



Revista Colombiana de Bioética

ISSN: 1900-6896

publicacionesbioetica@unbosque.edu.co

Universidad El Bosque

Colombia

Collado Ruano, Javier

La bioética como ciencia transdisciplinar de la complejidad: una introducción coevolutiva
desde la Gran Historia

Revista Colombiana de Bioética, vol. 11, núm. 1, enero-junio, 2016, pp. 54-67

Universidad El Bosque

Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=189246655004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

La bioética como ciencia transdisciplinar de la complejidad: una introducción coevolutiva desde la Gran Historia*

Bioethics As a Transdisciplinary Science of Complexity: A Co-evolutionary Introduction since the Big History

A bioética como ciência transdisciplinar da complexidade: uma introdução coevolutiva desde a Grande História

Javier Collado Ruano**

Resumen

El objetivo principal del presente trabajo es ampliar la noción bioética expresada en el artículo 17 de la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos, referente a las interconexiones entre el ser humano y las demás formas de vida. Para este fin, se combina la metodología transdisciplinar con el marco teórico de la «Gran Historia» para abordar los fenómenos coevolutivos que la vida viene desarrollando en la Tierra desde hace unos 3.800 millones de años. Como resultado, el estudio nos introduce a la unificación, integración e inclusión de la historia del universo, del sistema solar, de la Tierra y de la vida junto a la historia del ser humano. En conclusión, considero que para salvaguardar el milagro cósmico que representa la emergencia de la vida hay que adoptar nuevas perspectivas bioéticas transdisciplinares que aborden la complejidad ecosistémica de los procesos coevolutivos de la vida en Gaia en su conjunto.

Palabras clave: bioética, transdisciplinariedad, complejidad, coevolución, Gran Historia, sostenibilidad, relaciones transnacionales.

Abstract

The main objective of this work is to expand the bioethics notion expressed in the Article 17th of the Universal Declaration on Bioethics and Human Rights, concerning the interconnections between human beings and other life forms. For this purpose, it combines the transdisciplinary methodology with the theoretical framework of the

* Este artículo de investigación es original. El autor tiene la responsabilidad del contenido y originalidad del documento. Artículo recibido el 24 de febrero de 2016, aceptado el 5 de mayo de 2016.

** Profesor en Filosofía de la Educación, Gran Historia y Relaciones Internacionales. Doctor en Difusión del Conocimiento por la Universidade Federal de Bahía (Brasil) y Doctor en Filosofía por la Universidad de Salamanca (España). Máster en Sociología de la Educación por la Universidad de Sevilla (España). Licenciado en Historia por la Universitat de Valencia (España), con especialización en Relaciones Internacionales y Arqueología por la Università degli Studi di Palermo (Italia). Director General de Global Education Magazine. Miembro académico del «Big History Institute» de la Mcquarie University (Australia) y de la «World Biomimetic Foundation» de la Universidad de Barcelona (España). Correo electrónico: javiercolladoruano@gmail.com / <http://www.javiercolladoruano.com>

«Big History» to approach the co-evolutionary phenomena that life has developed on Earth for some 3.8 billion years. As a result, the study introduces us to the unification, integration and inclusion of the history of the universe, the solar system, Earth and life with the history of human beings. In conclusion, I consider to safeguard the cosmic miracle that represents the emergence of life we must adopt new transdisciplinary perspectives into bioethics to address the ecosystemic complexity of co-evolutionary processes of life on Gaia as a whole.

Key words: bioethics, transdisciplinary, complexity, coevolution, Big History, sustainability, transnational relations.

Resumo

O objetivo principal do presente trabalho é ampliar a noção bioética expressada no artigo 17 da Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos, referente às interconexões entre o ser humano e as demais formas de vida. Para este fim, combina-se a metodologia transdisciplinar com o marco teórico da «Grande História» para abordar os fenômenos coevolutivos que a vida vem desenvolvendo na Terra desde faz uns 3.800 milhões de anos. Como resultado, o estudo introduz-nos à unificação, integração e inclusão da história do universo, do sistema solar, da Terra e da vida junto à história do ser humano. Em conclusão, considero que para salvaguardar o milagre cósmico que representa a emergência da vida temos que adotar novas perspectivas bioéticas transdisciplinares que abordem a complexidade ecossistêmica dos processos coevolutivos da vida em Gaia no seu conjunto.

Palavras chave: bioética, transdisciplinariedade, complexidade, co-evolução, Grande História, sustentabilidade, relações transnacionais.

Introducción

En octubre de 2005, la Conferencia General de la Unesco decidió aprobar la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos, produciéndose un hito histórico para la bioética, donde los Estados Miembros se comprometieron a respetar y aplicar los principios fundamentales que se plasmaron en el texto. En el preámbulo se reconoce la capacidad excepcional que tiene el género humano para reflexionar sobre su existencia y su entorno, así como para percibir los peligros potenciales que albergan la ciencia y la tecnología en sus diversas formas. También se reconoce que los problemas éticos suscitados por los rápidos adelantos de la ciencia y sus aplicaciones tecnológicas deben examinarse teniendo en cuenta la dignidad y los derechos humanos, así como la protección del medio ambiente, la biosfera y la biodiversidad.

En este contexto, el objetivo principal del presente artículo está enfocado en ampliar la no-

ción bioética del Artículo 17 de la declaración, que expone lo siguiente:

Se habrán de tener debidamente en cuenta la interconexión entre los seres humanos y las demás formas de vida, la importancia de un acceso apropiado a los recursos biológicos y genéticos y su utilización, el respeto del saber tradicional y el papel de los seres humanos en la protección del medio ambiente, la biosfera y la biodiversidad. (UNESCO, 2005, p. 3)

La idea de interconexión entre los seres humanos y las demás formas de vida nos lleva a revisar el concepto de bioética a través del estudio transdisciplinar de los procesos coevolutivos que la vida desarrolla desde su aparición en la Tierra hace miles de millones de años. Por este motivo, el objetivo de este trabajo es ampliar y redefinir transdisciplinarmente la noción de bioética desde una introducción coevolutiva a la Gran Historia. El «milagro cósmico de la vida» es un desafío transdisciplinar que la

bioética debe integrar para salvaguardar la gran biodiversidad que coevoluciona en Gaia.¹

1. METODOLOGÍA

Este artículo de reflexión se ha elaborado a partir del marco teórico de la «Gran Historia» acuñado por David Christian en *Mapas del Tiempo* y fundamentado teóricamente por Fred Spier en *El lugar del hombre en el cosmos. La Gran Historia y el futuro de la humanidad*. Según metodología, el trabajo tiene como objetivo reflexionar sobre las interconexiones entre los seres humanos y las demás formas de vida que hay en nuestra biosfera, tal y como se expresa en la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos de la Unesco del año 2005, para ampliar la discusión teórica correspondiente a la noción transdisciplinar de la bioética. Si la bioética aborda los problemas éticos que tienen que ver con la vida en general, se hace necesaria una «ecología de saberes»² que establezca un diálogo transdisciplinar entre los conocimientos científicos y no científicos para estudiar la coevolución cósmica y planetaria de la vida desde su aparición hace unos 3.800 millones de años.

