

## **UNA APROXIMACIÓN EPISTEMOLÓGICA AL PARADIGMA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE**

**Dr. Ricardo Rafael Contreras**  
**Miembro Correspondiente Estatal**

### **RESUMEN**

El desarrollo sostenible es una de las mayores estrategias planteadas con la finalidad de remediar la crisis medioambiental y el futuro del planeta. El paradigma del desarrollo sostenible se nutre epistemológicamente de una serie de acuerdos, conferencias e informes, auspiciados desde las Naciones Unidas, que se inicia con la ‘Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre el Medio Humano’ de Estocolmo en 1972, tiene un punto de inflexión con el ‘Informe Nuestro Futuro Común’ de 1987, avanza en la declaración de Río y la ‘Agenda 21’ (1992), alcanza su máximo en los ‘Objetivos del Milenio’ (2000), y se va desarrollando en los Protocolos de Montreal (1987) , Kyoto (1997), el ‘Plan de acción de Bali’ (2007) y los ‘Acuerdos de Cancún’ (2010). Desde un punto de vista metodológico, el paradigma del desarrollo sostenible tiene en la bioética, la química verde y la biomimética, un

conjunto valioso de herramientas con las cuales se pueden alcanzar sus objetivos. En el presente artículo se hace una exposición sistemática de estos y otros aspectos que se integran como bases epistemológicas al paradigma del desarrollo sostenible.

**Palabras clave:** epistemología, desarrollo sostenible, bioética, química verde, biomimética.

Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida-5101-Venezuela. E-mail: ricardo@ula.ve.

### **ABSTRACT**

Sustainable development is one of the major strategies raised with the purpose to solve the environmental crisis and the future of the planet. The paradigm of sustainable development has its epistemological foundations in a series of agreements, conferences, and reports, sponsored by the United Nations, starting with the United Nations Conference on the Human Environment, Stockholm 1972, has an important support in the ‘Our Common Future or Brundtland Report’ (1987), progresses throughout the ‘Agenda 21’ and ‘Rio Declaration’, reaching its maximum in the ‘Millennium Development Goals’ (2000), and goes further developing in the Montreal (1987)

and Kyoto (1997) protocols, ‘Bali Plan’ (2007), and the ‘Cancun Agreements’ (2010). From a methodological point, Bioethics, Green Chemistry, and Biomimetics, represent a valuable set of tools for which the paradigm of sustainable development can achieve its goals. In this paper, a systematic exposition of these and other aspects that are integrated, as epistemological basis of the paradigm of sustainable development.

**Keywords:** Epistemology, Sustainable development, Bioethics, Green chemistry, Biomimetics.

## **PROEMIO**

*La paz y la ecología resultan imposibles de concebir desde la posición  
dominiocéntrica, desde el primado del poder de disposición,  
una y otra no pueden considerarse en modo alguno derechos  
subjetivos,  
sino como derechos-morales, como derechos-deber.  
Lo prioritario es el uso responsable, y no la disponibilidad  
ilimitada.*

Jesús Ballesteros

Uno de los conceptos, cuyo impacto en la sociedad ha venido creciendo sistemáticamente, es el concepto de ‘desarrollo sostenible o sustentable’, el cual definitivamente se erige como uno de los grandes paradigmas de la postmodernidad y del nuevo milenio (Edwards, 2010), cuyos primeros lustros comenzamos a transitar en medio de una progresiva globalización de los riesgos (Moya, 1998) o, mejor, en medio de una ‘contingencia planetaria’ (Contreras, 2011a).

Recordemos que la postmodernidad (Ballesteros, 1994) se caracteriza por el desarrollo de una especial sensibilidad social hacia los temas medioambientales. Este reconocimiento se hizo patente a partir de las décadas de 1960 y 1970, cuando se comenzó a sentir con mayor fuerza la crisis energética, la disminución de la biodiversidad, y el consiguiente deterioro de la salud, especialmente en las grandes ciudades –las megápolis–, donde la contaminación del aire, el agua y el suelo, crecen de la mano de una intensa actividad antropogénica (Tyller-Miller, 2007). Por esta razón, la ecología viene a ser el primero de los componentes del paradigma del desarrollo sostenible.

