriores a la teoría de la evolución, pero también entran en esta categoría, aquellas teorías –numerosas todavía, desafortunadamente-, que son posteriores a la formulación y desarrollo de la teoría de la evolución pero que, por alguna extraña razón, no saben nada o ni quieren saber nada de evolución. En esta categoría entran la gran mayoría de las teorías científicas y filosóficas y, cuantitativamente, es la más importante[7]. Un segundo gran grupo es el de las teorías que, grosso modo, podemos designar como evolucionistas. Sólo que este término exige aún una precisión.

En segundo término, se encuentran las teorías evolutivas o evolucionistas. Otra manera de comprender a este grupo, es en cuanto teorías genéticas. (Una buena ilustración de una teoría denominada genética pero que es esencialmente evolutiva, es la epistemología genética de K. Popper)[8]. Se trata de las teorías

---

[7] Una observación importante. No absolutamente todas las teorías anteriores a la teoría de la evolución entran en esta primera clasificación, puesto que existen algunos casos, ciertamente escasos, de autores que o bien de manera plena o incipientemente, afirman o contienen tesis, problemas y desarrollos que nos permite claramente clasificarlas en términos de las otras dos categorías, esto es, como teorías evolutivas o evolucionistas, y como teorías dinámicas. Dos buenos ejemplos, distintos entre sí, de esta clase de autores son Haráclito y, si hemos de creerle a R. Thom, Aristóteles. Otros ejemplos podrían mencionase igualmente al lado del Oscuro de Éfeso y del Estagirita.

[8] Una buena presentación, y no tan técnica como otros libros (centrales) de Popper Popper sobre la epistemología evolutiva se encuentra en El cuerpo y la mente, Barcelona, Paidós, 1997. Pero los textos clásicos de Popper sobre la epistemología evolutiva son El conocimiento objetivo, Barcelona, Tecnos, 1988 y Conjeturas y refutaciones, Barcelona, Paidós, 1994. De otra parte, véase, Maldonado, C.E., "El problema mente-cuerpo en la filosofía de K. Popper. La superación del dualismo", en: *Semana del pensamiento filosófico. Popper: Los grandes debates del siglo XX*, Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, Año 3, No. 3, 2002, págs. 129-142.

que, o bien hacen uso, o contribuyen de una manera significativa a desarrollar, la teoría de la evolución y, en general, un enfoque evolutivo o evolucionista.

Como tendremos la ocasión de mostrarlo posteriormente, ambos grupos, las teorías pre-evolucionistas y las evolutivas constituyen una unidad, relativamente al tercer grupo –que aún debemos mencionar-. En verdad, ambos grupos constituyen teorías clásicas análogamente a como, por ejemplo en física, se habla de la mecánica clásica y de la mecánica cuántica, como teorías clásicas. (Como es sabido, la razón para esta denominación radica en el hecho de que la física clásica, newtoniana, relativista o cuántica, no distinguen entre el pasado y el futuro).

En tercera instancia, se trata de las teorías que, negativamente hablando, podemos denominar como post-evolucionistas, y que, más adecuadamente, conocemos como dinámicas; dinámicas, o caóticas o, aún exactamente, en realidad, como no-lineales. Volveré inmediatamente sobre este tercer grupo, pues antes se hace necesaria una precisión.

Como ha sido ampliamente expuesto por parte de numerosos autores que se llaman a sí mismos como evolucionistas (notablemente. R. Dawkins o S. J. Gould), la paradoja grande con respecto a la teoría de la evolución es que mucha gente habla de ella y cree conocerla, cuando en realidad existe un amplio y profundo desconocimiento acerca de la teoría de la evolución[9].

Se hace imperativa, por lo tanto, una mejor comprensión de la teoría de la evolución, pero de manera indirecta, aunque permanente. Sin embargo, nuestro interés se concentra en otro punto, a saber: la unión especial que existe entre la evolución y la complejidad, un tema bastante más delicado. Quisiera

[9] Estas opiniones de Dawkins y Gould se encuentran especialmente en: R. Dawkins, *El relojero ciego*, Barcelona, Labor, 1988, ya desde la primera página del prólogo, y, S. J. Gould, *La grandeza de la vida*, Barcelona, Crítica, 1997, en numerosos pasajes, pero con especial claridad en págs. 31 y ss.