Por esta razón, el artículo realiza un estudio cualitativo, de carácter exploratorio, descriptivo y analítico que busca unificar, integrar e incluir la historia del universo, del sistema solar, de la Tierra y de la vida junto a la historia del ser humano. Se trata de una introducción epistemológica al marco teórico de la Gran Historia que busca comprender de forma sistémica, holística y multidimensional, que la responsabilidad bioética de coevolucionar de forma sostenible y

resiliente en la Tierra requiere nuevas formas de gestionar y organizar el conocimiento.

La bioética como ciencia transdisciplinar de la complejidad busca comprender las interconexiones del género humano con los diferentes niveles de realidad que co-existen en la naturaleza y en el cosmos. El campo teórico y conceptual de la bioética requiere, por tanto, abrirse a un abordaje metodológico complejo y transversal que consiga enfrentarse a los múltiples desafíos bioéticos que tenemos como civilización planetaria para alcanzar un desarrollo humano sostenible con nuestro medio ambiente, la biosfera y la biodiversidad.

2. RESULTADOS

Los resultados se presentan a partir de tres puntos emergentes y complementarios: la que enuncia una apertura coevolutiva a la noción bioética, la búsqueda del origen cósmico de la bioética y la integración de la bioética en los procesos coevolutivos de la Gran Historia.

2.1 UNA APERTURA COEVOLUTIVA A LA NOCIÓN BIOÉTICA

Al introducir la noción bioética en los procesos coevolutivos de la vida en la Gran Historia se tiene como resultado una simbiosis entre la historia del universo, del sistema solar, de la Tierra, de la vida y del ser humano. Esta simbiosis permite identificar y describir las relaciones cosmo-bio-eco-dependientes que ligán al ser humano con los procesos coevolutivos de la naturaleza y el universo, en armonía con la visión transcultural de la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos de la Unesco de 2005. Al reconocer y verificar las estrategias y principios operacionales que la vida desarrolla en la naturaleza desde su aparición, se ha constatado que representan un modelo biomimético para desarrollar sistemas socioeconómicos en

¹ Gaia es la diosa primigenia que personifica la Tierra en la mitología griega.

² Este concepto se basa en la definición dada por Boaventura de Sousa Santos «Para além do pensamento abyssal: das linhas globais a uma ecologia de saberes» (Santos & Meneses, 2010, pp. 31-83).

armonía con los ecosistemas naturales. Por lo tanto, el resultado de esta simbiosis permite contribuir al desarrollo transdisciplinar de la noción de bioética para concientizar y sensibilizar sobre la urgencia de salvaguardar el milagro cósmico que representa la aparición de la vida en Gaia.

De acuerdo con el consenso científico de la Gran Historia (Spier, 2011, p. 101), el universo humanamente conocido surgió hace unos 13.700 millones de años antes del presente (AP), con la explosión del *Big Bang*. La formación de la Tierra se produjo entre 5.000 y 4.500 millones de años AP, y el milagro de la vida apareció alrededor de los 3.800 y 3.500 millones de años AP. Durante la primera mitad de este periodo, las formas de vida primogénitas de la Tierra se mantuvieron en niveles de complejidad muy sencillos (como las arqueobacterias o las eubacterias), pero la aparición del oxígeno libre en la atmósfera originó las primeras células complejas (las eucariotas), hace unos 2.000 millones de años AP. La explosión cámbrica del metazoos tuvo lugar unos 1.500 millones de años después, hace unos 542 millones de años AP. Desde entonces, la variedad biológica se ha incrementado a gran velocidad, formando una amplia gama de organismos multicelulares que vienen desarrollando estrategias de supervivencia con flujos de energía muy singulares, como por ejemplo la cadena trófica.

Si bien todo parece indicar que la vida surgió en las profundidades de los océanos, no consiguió alcanzar la tierra firme hasta hace unos 450 millones de años AP. Tan sólo 250 millones de años después de alcanzar la superficie terrestre surgieron los primeros animales de sangre caliente, donde destacaron los famosos dinosaurios del periodo Jurásico que desaparecieron hace unos 66 millones de años AP por el impacto de un supuesto asteroide en la Tierra. Según apunta Christian (2010, p. 162), esta cir-

cunstancia dio lugar al periodo hegemónico de los mamíferos, de donde emergieron más tarde los primeros homínidos bípedos, hace cerca de 7 millones de años AP. Gracias a la prueba del carbono-14 realizada en los restos fósiles encontrados hasta la fecha, se puede conocer de un modo aproximado la datación de los primeros australopitecos, que parecen tener unos 4 millones de años AP. Los de *Homo Habilis* datan entre 2,5 y 1,9 millones de años AP, los de *Homo Erectus* tienen en torno a 1,9 millones de años AP, y los del *Homo Neardenthalis* y *Homo Sapiens* apuntan unos 200.000 años AP. Con la extinción del *Homo floresiensis* hace unos 13.000 años AP, el *Homo sapiens* es el único superviviente de la especie humana que cohabita y coevoluciona en el planeta Tierra junto al resto de la biodiversidad animal, vegetal, insectos, bacterias, etc.