El término ecología viene del griego *oikos* y *logos*, y se refiere a una ‘ciencia del hábitat’ o una ‘ciencia de la casa’ (Acot, 1990), con lo cual la ecología vendría a ser una ciencia que contabiliza las relaciones entre los organismos vivos y el medioambiente. Este concepto deriva de las ideas del biólogo alemán Ernst Haeckel (1834-1919), el cual insiste en que la ecología es una ciencia que trata el conjunto de las relaciones de los organismos con el mundo exterior (ambiente), algo así como una economía de la naturaleza, que toma en consideración las relaciones mutuas de los seres vivos, su adaptación al medio que los rodea y la transformación que hacen de él a través de la lucha por la supervivencia. Los términos en los cuales se plantea este concepto sugieren inmediatamente una aplicación a la especie humana, que desemboca en lo que podríamos llamar una ecología humana.

La ecología humana se sitúa como el punto de encuentro entre la naturaleza y la sociedad, otra consideración fundamental para el desarrollo sostenible, pues toma en cuenta la gestión inteligente de los recursos naturales, lo cual implica

contemplar a la naturaleza de una manera global (*Gaia*\*), reconociendo sistemas de relaciones universales y procesos generales. Una verdadera gestión medioambiental; no solamente contempla la planificación de estrategias para la conservación de los recursos, aquí se trata del establecimiento de mecanismos que permitan, al mismo tiempo que conservar, explotar estos recursos naturales de una manera inteligente, bajo criterios de manejo que permitan su aprovechamiento racional.

Se puede afirmar que el resultado de la actividad antropogénica, que se pone de manifiesto en el desarrollo de la ‘tecnósfera’, es tan grande y exigente que altera significativamente los procesos naturales de la biósfera. Por esta razón, es importante conocer cuál es la situación y cuáles son las leyes que gobiernan la biósfera, de modo que podamos hacer compatible la actividad humana con la naturaleza. La actual crisis ecológica es el resultado de un desequilibrio entre

---

\* Se propone utilizar el término *Gaia* en el sentido que le da James Lovelock: ‘*La búsqueda del conocimiento y la comprensión de nuestro planeta como un astro con el comportamiento de un ser vivo y que ha conservado para nosotros su calidad de hogar ha sido el Grial que me ha guiado como un faro*’ (Lovelock, 2005: 323).

unos procesos con características cíclicas y autoconsistentes, asociados al comportamiento de la biósfera, y unos procesos fundamentalmente lineales e innovadores (económicos), que se corresponden con la tecnósfera.

Los datos están claros y reflejan una realidad que no podemos ocultar, aunque sea difícil de aceptar. La indiferencia, la pasividad, la falta de previsión y de medidas más enérgicas traerán consecuencias desastrosas y nos llevarán a un futuro cada vez más preocupante. De allí, la importancia que tiene una toma de conciencia, adquiriendo compromisos individuales y colectivos. Esta nueva actitud frente al medioambiente implica prácticamente una nueva ética (Gafo, 1991), una ecoética (Capra, 2003), o mejor, una bioética (Contreras, 2005), vista como una sabiduría particular que nos proveerá las herramientas necesarias para aprender a usar el conocimiento tecnocientífico en la supervivencia del hombre y para mejorar la calidad de la vida.

Atendiendo a la imperiosa necesidad de aprender de la naturaleza y desarrollar tecnologías más amigables con el medioambiente, en las últimas tres décadas desde el ámbito de la química se ha venido haciendo un gran esfuerzo por

popularizar la implementación de nuevos procesos químicos ambientalmente sostenibles. Esta idea ha decantado en un área que se conoce como la Química verde (Lancaster, 2002), que concentra sus esfuerzos en el desarrollo de protocolos y nuevas tecnologías que permitan minimizar o eliminar la contaminación derivada de las actividades de la industria química, mediante la elaboración de sustancias químicas que no atenten contra la salud o el medioambiente.