sugerir esta unión entre complejidad y evolución[10] con la expresión: *construcción de la evolución*. El fenómeno de máxima complejidad hasta el momento puede ser caracterizado como esa forma de vida –los seres humanos-, que producen otras formas de vida como sí mismos, como otras formas naturales, pero también otros tipos de vida que poco y muy poco tienen que ver con la vida natural. La máxima complejidad para el estudio de la bioética radica exactamente en este punto. Y este es tanto un asunto científico y filosófico como ético, cultural y político, y no una cosa más que otra (Maldonado, 2003a). La biotecnología es una de las más puntuales expresiones del hecho de que estamos construyendo la evolución, por primera vez; el universo ha comenzado a construir su propia evolución. Para decirlo inversamente: por primera vez, la evolución dejará de ser algo que sencillamente nos acaezca.

Quisiera sugerir en este punto volver a considerar lo que dice J. de Rosnay[11]. De Rosnay tomas como hilo conductor un fenómeno que, aun cuando él mismo no lo presenta en esos términos, constituye un hecho auténticamente cultural. Cultural y no solamente científico (y mucho menos filosófico). Asistimos, como resultado de la evolución cultural al origen de una nueva forma de vida. Esta forma de vida es *híbrida*, pues es al mismo tiempo biológica, mecánica y electrónica. En términos más sencillos: la nueva forma de vida, híbrida, es a la vez natural y artificial, y no más una cosa que la otra. Este fenómeno se ha iniciado hace ya varias décadas, muy pocas en realidad, pero a pesar de ser un hecho cultural, no por ello es de claro reconocimiento público. La conciencia general aún es miope o ciega ante esta nueva forma de vida. El tema de fondo de las reflexiones de de Rosnay es justamente ese: el estudio del nacimiento de

[10] Hablamos aquí, genéricamente, de teoría de la evolución, pero ello no significa que desconozcamos la precisión entre "teoría de la evolución" en general, con lo cual hacemos especial referencia a Darwin, y el neo-evolucionismo, también conocido como el neo-darwinismo, y que es la unión entre la teoría darwiniana de la evolución y la genética de Mendel.

[11] De Rosnay es el director de estrategia para la ciencia y la industria complejas del centro La Villete en Paris. Como es sabido, La Villete, situado en el norte de Paris, es el centro industrial estratégico más importante de Francia, y allí se desarrollan todos los proyectos de I & D de punta. Es altamente significativo, entonces, que la complejidad aparezca como el pivote central en las políticas de I & D franceses.

una nueva forma de vida y su significado para la vida de todos nosotros y para el futuro (2000: xiii).

La evolución natural se denomina, más adecuadamente, para los seres humanos y para los productos originados por éstos, no ya más como tal, *evolución natural*, sino, más exactamente *evolución cultural*. Para nosotros, la cultura ha tomado el peso y la delantera sobre la naturaleza, y aquella existe efectivamente para nosotros en la forma misma de la cultura. La naturaleza humana consiste en ser cultural. De cara a la teoría de la evolución esto tiene una inmediata consecuencia, a saber: para los seres humanos, globalmente dicho, la selección natural ya no existe y ha dejado de operar a gran escala. Para los seres humanos opera otro tipo de selección: la *selección cultural*. Como es sabido, la selección constituye uno de los mecanismos, a partir de Darwin, mediante los cuales podemos explicar la evolución[12]. Pues bien, exactamente en esta línea, podemos decir que la evolución cultural se explica a través de mecanismos culturales de selección, y no ya principal o exclusivamente, a partir de mecanismos naturales de selección. La bioética nace y se desarrolla en este nuevo contexto, y lo suyo consiste en mirar hacia delante, como a las posibilidades, retos y amenazas de dos continuos: el continuo vida-no vida, y el continuo vida natural-vida artificial. Ambos continuos conforman una difusa unidad.