La coevolución es un concepto acuñado por el biólogo Paul R. Ehrlich y el botánico y ambientalista Peter H. Raven en el año 1964. En su trabajo conjunto *Butterflies and Plants: A Study in Coevolution*, abordaron las influencias evolutivas recíprocas que tienen las plantas y los insectos que se alimentan de ellas: «un abordaje que nos gustaría llamar de coevolución es la examinación de los padrones de interacción entre dos grandes grupos de organismos con una relación ecológica cerrada evidente, tal como las plantas y los herbívoros» (Ehrlich & Raven, 1964, p. 586). Si bien la idea de coevolución no era nueva, y ya se había expresado en teorías anteriores, el uso que Ehrlich y Raven hicieron del término permitió que pensadores de otros campos de aplicación hicieran nuevas interpretaciones. En 1980, el ecólogo evolucionario Daniel H. Janzen fue el primero en definir el concepto de coevolución en su artículo «When Is It Coevolution?»:

La «coevolución» puede ser útilmente definida como un cambio evolutivo en un rasgo de los individuos de una

población en respuesta a un rasgo de los individuos de una segunda población, seguido de una respuesta evolutiva de la segunda población por el cambio en la primera. (1980, p. 611)

Explica Janzen, añadiendo que «la coevolución difusa» ocurre cuando una o ambas poblaciones en la definición anterior están representados por una serie de poblaciones que generan una presión selectiva como un grupo» (1980, p. 611). De este modo, la interdependencia ecológica requiere de tres principios básicos: 1) *especificidad*, donde la evolución de cada especie se debe a las presiones selectivas de la otra; 2) *reciprocidad*, al evolucionar conjuntamente ambas especies; y 3) *simultaneidad*, que ambas especies evolucionen al mismo tiempo. Así, el proceso coevolutivo se ha usado en un sentido relativamente restringido en el marco de la evolución biológica.

Pero el sentido de «coevolución» que se utiliza en esta investigación para discutirlo en la bioética va más allá: abarca e integra tanto el grado de asociación filogenética mutua como el grado de modificación mutua en la co-adaptación, pero también los procesos globales de la macro-evolución y los procesos específicos de la micro-evolución. La coevolución se define, entonces, como un cambio evolutivo recíproco entre especies y su entorno natural que, durante el desarrollo complejo de inter-retro-acciones entre sí, se modifican mutuamente de forma constante. Esta perspectiva coevolucionista le sirve al investigador Rolf Zinkernagel (2007, pp. 8-10) –Premio Nobel de Medicina de 1996– para explicar cómo el sistema inmunológico ha coevolucionado con microbios que causan enfermedades infecciosas. En términos generales, la coevolución es un proceso de retroalimentación que está muy presente en la naturaleza y ha servido de base para la explotación agrícola e industrial por parte del ser humano durante

su evolución histórica en la Tierra. Como bien explica el economista ecológico Richard B. Norgaard, «con la industrialización, los sistemas sociales coevolucionaron para facilitar el desarrollo a través de la explotación del carbón y del petróleo. Los sistemas sociales ya no coevolucionaron para interactuar más eficazmente con los sistemas ambientales» (1994, p. 39). Con la revolución industrial se inició una era de hidrocarburos que modificaron drásticamente los procesos coevolutivos de la etapa agrícola anterior del ser humano. En la medida en que los sistemas sociales comenzaron a ejercer fuertes presiones en los sistemas ambientales, el *stock* de recursos materiales y energéticos disminuyó muy rápidamente: inició un periodo evolutivo de insostenibilidad planetaria.

La sociedad globalizada del siglo XXI tiene que tomar consciencia, de forma urgente, de la insostenibilidad socioeconómica del «cuatrimestro globalizador» (Morin, Roger & Motta, 2003, p. 104) de la ciencia, la industria, el capitalismo y la tecnología, puesto que están poniendo en grave riesgo tanto a las generaciones humanas futuras como al resto de los ecosistemas naturales. Es necesario organizar el conocimiento de forma transdisciplinar para comprender que nuestra evolución como especie está intrínsecamente interligada en los procesos de coevolución constante que las distintas formas de vida vienen desarrollando en nuestro planeta Tierra desde hace miles de millones de años. Se trata de una coevolución multidimensional que se desenvuelve a través de inter-retro-acciones entre los diferentes niveles de realidad cósmica, planetaria, regional, nacional y local, donde se establece una extensa red de interdependencia universal de fenómenos ecológicos, biofísicos, sociales, políticos, culturales, económicos, tecnológicos, entre otros. Por eso la explotación descontrolada de los recursos naturales para la fabricación de productos industriales se ha

convertido en una problemática que suscita gran preocupación en la agenda internacional, donde diferentes actores geopolíticos estudian y analizan, desde hace décadas, los fenómenos transfronterizos que afectan a todas las formas de vida.

En este contexto, la bioética emerge como una ciencia transdisciplinar que se ocupa de estudiar la complejidad de las inter-retro-acciones desarrolladas entre los sistemas dinámicos que componen la vida (ser humano, animales, plantas, etc.), dentro de un entorno ambiental que alberga las condiciones idóneas para su coevolución. El ser humano es una especie única que participa de una gran danza cósmica protagonizada por fenómenos de energía-materia cuya sinfonía nos recuerda que somos actores activos de la co-evolución del mundo común compartido con los ecosistemas de Gaia. «Reconocemos ahora la Tierra como un ser autocreativo único, que adquirió vida en su danza giratoria por el espacio» (Sahtouris, 1998, pp. 25-26) expresa la bióloga Elisabet Sahtouris, añadiendo que «en cuanto reunimos los detalles científicos de la danza de la vida de nuestro planeta [...], la evolución de nuestra especie adquiere un nuevo significado en relación al todo» (1998, pp. 25-26). Con más de treinta millones de especies, la nuestra es la única que tiene la potencialidad intrínseca de modificar su entorno natural de forma radical y transcendental para cubrir sus necesidades, pero eso también se ha convertido en un «virus» que degrada la salud de nuestro planeta por su afán de lucro económico a cualquier costo.

Por eso la degradación sistemática de la naturaleza nos convierte en cómplices de un ecocidio globalizado, puesto que la huella ecológica³ se perpetúa por nuestra activa participación en

dinámicas consumistas y por nuestra pasividad bioética ante la destrucción de la vida en nuestro planeta Tierra, que es nuestro bien común más *sagrado*. «Hay pocos indicadores más alarmantes acerca del brutal desequilibrio climático que hemos puesto en marcha, y cuyas consecuencias serán terribles (ecocidio más genocidio, si se quiere expresar en una fórmula sintética)» (Riechmann, 2014, p. 333) explica el filósofo moral Jorge Riechmann. Con tales desequilibrios, las generaciones futuras sufrirán las consecuencias climáticas de un calentamiento global provocado por nuestra cultura de consumo y producción actual (escasez crónica de recursos, cambios ecosistémicos, pérdida de la biodiversidad, deshielo glaciar, aumento del nivel del mar, deforestación, contaminación del suelo, agua y aire, etc.).