Finalmente, existe una estrategia no solo interesante por sus implicaciones para el paradigma del desarrollo sostenible, sino por su originalidad a la hora de hacer planteamientos para resolver problemas, se trata de la biomimética. Aquí se persigue imitar a la naturaleza a fin de desarrollar tecnologías que aprovechen los miles de años de evolución de los seres vivos y construir una tecnósfera más amistosa con el medioambiente; parafraseando a Janine M. Benyus –la gran pionera de esta nueva área– podemos decir que la Biomimética es una nueva disciplina que estudia las mejores ideas de la naturaleza y luego imita estos diseños y procesos para resolver los problemas humanos (Benyus, 2002).

A continuación se hace una exposición sistemática de varios aspectos que se integran como bases epistemológicas al

paradigma del desarrollo sostenible, desde los conceptos más básicos y las metodologías, hasta las relaciones con la bioética, la química verde y la biomimética.

### **EPISTEMOLOGÍA FUNDAMENTAL ASOCIADA AL PARADIGMA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE**

Para abordar los aspectos epistemológicos del paradigma del desarrollo sostenible debemos tomar en cuenta dos de las más importantes conferencias que tratan el tema del medioambiente, se trata de la Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre el Medio Humano –Estocolmo, Suecia, 1972– y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) –Río de Janeiro, Brasil, 1992–. Entre ambas, resalta la declaración *Nuestro Futuro Común* o *Informe Brundtland* de 1987, resultado de las reflexiones de la Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo. En este informe se hace el aporte conceptual más importante, pues se apunta el concepto definitivo del desarrollo sostenible, la más importante de las definiciones adoptadas por la matriz disciplinaria (Kuhn, 1995) del paradigma del desarrollo sostenible. En la conferencia de Estocolmo de 1972 se establecieron veintiséis principios (Declaración de la

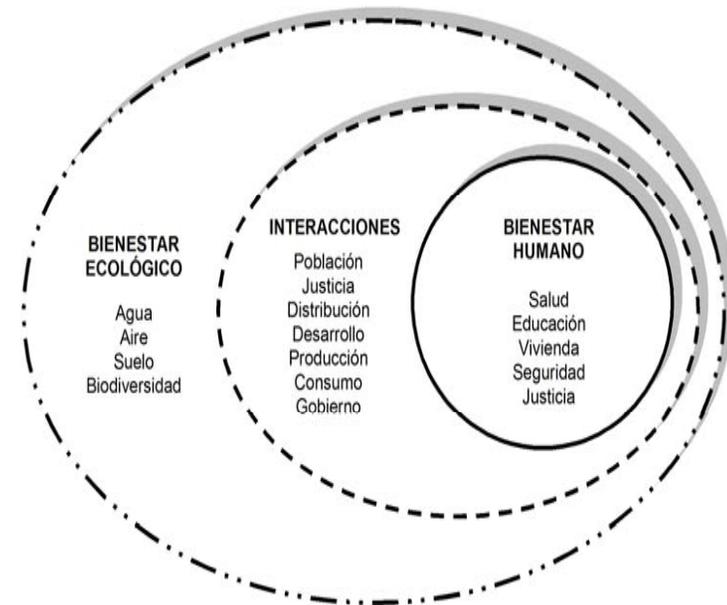
Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, 1972) que desarrollan una visión global del hombre en su interacción con sus semejantes y con el medio ambiente que, a fin de cuentas, es su plataforma vital, como se desprende del segundo principio: *Los recursos naturales de la Tierra, incluidos el aire, el agua, la tierra, la flora y la fauna, y especialmente muestras representativas de los ecosistemas naturales, deben preservarse en beneficio de las generaciones presentes y futuras mediante una cuidadosa planificación u ordenación, según convenga* (Naciones Unidas, 1972: 2). Mientras que el principio 24 establece la necesidad de comenzar a tomar medidas y adoptar compromisos internacionales, especialmente dirigidos a tomar acciones concretas a favor de la conservación del medio ambiente: *Todos los países, grandes o pequeños, deben ocuparse con espíritu de cooperación y en pie de igualdad de las cuestiones internacionales relativas a la protección y mejoramiento del medio. Es indispensable cooperar, mediante acuerdos multilaterales o bilaterales o por otros medios apropiados para controlar, evitar, reducir y eliminar eficazmente los efectos perjudiciales que las actividades que se realicen en cualquier esfera puedan tener para el medio, teniendo en*