Asistimos a un nuevo origen de la vida. Esta idea es altamente importante, y merece ser considerada más cuidadosamente. La vida no ha tenido un único origen y, más radicalmente, es fundamental reconocer que el concepto de origen

[12] La teoría de la evolución, como es sabido, no es obra de Ch. Darwin, pues ya existía antes de Darwin, notablemente gracias los trabajos de Owen. La originalidad de Darwin consistió en suministrar argumentos científicos, por tanto explicativos, que permiten entender cómo opera la evolución. Esos argumentos son esencialmente dos: la selección y la adaptación. Como se recordará, en el trasfondo de los orígenes de la teoría de la evolución se encuentra el debate, profundo y radical en su momento, con los catastrofistas. En el marco del debate entre los evolucionistas y los catastrofistas se encuentran dos figuras centrales de la ciencia y el pensamiento contemporáneos: Darwin, y el padre de la geología, Ch. Lyell, quien publica en 1833 los Principios de la geología, es decir, casi treinta años antes que *El origen de las especies*.

no debe ser entendido, como ha sucedido en la inmensa mayoría de la historia hasta hoy, como un acontecimiento que tuvo lugar atrás –"antes"-, y que queda detrás a partir del cual suceden otras cosas: la historia de lo originado. Para el pensamiento mítico, religioso, popular y filosófico en sentido amplio, esta comprensión del origen ha tenido consecuencias no siempre benéficas y generalmente desastrosas. En efecto, la historia de lo originado ha consistido en una búsqueda de los orígenes y, consiguientemente, en un retorno a él. Esto se ilustra, en ejemplos tales como: el psicoanálisis freudiano y su afirmación de la búsqueda de, o el retorno a, el útero; la filosofía de Hegel y de Heidegger, y el retorno a los griegos como al auténtico pensar y vivir; el cristianismo y el retorno a Dios, de donde vinimos, y muchas otras extensiones. Sería muy fácil continuar con la lista de ejemplos.

La idea que presenta de Rosnay –pero que en rigor no elabora ulteriormente- es la de que asistimos a un nuevo origen de la vida, a saber: estamos construyendo la vida híbrida desde *adentro*[13]. Dos ideas caben y deben ser puestas claramente sobre la mesa, a la luz del día:

a) Existen varios orígenes y, en manera alguna, un solo origen, que habría sucedida una sola vez y para siempre, y del cual todo habría brotado;
b) El origen no sólo queda atrás, sino, continúa. Esta segunda idea encuentra un sólido referente en la raíz griega *phy* que se encuentra en *Physika*, y que designa un origen que prosigue con el tiempo. Esta idea la elabora hermenéuticamente Heidegger leyendo a Aristóteles.

Aquí se encuentra la tesis que queremos proponer y que sugerimos introducir con la idea de la construcción de la evolución y el estudio de la complejidad de la vida y el lugar de la biotecnología. La evolución no simplemente ha

[13] Hay que decir que de Rosnay no se encuentran sólo en esta idea. Otros científicos, con formaciones perfectamente distintas, coinciden en una idea similar, desde caminos y con intereses diversos. Notablemente, cabe mencionar a F. Varela (El fenómeno de la vida, Santiago de Chile, Dolmen, 2000) y a J. Gribbin (*En el principio... El nacimiento del universo viviente*, Madrid, Alianza, 1994).

acontecido, con todo y, siendo generosos, la idea de una evolución creciente o mejor, una evolución de complejidad creciente. Dado que esta idea no parece ser inmediatamente clara, se hace necesario sumergirnos en el estudio de la complejidad o de la dinámica compleja que establece la relación: sistemas vivos-ciencia-tecnología. Pues bien, es de esta relación, y que encuentra en la biotecnología quizás su expresión más radical, en donde se hace evidente el tipo de complejidad de la nueva forma de vida que está emergiendo. Esta nueva forma de vida implica una sensible y radical transformación del concepto de naturaleza. Más radicalmente, con el nuevo origen de la vida, o con el origen de una nueva forma de vida, asistimos a los albores de una reinvención de la naturaleza. El significado cultural de la ciencia-tecnología, y más globalmente, el significado cultural de la investigación y el desarrollo se hacen así claramente visibles, a plena luz del día. La bioética ocupa, por tanto, un lugar destacado en los estudios culturales sobre ciencia, tecnología y sociedad (CTS).

¿Cómo prever, mejor aún, cómo predecir lo que vaya a tener lugar, a propósito de los cambios culturales magníficos posibles gracias a la simbiosis entre biología, mecánica y electrónica? La pregunta no es nada trivial, y en ella van sencillamente las posibilidades de nuestra propia existencia; esto es, justamente, nuestra adaptación –física, emocional, afectiva, sicológica y comportamental- a los procesos en marcha. La dificultad, sin embargo, estriba en que nos la vemos con un fenómeno esencialmente variable, adaptable, dinámico: la vida. Pues bien, el mérito del estudio de los sistemas dinámicos complejos estriba en la lógica, la metodología y la heurística con que trabajan y que constituyen una férrea unidad. "La mejor manera de predecir el futuro, consiste en inventarlo" sostiene de Rosnay (2000: xiii). Esta idea introduce un matiz altamente sensible.