Es por esta razón que la bioética representa un verdadero salto cualitativo en la construcción epistemológica del conocimiento en general y de la ética en particular, puesto que su marco epistémico multirreferencial va más allá de las problemáticas morales tradicionales del bienestar humano para integrar nuevos avances y desarrollos tecnológicos que modifican radicalmente los fenómenos vitales de la propia naturaleza. Considero que el debate sobre la bioética debe ampliarse hacia nuevos campos transversales para potenciar su discurso en armonía con el pensamiento del especialista bioético Jaime Escobar, quien destaca que:

la indisoluble relación de la bioética con la paz, el respeto por los derechos humanos, la participación, la inclusión, al diálogo permanente y productivo, el respeto por los recursos naturales, la equidad, la distribución de la riqueza, el mejoramiento del modelo en la atención de la

³ Una buena forma de entender los límites del crecimiento es mediante el concepto de «huella ecológica» acuñado por el especialista en ecología demográfica William E. Rees, y desarrollado junto a

su estudiante de tesis doctoral Mathis Wackernagel en la década de 1990. Para más detalle véase Wackernagel & Rees, 1996.

salud y la calidad de la educación. (2014, pp. 6-7)

2.2 BUSCANDO EL ORIGEN CÓSMICO DE LA BIOÉTICA

La comprensión del origen y la evolución de la vida en el universo supone una pieza fundamental para el desarrollo conceptual de la bioética transdisciplinar, puesto que no solo consigue contextualizar el milagro cósmico que supone la emergencia de la vida en la Tierra, sino que también nos sensibiliza y concientiza sobre la necesidad de transformar nuestros sistemas socioeconómicos para superar la gran huella ecológica que estamos dejando en Gaia. Todo consumo de bienes naturales, sean materiales o energéticos, proviene de la naturaleza. La idea de «progreso» que Occidente ha implantado al resto del mundo desde la Modernidad se basa en explotar los recursos naturales para abastecer las altas demandas humanas, por lo que se hace necesario despertar de esta ilusión epistémica en la que nos encontramos para promover «otros mundos posibles»⁴ que sean sostenibles con nuestra biosfera. El ser humano depende de sus interconexiones con el medio ambiente para subsistir, por lo que no podemos seguir tratando a la naturaleza como un simple objeto que manipular a nuestro antojo para manufacturar productos industriales y obtener un alto rendimiento económico.

Desde un paradigma bioético integrador, es urgente reconocer que el género humano es un subsistema de la naturaleza y, por tanto, depende de ésta para auto-eco-desarrollarse. Las partículas elementales que constituyen nuestro

organismo, y que constituyen toda la materia humanamente conocida del universo, se formaron entre los 3 y 4 primeros minutos después del origen del universo, según nos explica la Teoría del Big Bang (véase Christian, 2010, pp. 38-50). La condición cósmica del género humano nos contextualiza literalmente en medio de un gigantesco cosmos (¿infinito?) cuya expansión generó miles de millones de galaxias entre los 700 y 2.000 millones de años después del Big Bang (véase Christian, 2010, pp. 38-50). En el interior de estas galaxias fueron surgiendo las primeras generaciones de estrellas, que empezó en esta época y continúan formándose en la actualidad. Los átomos de carbono que constituyen la corporalidad humana se formaron en uno o varios soles anteriores al nuestro.

El sistema solar al que pertenecemos se formó al mismo tiempo que el Sol, durante el hundimiento gravitatorio de una nube de materia ocurrida hace unos 4.600 millones de años AP. El Sol absorbió el 99,9% de la materia que contenía esta nube cósmica (compuesta en un 98% por hidrógeno y helio, y el otro 2% por los demás elementos químicos), y la parte de 0,1% de materia restante fue salpicada originando la formación del resto de planetas y satélites que constituyen nuestro sistema solar (véase Christian, 2010, p. 88). Esta pequeña fracción de materia repulsada por el Sol formó un disco plano con diferentes órbitas que giraban en torno a él. Al interior de estas órbitas comenzaron a formarse conglomerados de materia como consecuencia de las colisiones cósmicas y de la atracción gravitacional, hasta que sólo quedó un cuerpo planetario en cada órbita. Los planetas telúricos más próximos al Sol (Mercurio, Venus, Tierra y Marte) adquirieron los materiales más pesados, lo que les sirvió para constituirse como planetas más cálidos y rocosos. Por el contrario, los planetas de las órbitas más lejanas terminaron acumulando

⁴ En el año 2003 se celebró en Porto Alegre (Brasil) la tercera edición del Foro Social Mundial (FSM), un movimiento global de la sociedad civil que busca cambiar el modelo neoliberal de la globalización económica por otros modelos que caminen hacia un desarrollo socioecológico sostenible. «Otros mundos posibles» fue el eslogan de esta edición que se ha venido utilizando desde entonces por toda la sociedad civil para crear una «alter-globalización».

más gases (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno).

La Tierra se formó en la «zona galáctica habitable»⁵ con una pequeña fracción material expulsada por el Sol, auto-organizándose en dependencia respecto de este, y constituyéndose con una distribución concreta de elementos químicos que favoreció la emergencia de la vida. Según el modelo de evolución de la Vía Láctea de los astrofísicos Lineweaver, Fenner y Gibson, la zona galáctica habitable de nuestro vecindario cósmico se caracteriza por contar con

la distribución en espacio y tiempo de cuatro prerequisites para la vida compleja: la presencia de una estrella anfitriona, bastantes elementos pesados para formar planetas terrestres, suficiente tiempo para la evolución biológica y un medio ambiente libre de supernovas que extingan la vida. (Lineweaver, Fenner & Gibson, 2004, p. 59).