*cuenta debidamente la soberanía y los intereses de todos los Estados (Ibídem: 4).*

La declaración *Nuestro Futuro Común* o *Informe Brundtland* de 1987, viene a significar un amplio acuerdo entre científicos y políticos frente a los desafíos globales en materia medioambiental. En este documento se definió por primera vez el desarrollo sustentable como *‘aquél que satisface las necesidades esenciales de la generación presente sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades esenciales de las generaciones futuras’* (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988).

A partir de este concepto se infiere que el desarrollo sostenible envuelve tres ámbitos fundamentales de acción: 1º el bienestar humano, 2º el bienestar ecológico y 3º sus interrelaciones de reciprocidad (fig. 1). Se trata de un enfoque integrador del manejo económico y medioambiental, en el que el crecimiento económico debe producirse de una forma que permita resolver los grandes problemas que acarrea la pobreza en el mundo, pero, y al mismo tiempo, debe ser sostenible, para evitar una catástrofe medioambiental. Adicionalmente, se toma en consideración otro concepto fundamental: ‘la equidad entre

generaciones’, esto se traduce como una toma de conciencia por parte de la generación actual, de que sus acciones, intervenciones y, en general, todas las actividades antropogénicas, pueden poner en riesgo los derechos de las generaciones futuras a disfrutar de un medioambiente sano y a tener acceso a los recursos naturales.



**Figura 1:** Los tres ámbitos de acción del desarrollo sustentable de acuerdo al informe Brundtland, Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), conocida como *Cumbre de la Tierra o de Río de Janeiro* de 1992, sirvió para avanzar en los acuerdos y las negociaciones internacionales sobre las cuestiones del medioambiente y el desarrollo, dando lugar a lo que se dio por llamar el ‘espíritu de Río’, del cual se convirtió en custodio la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible de la ONU. Esta Comisión no solo logró movilizar el interés y la participación activa de los Gobiernos y del sistema de las Naciones Unidas, incluidos los bancos de desarrollo, sino que también ha captado la atención de grupos no gubernamentales y del público en general. En la CNUMAD, 172 Gobiernos y 108 jefes de Estado y de Gobierno aprobaron dos grandes acuerdos que habrían de regir las acciones futuras: 1º el Programa o Agenda 21, un plan de acción mundial para promover el desarrollo sustentable y, 2º la ‘Declaración de Río’, un conjunto de principios en los que se definían los derechos civiles y obligaciones de los Estados. En el preámbulo del Programa 21 se establecen sus principios de la siguiente manera:

1.3. El Programa 21 aborda los problemas acuciantes de hoy y también trata de preparar al mundo para los desafíos del próximo siglo. Refleja un consenso mundial y un compromiso político al nivel más alto sobre el desarrollo y la cooperación en

la esfera del medio ambiente. Su ejecución con éxito incumbe, ante todo y sobre todo, a los gobiernos. Las estrategias, planes, políticas y procesos nacionales son de capital importancia para conseguir esto. La cooperación internacional debe apoyar y complementar tales esfuerzos nacionales. En este contexto, el sistema de las Naciones Unidas tiene una función clave que desempeñar. Otras organizaciones internacionales, regionales y subregionales tienen también que contribuir a ese esfuerzo. Asimismo se debe alentar la participación más amplia del público y la participación activa de las organizaciones no gubernamentales y de otros grupos (Naciones Unidas, 1992a).