Si a simple vista pareciera haber un espíritu de familiaridad, como efectivamente lo hay, entre los enfoques sistémicos y el estudio de los sistemas de complejidad creciente, existe un rasgo perfectamente demarcador de las especificidades y diferencias entre la teoría general de sistemas y el estudio de la dinámica y complejidad creciente de los sistemas vivos. Según de Rosnay, las cien-

cias de la complejidad reúnen la teoría del caos y la teoría de la autoorganización[14]. Pues bien, las ciencias de la complejidad no simplemente permiten comprender y establecer relaciones –algo que, insistimos, sí es propio del pensamiento sistémico[15], sino, mejor aún, "suministran medios para *actuar* sobre la complejidad" (de Rosnay, 2000: xiv). El objeto propio de las ciencias de la complejidad consiste en explicar las transiciones de una organización en un nivel dado –inferior- a la organización –superior- en la cual aquella es un componente. La estructura de la complejidad es manifiestamente de orden creciente y jerárquico. Algunos conceptos que contribuyen a explicar estas transiciones son los de *transición de fase* y *posibles adyacentes*. Dígamoslo entonces de manera directa: la bioética forma parte de las ciencias de la complejidad, que son ciencias de la vida.

La evolución no está dada, y tampoco es algo que acontezca sobre nosotros y a pesar nuestro. Ningún evolucionista serio podría plantear algo semejante (y una idea parecida se asemeja más bien a fatalismo; o, en el mejor de los casos a algo semejante al "determinismo estructural" de que habla H. Maturana). Estamos construyendo –incluso sin saberlo- los nuevos estadios de la evolución[16]. Estos nuevos estadios se condensan en la construcción de un superorganismo planetario del cual, nosotros, los seres humanos, somos (apenas) (hoy) las neuronas. Las funciones básicas de este superorganismo pueden indicarse sin dificultad: la economía, la ecología, la educación y la energía. Si pensamos con respecto a la economía en la *nueva economía*, las funciones básicas del superorganismo planetario en emergencia son esencialmente intangibles (como toda función debe serlo, análogamente a lo que enseña la fisiología, por ejemplo,

---

[14] Esto es algo que no es enteramente preciso pero que, en un sentido amplio sí puede ser aceptado.

[15] Del pensamiento sistémico o del pensamiento complejo en la línea de E. Morin y sus seguidores.

[16] La mayoría de la gente contribuye, con su trabajo y su existencia, a la construcción "desde adentro" del nuevo organismo superplanetario que es la vida híbrida. De hecho, no es necesario que la gente sepa lo que está sucediendo, y tanto menos lo es desde el punto de vista de la justificación de lo que está teniendo lugar. Sartre insistió permanentemente en que siempre existimos primero y luego (si acaso, agregamos nosotros) pensamos. La existencia precede y funda a la existencia.

en el caso del organismo humano). De acuerdo con de Rosnay, el nacimiento de la nueva forma de vida contiene tres estadios o momentos: la autoorganización, la coevolución y la simbiosis. Si ello es así, el estudio del fenómeno y origen de la nueva forma de vida requiere una cuidadosa consideración de cada uno de los estadios y lo que en ellos acontece.

El mundo no está dado de una vez y para siempre. El futuro no existe y no está dado ahí, lo sepamos o no. La historia no está escrita de una sola vez. Estas y otras expresiones semejantes traducen una idea bastante más profunda: la indeterminación o, lo que es equivalente, el fin de las certidumbres. La incertidumbre o la indeterminación consiste exactamente en eso: en el hecho de que ni las cosas, ni el tiempo, ni el mundo, ni la vida, en fin: nada está dado de una vez y para siempre. Todo depende, en cada paso, de la sensibilidad a las condiciones iniciales y de los posibles adyacentes. El estudio de la complejidad es, literalmente, el estudio de los grados de libertad de un sistema, un fenómeno o un comportamiento. Parodiando a Sartre: podríamos decir: Jamás fuimos tan libres gracias precisamente a las ciencias de la complejidad[17]. Sólo que, en el contexto de los sistemas alejados del equilibrio, esto es, de la termodinámica del no equilibrio, la conciencia de la libertad se corresponde exactamente con la flecha del tiempo. Y a diferencia de los sistemas clásicos, el futuro sí marca una diferencia con respecto al pasado. Pues bien, la aparente amenaza que representa la biotecnología para algunos sectores sociales radica en los grados de incertidumbre que introduce y con los que trabaja. Si no es porque pudiera dar la impresión de una postura cínica, podría incluso argumentarse que la defensa de la biotecnología coincide, plano por plano, con el aprendizaje y la defensa de la incertidumbre. Esto, desde lego, en absoluto implica que las certezas se hayan perdido o vayan a perderse. Más sencillamente: al lado de las