Estas circunstancias Goldilocks⁶ para la aparición de la vida hicieron que las moléculas que componen a todas las especies conocidas (incluida la especie humana) se agruparan en los primeros instantes de la formación de la Tierra, formando macromoléculas que se metamorfosearon en una nueva organización diferente a la estrictamente química: una auto-organización viviente.⁷

⁵ En astrofísica, la zona de habitabilidad estelar se refiere a la región que existe en torno a una estrella que alberga las condiciones propicias para la aparición y desarrollo de la vida.

⁶ El concepto de circunstancias Goldilocks se refiere a las condiciones precisas reunidas para hacer emerger una complejidad dada. Se requiere la disponibilidad porcentual de un adecuado conjunto de elementos fundamentales, el correcto aporte de flujos de energía, así como un gran número de condiciones limitadoras (temperatura, presión, radiación, entre otros).

⁷ Algunos de los ejemplos más conocidos sobre el principio de auto-organización son los sistemas dinámicos de Ross Ashby, las estructuras disipativas de Ilya Prigogine, la autopoiesis de Humberto Maturana y Francisco Varela, la red booleana de Stuart Kauffman, la simbiogénesis de Lynn Margulis, la hipótesis Gaia de

Al poco tiempo de formarse la Tierra, ésta se derritió y los materiales más pesados se hundieron hasta su núcleo central y los más ligeros afloraron en la superficie. Si bien la estructura interior de la Tierra ha permanecido prácticamente igual desde hace 4.000 millones de años AP, la superficie y la atmósfera han ido experimentando muchos cambios hasta adquirir el aspecto que tienen en la actualidad. Con las explicaciones derivadas de la teoría de la tectónica de placas⁸ podemos saber que las placas continentales donde hemos constituido (de forma artificial) nuestros estados-naciones modernos se han estado desplazando lentamente a lo largo de millones de años hasta configurar el *mapa mundis* actual. Durante toda esta *epopeya cósmica* que ha acabado originando la vida en la Tierra, el *homo sapiens* apenas es una entidad cosmo-bio-genética que recién llegó hace 200.000 años. Se trata de un «sistema adaptativo complejo»⁹ que no solo trata de adaptarse al entorno, sino que también lo modifica para acomodar sus necesidades. Por eso la capacidad constructiva/destructiva del ser humano nos está empujando a los prolegómenos de una etapa evolutiva con escasez de recursos naturales que podría poner un punto y final a la aventura

James Lovelock, las fractales geométricas de Benoit Mandelbrot, o la teoría de sistemas de Gregory Bateson, entre muchos otros.

⁸ Según la teoría que el geógrafo alemán Alfred Wegner presentó en su libro «*El origen de los continentes y los océanos*» del año 1915, la superficie terrestre no habría estado inmóvil en el mismo lugar en que hoy la conocemos (de forma intercontinental y con grandes espacios de agua entre estos), sino que habría estado desplazándose en una *deriva continental*. A través de numerosas pruebas geográficas, geológicas, paleoclimáticas y paleontológicas, Wegner puso de manifiesto que hace unos 250 millones de años antes del presente (AP) los continentes habían llegado a estar unidos en un único continente que él denominó «*Pangea*», el cual estaba rodeado de un único mar, *Panthalassa*. Unos 50 millones de años después este continente se dividió en dos partes: *Gondwana* al sur, que comprendió lo que hoy conocemos como Australia, la India, África, la Antártida y Sudamérica; y *Laurasia*, que abarcó América del Norte, Europa y Asia. Ciertos indicios científicos sugieren que antes de la formación de *Pangea* existió otro supercontinente que hoy denominamos *Rodinia*, al cual sitúan en una horquilla temporal de 1.100 y 750 millones de años AP.

⁹ El concepto de «sistema adaptativo complejo» fue acuñado por Murray Gell-Mann, autor galardonado con el Premio Nobel de Física en 1969 por sus contribuciones y descubiertas concernientes a la clasificación de partículas elementales y sus interacciones.

cósmica excepcional que representa la vida en la Tierra.

2.3 INTEGRANDO LA BIOÉTICA EN LOS PROCESOS COEVOLUTIVOS DE LA GRAN HISTORIA

Para no acabar con esta aventura cósmica de la vida en la Tierra, es urgente que desarrollemos una consciencia bioética que nos ayude a comprender la urgente necesidad de preservar y conservar toda la biodiversidad de Gaia. La «ecología de saberes» derivada del abordaje transdisciplinar de la Gran Historia evidencia que el surgimiento de la vida en nuestro planeta constituye un auténtico milagro cósmico por la improbabilidad fáctica que supone y por la posterior co-evolución hacia una complejidad fascinante. Por este motivo es importante ampliar la noción conceptual de bioética que Fritz Jahr y Van Rensselaer Potter (véase Potter, 1998) dieron en la segunda mitad del siglo XX.

Considero que debemos integrar e incluir de forma transdisciplinar diferentes cosmovisiones y epistemologías que nos ayuden a reflexionar simultáneamente de forma sistémica-analítica y holística-específica sobre el valor de toda forma de vida, que viene coevolucionando desde hace billones de años en nuestra biosfera. En una visión más amplia del término, la bioética gana interés científico y filosófico cuando se estudia desde la perspectiva transhistórica de la coevolución: donde el pasado, el presente y el futuro convergen en el espacio-tiempo para defender la excepción cósmica que representa el surgimiento de la vida en nuestro planeta.

Para entender mejor la interdependencia y las inter-retro-acciones coevolutivas que la vida viene desarrollando en la Tierra desde hace unos 3.800 millones de años, resulta interesante recordar la obra *Biosphere* que el geoquímico ruso Vladimir Vernadsky publicó en 1926.

En ella desarrolló una teoría que comprendía a nuestro planeta como una superposición de cinco realidades integradas: la atmósfera, la litosfera, la biosfera, la tecnosfera y la noosfera. En su conjunto, Vernadsky entendió la vida como una «fuerza ecológica» que parcialmente crea y controla el medio ambiente planetario, estando muy cerca de la hipótesis Gaia contemporánea del químico atmosférico James Lovelock. Pero los biólogos y los geólogos no comenzaron a investigar de forma sistemática hasta la década de los setenta, época en la que este enfoque recibió el nombre de «geociencia».