[17] Como sabemos, la frase de Sartre es: "Jamás fuimos tan libres como bajo la ocupación alemana", con lo cual el filósofo francés nos mostraba la facticidad y la responsabilidad, mejor aun, la gratuidad y el compromiso de la libertad. Por extensión, podemos decir que gracias a las ciencias de la complejidad sabemos de nuestra libertad: la libertad absoluta, es decir, indeterminada. Otra cosa es que, como ya por ejemplo lo estudiara Spinoza, existan seres humanos que no quieran saber nada de la libertad y estén dispuestos a renunciar a ella.

certezas, hemos comenzado a aprender, además, la incertidumbre. Este aprendizaje se funda de manera precisa con el aprendizaje de lo que son los sistemas alejados del equilibrio, los sistemas vivos, en fin, los sistemas irreversibles.

La vida no es simple y llanamente un acontecimiento biológico, punto –para situarnos, desde luego, en el marco de la ciencia y la filosofía. La vida es, además, e irremisiblemente, un acontecimiento igualmente mecánico y electrónico, a la vez que biológico. La nueva forma de vida es la simbiosis entre la naturaleza, los seres humanos y las máquinas. La calidad de la vida y la dignidad de la vida dependen exactamente de los tipos de relaciones entre esas tres dimensiones.

Pero queda un problema eminentemente político. ¿Cómo puede el resto del mundo participar en la construcción del nuevo organismo en emergencia? Si hay un espacio que se vea directa e inmediatamente interpelado por esta pregunta es lo que genéricamente se denomina como América Latina, o el Tercer Mundo, o más sencillamente, nosotros, aquí y ahora. Es al mismo tiempo el problema fundamental de cómo podemos asumir el destino en nuestras propias manos, o también, el de cómo contribuir y participar en el futuro de la vida. Este es un problema bastante lejos de ser obvio y natural, entre nosotros, para la mayoría de la gente. En este problema asistimos al cruce o a la tensión entre bioética y biopolítica; pero ese ya es otro tema aparte (Maldonado, 2003b).

Es sorprendente que el significado primero de la biotecnología produzca escándalo, a saber: que curar a los enfermos, alimentar a los malnutridos y a los desnutridos, que cuidar el medio ambiente, generara tantas prevenciones.

El tiempo fue descubierto o inventado –según se prefiera-, por obra del siglo XX. Tres momentos diferentes resaltan a la hora de precisar el descubrimiento del tiempo. Cronológicamente, se trata de la filosofía fenomenológica de E. Husserl (1905-07), la teoría general de la relatividad de A. Einstein (1907), y el desarrollo de la termodinámica del no equilibrio por parte de I. Prigogine (1977). Culturalmente hablando, quizás la influencia mayor es, sorpresivamente

la tercera, y ello por una razón puntual, a saber: mientras que la fenomenología permanece como una escuela de pensamiento tan sólo en algunos círculos especializados de filósofos, y la teoría de la relatividad se encuentra todavía bastante lejos de convertirse en una teoría con un amplio y sólido bagaje cultural–algo sobre lo cual se ha insistido ya repetidamente en la historia y la filosofía de la ciencia más recientes-; en contraste, la termodinámica del no equilibrio parece llevar una ventaja cultural sobre las dos otras fuentes del tiempo, por una razón puntual bien precisa. Me refiero al desarrollo de las tecnociencias, esto es, de la ciencia-tecnología, como el elemento más novedoso y sorprendente en el desarrollo de la racionalidad humana. Esto significa que no existen dos cosas: ciencia y tecnología, sino, por el contrario, que ambas conforman una sola y férrea unidad. Esta unidad puede ser llamada como tecno-ciencia, o bien, igualmente, como ciencia-tecnología, y así la hemos empleado aquí[18].