En síntesis, la hipótesis Gaia de Lovelock aduce que la evolución de las especies y la evolución de su ambiente material están estrechamente imbricadas en un único sistema que co-evoluciona en un organismo vivo todavía mayor que se auto-eco-organiza: Gaia, nuestro planeta Tierra. La concepción de co-evolución nos ayuda a comprender bioéticamente que la sostenibilidad planetaria solo tendrá lugar en el momento en que la ciudadanía mundial tome consciencia individual y colectiva de su interdependencia con los procesos ecosistémicos de nuestra planeta. Para desarrollar una profunda consciencia bioética se requiere la creación de un imperativo «bioético global» que promueva la realización del potencial humano como un actor ecosistémico principal en la búsqueda de mejorar la salud de la vida dentro del desarrollo coevolutivo de Gaia.

Dicho en otras palabras, para comprender la amenaza fundamental que constituye la huella ecológica de las acciones derivadas de nuestros sistemas de producción y consumo en los ecosistemas naturales, el concepto de co-evolución debe constituirse como un elemento bioético primordial tanto en las agendas políticas internacionales como en los currículos de todos los sistemas educativos: sirviendo de guía civilizatoria para caminar hacia el denominado *paradigma de la cosmodernidad* (véase Collado-

Ruano, Galeffi & Ponczek, 2014), donde ciencia y espiritualidad convergen para salvaguardar la vida.

Como resultado, la perspectiva transdisciplinar bioética de la introducción coevolutiva de la Gran Historia nos ayuda a comprender que los problemas de contaminación y degradación ambiental a gran escala son una responsabilidad bioética individual y colectiva de toda la ciudadanía mundial. Dentro de todos y cada uno de nosotros está la potencia de transformar los artefactos culturales humanos que nos dirigen a la barbarie e intentar salvaguardar las diferentes formas de vida que han tardado miles de millones de años en constituirse en Gaia. «La meditación es el comienzo del autoconocimiento» (Krishnamurti, 1966, p. 138) nos recuerda el filósofo espiritualista hindú Krishnamurti. La búsqueda existencial sobre el pasado, el presente y el futuro de la vida sitúa a la condición humana en medio de una extensa red de interdependencias con los procesos naturales y cósmicos que debemos retomar para reflexionar bioéticamente de forma urgente.

En esta reflexión bioética es necesario incluir las cosmovisiones epistemológicas y espirituales de los pueblos indígenas originarios, ya que la idea de una *Tierra viva* es tan antigua como las propias civilizaciones arcaicas. En el siglo XXI todavía podemos encontrar inspiración en miles de cosmovisiones ancestrales de los pueblos originarios que todavía perduran en las diversas áreas de América, África, Europa, Asia y Oceanía. El denominador común de todas las cosmovisiones indígenas y aborígenes ancestrales es la concepción espiritual y ecológica que estructura sus organizaciones sociales, las cuales se encuentran en armonía y respeto con las distintas formas de vida que existen en nuestro planeta. Los movimientos de *permacultura* también son un excelente ejemplo de estilo de vida y de planificación

del hábitat a través de la ingeniería ecológica, puesto que logran extender la concepción de sostenibilidad ecológica a la sostenibilidad de los asentamientos humanos locales. El término de *permacultura* fue acuñado por David Holmgren (véase Holmgren, 2010) en la década de 1970 para crear una filosofía de vida basada en los modelos de las comunidades aborígenes tradicionales de Australia.

De un modo complementario a estas cosmovisiones milenarias, la hipótesis Gaia formulada por Lovelock y Margulis (1989) expone, de un modo científico, que la Tierra es un sistema auto-regulado donde la atmósfera y la parte superficial de nuestro planeta se comportan como un todo coherente gracias al efecto auto-eco-organizador de la vida. El carácter auto-regulador de la Tierra se debe a un continuo proceso de inter-retro-acciones que las plantas y otros organismos ejercen al liberar oxígeno y otros gases a la atmósfera. Gaia parece constituirse como un enorme ecosistema formado por muchos ecosistemas. «La historia de tales ecosistemas a todas las escalas no es simplemente la historia de la evolución, sino de la co-evolución» (Kauffman, 1995, p. 73) complementa el teórico biólogo Stuart Kauffman, añadiendo que «todos nosotros hemos hecho nuestros mundos juntos por al menos 4 billones de años. La historia del orden libre continua en esta co-evolución molecular y del organismo» (1995, p. 73). Esta perspectiva coevolucionista redefine la complejidad de la propia vida, y por tanto, de la bioética. En su conjunto, la hipótesis Gaia (véase Lovelock, 1983) postula que las complejas redes de bucles de retroalimentación que convierten a nuestro planeta Tierra en un sistema dinámico auto-organizado son debidas a la íntima relación que existe entre los organismos vivos del planeta (como los microorganismos, las plantas y los animales) y el medio ambiente no vivo (como la atmósfera, los océanos, el clima, la corteza terrestre, las rocas, etc.).

De este modo, todo parece indicar que la íntima asociación entre las partes vivas y no vivas hacen que la troposfera (véase Lovelock, 1983, pp. 82-85) constituya el sistema circulatorio de nuestro planeta Tierra, el cual se auto-regula por las inter-retro-acciones con las distintas formas de vida y el entorno. Esta es la gran transgresión conceptual que la hipótesis Gaia realiza respecto a la visión darwiniana: considerar al entorno medioambiental como una parte integrante de la vida misma. Los organismos vivos nacen, se desarrollan y se transforman en un nicho-hábitat-entorno que se adapta a estos a través de inter-retro-acciones cíclicas constantes. Así, la evolución de los organismos vivos está estrechamente vinculada a la evolución de su entorno: adaptándose mutuamente en un único y continuo proceso de co-evolución. Aquí radica la gran importancia de superar la falacia epistémica que las estructuras mentales del darwinismo social y los postulados capitalistas de los siglos XIX y XX han constituido históricamente en el imaginario colectivo, puesto que «menosprecian la Tierra y los caminos de la naturaleza» (Margulis & Sagan, 1995, p. 56).

Si bien es cierto que en la naturaleza existen procesos y situaciones de violencia y competencia, el reconocimiento de la co-evolución como fenómeno ontológico de la vida en la Tierra supone un cambio transcendental en la filosofía de la naturaleza, puesto que los procesos competitivos y belicistas derivados del concepto darwiniano de «selección natural» se han visto sustituidos por una nueva imagen caracterizada por las inter-retro-acciones de mutua dependencia y cooperación continua entre las distintas formas de vida con su entorno.