La ciencia-tecnología constituye la forma más reciente y radical de racionalidad jamás descubierta hasta la fecha. Sin embargo, sorpresivamente, la ciencia-tecnología no es únicamente el desarrollo por parte del ser humano, sino, y éste constituye el rasgo más sobresaliente, se trata de un desarrollo en el que se encuentranna *la par* el ser humano, la naturaleza y la propia ciencia-

[18] En contraste, la historia tradicional sí puede y debe distinguir dos cosas perfectamente distintas: la ciencia y la técnica, y el desarrollo de la una no se corresponde necesariamente con el de la otra. Por el contrario otra es la situación de la ciencia-tecnología, puesto que el desarrollo de la una es exactamente el mismo desarrolla de la otra, y ello a pesar de que la ciencia es bastante más antigua, comparativamente –cerca de 500 años-, mientras que la tecnología está cumpliendo apenas (por estos días) 60 años de vida. (La tecnología surge, en su dimensión práctica, gracias a los primeros computadores, y más exactamente a partir del ENIAC, desarrollado originalmente en 1946). Así, "tecnología" equivale a "computador", y más exactamente a "lenguajes de programación".
No quisiera aquí dejar de subrayar un rasgo fundamental para distinguir a la técnica de la tecnología. Mientras que la técnica se funda en una cosa –herramienta, útil o aparato-, la tecnología consiste en un proceso. Así, mientras que aquella lleva a cabo, o puede llevar a cabo una enajenación del ser humano, la tecnología produce un encuentro del ser humano consigo mismo gracias al lenguaje de programación, esto es, al proceso mismo que es la tecnología. El concepto que mejor describe a la tecnología (= computador) es el "herramienta conceptual", esto, literalmente, una herramienta que conoce, memoriza, calcula, en fin, piensa. Como lo dirá provocadora pero acertadamente R. Kurzweil, se trata de una herramienta inteligente, y que es espiritual. Pero esto es adelantar mucho todavia.

tecnología. En otras palabras, mientras que todas las otras formas de racionalidad habidas en la historia de la humanidad son claramente el resultado de la evolución natural, y en un momento determinado, de la evolución centrada en el primado de los seres humanos, lo específico de la ciencia-tecnología es que ella es el resultado de las interacciones entre los seres humanos y el propio conocimiento generado por las tecnociencias.

Existen varias líneas de análisis posibles acerca de la ciencia-tecnología. Quisiera aquí concentrarme en dos de ellas. Las razones de esta elección hacen referencia, de manera directa, al marco, más amplio, de las ciencias de la vida, y de su complejidad. En primer lugar, quisiera volver la mirada sobre el sentido mismo de la evolución, un sentido que queda definitiva y radicalmente alterado, respectivamente a la historia misma de la evolución acontecida hasta el surgimiento de la ciencia-tecnología. Tanto el contenido, el significado, las extensiones y las posibilidades, como sus relaciones con su entorno quedan sustancialmente transformadas por la ciencia-tecnología. Este es un proceso reciente que, culturalmente hablando, apenas estamos comenzando a vivenciar y marcará, sin duda alguna, el futuro inmediato y a mediano plazo de la vida, esto es, de los sistemas vivos. El resultado es la emergencia de un ser híbrido entre naturaleza, cultura y artificialidad en el sentido más fuerte de la palabra. Esto ya queda dicho. En segundo término, pero en estrecha relación con el anterior, se trata al mismo tiempo de la razón que se encuentra en la base de la transformación de la evolución, tanto como del fenómeno nuclear de las tecnociencias. Se trata del tiempo: de los ritmos e intensidades temporales. La naturaleza ha introducido desde sí misma, mediante el híbrido mencionado, un orden temporal perfectamente diferente a los conocidos hasta la fecha. De esta suerte, son tres los referentes de las reflexiones presentes: el tiempo, la evolución y la ciencia-tecnología. Tal es el vértigo de la investigación experimental.