La vida no ocupó la Tierra tras un combate, sino extendiendo una red de colaboración por su superficie [...] Las formas de vida se multiplicaron y se hicieron cada vez más complejas, integrándose con otras, en vez de hacerlas

desaparecer» (Margulis & Sagan, 1995, pp. 48-49).

En este sentido, dado el consenso generalizado que existe entre la comunidad de científicos que considera a las bacterias como el antecesor común a todas las especies vivas actuales, el estudio en microbiología ha sido fundamental para arrojar nuevos rayos de luz al debate sobre la aparición de la vida en la Tierra y su desarrollo evolutivo a lo largo de miles de millones de años. Margulis y Sagan (1995, p. 49) expresan que «la temprana historia de la vida sucedieron por la interacción, como mínimo, de tres mecanismos distintos de evolución descubiertos recientemente»: las mutaciones genéticas, el intercambio de genes y la simbiosis.

Según estos autores, las mutaciones y el intercambio genético son los dos caminos principales de evolución bacteriana, pero no bastan para explicar la evolución de organismos multicelulares de todas las formas de vida mayores que existen en la Tierra actualmente. Mientras que las bacterias son células no-nucleadas (procariotes) y constituyen las formas más simples de vida, el resto de células que conforman a los organismos superiores son nucleadas (eucariontes). En uno de los más fascinantes descubrimientos de la moderna microbiología, con profundas implicaciones en todas las ramas de la biología, incluyendo la ramificación de la bioética, la observación de las mitocondrias proporcionó la pista de una tercera vía evolutiva con mayor satisfacción explicativa a Margulis (2002), que hoy conocemos con el término de «simbiogénesis». Las mitocondrias son inclusiones de una membrana fina que se encuentran en el interior de las células de las plantas, animales, hongos y protistas, siempre con una estructura similar. A pesar de que las mitocondrias se encuentran fuera del núcleo de las células modernas, conservan sus propios genes compuestos por ADN. A diferencia de las

células en las que residen, las mitocondrias se reproducen por división binaria en momentos distintos al de la división del resto de la célula.

Esto significa que sin las mitocondrias, todas las plantas y animales (organismos constituidos por células con núcleo) no hubieran podido vivir porque hubieran sido incapaces de utilizar el oxígeno. Por este motivo, todo parece indicar que esta tendencia simbiótica que tienen los organismos de convivir en íntima asociación ha supuesto, a largo plazo, el origen de nuevas formas de vida. Dicho de otro modo, la cooperación es la característica definitoria de la vida. La simbiosis es la prueba científica que confirma nuestra ascendencia común multimicrobiana con el resto de organismos vivos de nuestro planeta. Todos nuestros cuerpos constituyen la prueba fáctica de la auténtica historia de la vida en la Tierra. «Nuestras células conservan un medio ambiente rico en carbono e hidrógeno, como el de la Tierra en el momento en que empezó la vida en ella» (Margulis & Sagan, 1995, p. 52). La importancia que tiene el concepto de simbiosis en la nueva visión epistémica que tenemos de nuestro planeta Tierra nos permite percatarnos de que Gaia es un sistema dinámico auto-regulado que ha estado en continua evolución mucho antes de la aparición de cualquier especie viva.

Por tanto, el resultado fundamental de esta reflexión bioética es que el estudio de las comunidades de microorganismos nos proporciona una clave ecosistémica que nos permite comprender que la vida viene colaborando desde hace billones de años en el mantenimiento de los sedimentos de la superficie y de la atmósfera de nuestro planeta: y lo seguirá haciendo en el marco de la Gran Historia aunque nuestra especie desaparezca algún día. Por eso las lecciones bioéticas aprendidas del concepto de simbiosis en el microcosmos también deben ser trasladadas al mundo macrocósmico de las

relaciones culturales humanas, donde inter-retro-actuamos con nosotros mismos, con otras especies vivas y con nuestro entorno natural. La supervivencia de la especie humana y su entorno natural dependerá del modo en que logremos incorporar a nuestro imaginario colectivo común la responsabilidad bioética de salvaguardar el milagro cósmico de la vida.

3. CONCLUSIONES

Desde una visión bioética transdisciplinar podemos concebir a la especie humana como la peor plaga conocida para nuestro medio ambiente, ya que desde la revolución agrícola de hace unos 10.000 años,¹⁰ y especialmente desde la revolución industrial de hace 250 años, destruye sistémicamente todos los recursos naturales para adaptarlos a sus necesidades como especie. En la naturaleza, los organismos que se caracterizan por un rápido crecimiento y reproducción tienen el fatal inconveniente de agotar los recursos que están a su alcance hasta que el entorno que les circunda les resulta inhóspito, haciéndose imposible su supervivencia. De un modo similar, guiados por un «cuatrimotor globalizador» (Morin, Roger & Motta, 2003, p. 104) ecocida e irracional (ciencia, industria, capitalismo y tecnología), los seres humanos estamos acelerando este proceso de degradación medio ambiental con nuestros hábitos de producción y consumo que implican la explotación y desaparición de los recursos naturales. De acuerdo con varios informes de la ONU, si continuamos con esta tendencia ilusoria y no realizamos una transformación intrínseca de los modos que tenemos de relacionarnos con los ecosistemas de la naturaleza, estaremos llevando a miles de millones de personas hacia

¹⁰ Desde una perspectiva ecosistémica, la revolución agrícola y la domesticación de las especies vegetales y animales supuso una gran pérdida de la biodiversidad, por lo que la acción humana se convirtió en el factor principal que influyó en la evolución de incontables especies.

una escasez crónica de recursos naturales que impedirá su desarrollo humano digno.