La vieja pregunta –que estuvo alimentando a la bioética durante un largo tiempo y aún hoy-, acerca de si todo lo que es técnicamente posible es éticamente deseable se revela hoy como falsa, y por tanto, peligrosa, puesto que contrapone ética y ciencia. El problema más bien reside en reconocer que todo lo que

favorezca la vida es éticamente imperativo y técnicamente deseable. Así, la defensa de la ciencia y la tecnología coincide, sorpresivamente, con posturas éticas claras, y ambas, ética y ciencia-tecnología conducen a, o se derivan de, el cuidado y el posiblitamiento de la vida. Pues bien, si hay un ámbito, una geografía, por así decirlo, en la que ética y ciencia-tecnología confluyan y broten al mismo tiempo es en la bioética. El trabajo en educación, en formación y en investigación en bioética deberá hacia futuro insistir fuertemente en ello como en la especificidad suya, esto es, en su necesidad. En otras palabras, el foco debe desplazarse de la ética y de la ciencia-tecnología, hacia la vida. La radicalidad de la defensa de la vida debe ser un rasgo distintivo de la bioética, en contraste con todas las demás éticas, morales y deontologías alrededor suyo. Esta es mi propia tesis.

¿Podemos queremos más sanos de lo que ya somos? O, ¿es inevitable – fatal, acaso-, que sólo podemos saber de la salud cuando está amenazada y la hemos perdido? Gracias a la biomedicina, así como a la biotecnología, podemos adelantarnos a las enfermedades, y podemos construir nuestra salud. Pero esto no implica, desde luego, abogar por ningún tipo de eugenesia. Ya conocemos las sociedades, las ideologías y las teorías y prácticas que afirman o esconden cualqùier tipo de eugenesia. La enfermedad conforma un continuo con la salud, pero no es inevitable que la enfermedad sea sencillamente algo que nos acaezca, y ciertamente no cuando podemos saberla, prevenirla y prepararnos ante ella. Estos temas convocan al tema reciente y sensible de los nuevos conceptos de salud-enfermedad, en los que los enfoques sistémicos son altamente fructíferos y elocuentes. Pero creo que las ciencias de la complejidad también pueden contribuir de manera significativa. Pero ese es tema de otro texto aparte. Como quiera que sea, un hecho es incontestable: nos hemos visto lanzados a la construcción de la evolución. Pero esta es apenas una historia, apasionante, que apenas empieza.

REFERENCIAS

- Aldridge, S., (1999). *El hilo de la vida. De los genes a la ingeniería genética.* Madrid: Cambridge University Press.

- Boden, M., (ed.), (1996). *The Philosophy of Artificial Life.* Oxford University Press.

- Capra, F., (2003). *Las conexiones ocultas. Implicaciones sociales, medioambientales, económicas y biológicas de una nueva visión del mundo.* Barcelona: Anagrama.

- De Rosnay, J., (2000). *The Symbiotic Man. A New Understanding of the Organization and a Vision of the Future.* McGrawHill.

- Dyson, G. B., (1997). *Darwin among the Machines. The Evolution of Global Intelligence.* Cambridge, MA: Perseus Books.

- Grace, E. S., (1998). *La biotecnología al desnudo. Promesas y realidades.* Barcelona: Anagrama.

- Hottois, G., (1991). *El paradigma bioético. Una ética para la tecnociencia.* Barcelona: Anthropos.

- ————————, (1999). *Essais de Philosophie, Bioéthique et Biopolitique.* Paris: Vrin.

- Kurzweil, R., (1999). *La era de las máquinas espirituales.* Madrid: Planeta

- Langton, Ch., (1996). "Artificial Life", en: Boden, M., (1996), págs. 39-94

- Maldonado, C.E., (2000). "Lugar y significado de la vida artificial en la bioética y en la ecología", en: Autores varios, *Bioética y medio ambiente.* Bogotá: Universidad El Bosque, págs. 139-167.

- ———————————, (2003a). "Explicando la sorpresa. Un estudio sobre emergencia y complejidad", en: Autores varios, *Causalidad o emergencia. Diálogo entre filósofos y científicos*. Bogotá: Universidad de la Sabana (en prensa).

- ———————————, (2003b). "Tensión entre bioética y biopolítica.A propósito de la biotecnología", en: Autores varios, *Bioética y biotecnología*. Bogotá: Universidad El Bosque/Academia Nacional de Medicina (en prensa).

- Rifkin, J., (1999). *El siglo de la biotecnología. El comercio genético y el nacimiento de un mundo feliz*. Barcelona: Crítica/Marcombo.

- Soberón, F. X., (2002). *La ingeniería genética, la nueva biotecnología y la era genómica*. México: F.C.E.

- Stewart, I., (1998). *Life´s Other Secret. The New Mathematics of the Living World*. John Wiley & Sons, Inc.