La ciudadanía mundial actual tiene que hacer un examen de auto-consciencia para cambiar el rumbo fatalista de nuestras acciones ecocidas. «Los auténticos supervivientes son los habitantes del planeta que han vivido durante millones de años sin agotar su capital ecológico, la base de la que emana toda abundancia» (Benyus, 2012, p. 24) nos recuerda la bióloga Janine Benyus. El ser humano tiene que aprender a cooperar y colaborar simbióticamente, del mismo modo que lo han hecho las bacterias desde hace miles de millones de años, para evitar la desaparición y extinción de las distintas formas de vida que hay en nuestro planeta. El reconocimiento del papel que la cooperación y la colaboración en red tienen como fenómenos vitales para la coevolución de las especies junto a su entorno tiene implicaciones bioéticas profundas que implican una auténtica revolución en los valores del modelo civilizatorio contemporáneo. Mientras que el orden socioeconómico capitalista actual supone la explotación irracional de los recursos naturales a través de un proceso ecocida generalizado de las diferentes formas de vida que existen en Gaia –incluyendo a la especie humana–, el concepto de coevolución representa el ADN de un nuevo cuadro epistémico paradigmático que va más allá de la concepción darwinista de competencia en la naturaleza. Según afirma Capra (1998, p. 254): «la vida es mucho menos una lucha competitiva por la supervivencia que el triunfo de la cooperación y la creatividad». Esta visión sintetiza perfectamente el objetivo principal del presente artículo de reflexión: ampliar la noción bioética expresada en el Artículo 17 de la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos mediante la introducción transdisciplinar a los procesos coevolutivos de la Gran Historia.

En mi opinión, la inspiración bioética derivada de la fenomenología bacteriana nos permite transgredir la visión egoísta y competitiva de la vida en la naturaleza para dar un salto ontológico cualitativo en las formas de cooperación y coevolución que las futuras generaciones nos exigen: dando lugar a la simbiogénesis de unas *relaciones transnacionales* caracterizadas por ir más allá de las meras relaciones transfronterizas entre países, logrando integrar al resto de formas vivas y no vivas de Gaia. Un argumento irrefutable de que estamos dando un salto ontológico cualitativo en las estructuras epistémicas paradigmáticas de la sociedad-mundo del siglo XXI es el hecho de que varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas para 2030 incluyen las partes no vivas de Gaia: el ODS 6 está enfocado en la gestión sostenible del agua, el ODS 14 se dirige a cuidar de los océanos y los mares, y el ODS 15 busca proteger, restaurar y promover los ecosistemas terrestres. En su conjunto, esto supone aceptar la coevolución como un proceso de auto-eco-organización de autonomía e interdependencia de la vida en la Tierra. Una concepción bioética transdisciplinar parece emerger desde la perspectiva de la coevolución en la Gran Historia. Se invita a todos los lectores y lectoras a discutirla más ampliamente. ¿Están preparados/as?

Bibliografía

1. Benyus, J. (2012). *Biomímesis. Cómo la ciencia innova inspirándose en la naturaleza*. Barcelona: Tusquets editores.
2. Capra, F. (1998). *La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Barcelona: ANAGRAMA.
3. Christian, D. (2010). *Mapas del tiempo: Introducción a la Gran Historia*. Barcelona: Crítica.
4. Collado-Ruano, J.; Galeffi, D. A. & Ponczek, R. I. (2014). The Cosmodernity Paradigm: An Emerging Perspective for the Global Citizenship Education

- Proposed by UNESCO. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, TheATLAS, 5, 21-34.
5. Ehrlich, P. R. & Raven, P.H. (1964). Butterflies and Plants: A Study in Coevolution. *Society for the Study of Evolution*, 18(4), 586-608.
 6. Escobar Triana, J. (2014). Presentación. *Revista Colombiana de Bioética*, 9(2), 6-7.
 7. Holmgren, D. (2010). *Permaculture: Principles & Pathways Beyond Sustainability*. London: Permanent Publications.
 8. Janzen, D. H. (1980). When Is It Coevolution?. *Evolution*, 34(3), 611-612.
 9. Kauffman, S. (1995). *At Home in the Universe. The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity*. New York: Oxford University Press.
 10. Krishnamurti, J. (1966). *A mutação interior*. São Paulo: Cultrix.
 11. Lineweaver, C. H.; Fenner, Y. & Gibson, B. K. (2004). The Galactic Habitable Zone and the Age Distribution of Complex Life in the Milky Way. *Science* 303(2), enero 2004, 59-62.
 12. Lovelock, J. (1983). *GAIA, una nueva visión de la vida sobre la Tierra*. Fuenlabrada: Hermann Blume Ediciones.
 13. Margulis, L. (2002). *Planeta simbiótico. Un nuevo punto de vista sobre la evolución*. Madrid: Debate.
 14. Margulis, L. & Sagan, D. (1995). *Microcosmos. Cuatro mil millones de años de evolución desde nuestros ancestros microbianos*. Barcelona: Tusquets Editores.
 15. Margulis, L. & Lovelock, J. (1989). Gaia and Geognosy (pp. 1-29). *Global Ecology: towards a science of the biosphere*, M.B. Rambler, L. Margulis & R. Fester (eds.). San Diego, Academic Press Inc.
 16. Mayor Zaragoza, F. (1994). La UNESCO y la Bioética. En *Revista de Derecho y Genoma Humano*, 1, 21-24.
 17. Morin, E.; Roger, E. & Motta, R. (2003). *Educación en la era planetaria*. Barcelona: Gedisa.
 18. Norgaard, R. B. (1994). *Development Betrayed. The end of progress and a coevolutionary revisioning of the future*. New York: Routledge.
 19. Potter, V. R. (1998). Bioética puente, bioética global y bioética profunda. *Cuadernos del Programa Regional de Bioética*, 7. Organización Panamericana de la Salud. Bogotá: Kimpress.
 20. Riechmann, J. (2014). *Un buen encaje en los ecosistemas*. Segunda edición (revisada) de Biomímesis. Madrid: Ed. Catarata.
 21. Sahtouris, E. (1998). *A Dança da Terra. Sistemas vivos em evolução: uma nova visão da biologia*. Rio de Janeiro: Rosa dos Tempos.
 22. Santos, B. de S. (2010). Para além do pensamento abyssal: das linhas globais a uma ecologia de saberes (pp-31-83). *Epistemologias do Sul*, B. de S. Santos & M.P. Meneses (orgs.). São Paulo: Cortez.
 23. Spier, F. (2011). *El lugar del hombre en el cosmos. La Gran Historia y el futuro de la Humanidad*. Barcelona: Crítica.
 24. UNESCO. (2005). *Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos*.
 25. Wackernagel, M. & Rees, W. E. (1996). *Our Ecological Footprint. Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island: New Society Publishers.
 26. Zinkernagel, R. (2007). On observing and analyzing disease versus signals. *Nature Immunology*, 8, 8-10.