Por su parte la Declaración de Río expone en veintisiete principios la necesidad de hacer un progresivo cambio de paradigma partiendo del presupuesto de que el hombre es el gran protagonista del desarrollo sostenible que, a fin de cuentas, persigue mejorar su calidad de vida:

### **PRINCIPIO 10**

El mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es con la participación de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que corresponda. En el plano nacional, toda persona deberá

tener acceso adecuado a la información sobre el medioambiente de que dispongan las autoridades públicas, incluida la información sobre los materiales y las actividades que encierran peligro en sus comunidades, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones. Los Estados deberán facilitar y fomentar la sensibilización y la participación de la población poniendo la información a disposición de todos. Deberá proporcionarse acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos, entre éstos el resarcimiento de daños y los recursos pertinentes.

## **PRINCIPIO 24**

La guerra es, por definición, enemiga del desarrollo sostenible. En consecuencia, los Estados deberán respetar las disposiciones del derecho internacional que protegen al medio ambiente en épocas de conflicto armado, y cooperar en su ulterior desarrollo, según sea necesario.

## **PRINCIPIO 25**

La paz, el desarrollo y la protección del medioambiente son interdependientes e inseparables. (Naciones Unidas, 1992b)

En la CNUMAD también se abrieron a la firma dos instrumentos con fuerza jurídica obligatoria: la Convención Marco sobre el Cambio Climático y el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Al mismo tiempo se iniciaron negociaciones con miras a una Convención de lucha contra la desertificación, que quedó abierta a la firma en octubre de 1994 y entró en vigor en diciembre de 1996.

Este amplio marco de convenios internacionales y la presión de diversas legislaciones que se han adoptado, constituyen un importante ámbito legal que ha obligado a la industria a entrar en un proceso de revisión de su actuación y especialmente del impacto medioambiental generado por sus diversos procesos productivos. En este sentido, se observa una gradual incorporación de la variable medioambiental como un elemento estratégico en la gestión empresarial y se han venido desarrollando progresivamente una serie de normas de actuación conducentes a mejorar el desempeño productivo, a través de la disminución del impacto y del riesgo medioambiental mediante la adopción de nuevos métodos y tecnologías. A esto se suma la implementación de una serie de subsidios por parte de los Gobiernos, especialmente en los

países del primer mundo, dirigidos a estimular la investigación y la adopción de “tecnologías verdes”.

Muchos actores sociales han manifestado su escepticismo en referencia a la factibilidad del concepto de desarrollo sostenible, especialmente tomando en cuenta el ritmo de crecimiento de la población y las consecuentes presiones económicas. Por otra parte, ninguna sociedad está dispuesta a admitir que su estándar o calidad de vida puede representar un costo para las generaciones futuras. Luego, se plantea la necesidad de promover el desarrollo sostenible como un esquema de desarrollo humanista que considera al ser humano como centro o eje de toda estrategia, en la cual el mejoramiento de la calidad de vida se produzca con eficiencia productiva y de manera armónica con la preservación de los recursos naturales.

En este sentido, algunas industrias han comenzado a desarrollar lo que se ha dado por llamar una *eco-eficiencia*, un enfoque desde el cual se busca cambiar el paradigma: ‘tomar/producir/desechar’, por medio de la utilización de tecnologías ecológicamente racionales, aunado esto a criterios sociales, éticos y económicos en la forma de hacer negocios.

Aquí se trata de implementar los criterios de la Cumbre de la Tierra de 1992.

Debemos reconocer que se ha avanzado en el esfuerzo por hacer entender al sector industrial la necesidad de embarcarse en el paradigma del desarrollo sostenible, pero falta mucho camino por recorrer. Los esfuerzos siguen y, por ejemplo, dentro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la ONU se incluyeron lineamientos para la protección del medioambiente y el desarrollo sostenible.

Este esfuerzo es un plan estratégico convenido por todas las naciones del mundo, que comprende ocho objetivos los cuales abarcan desde la reducción de la pobreza extrema hasta la detención de la propagación del VIH/SIDA y la consecución de la enseñanza primaria universal para el año 2015. El Objetivo 7<sup>o</sup> propuso metas a alcanzar en la conservación del medioambiente y el desarrollo sostenible, tales como: *incorporar los principios de desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales e invertir la pérdida de recursos del medioambiente* (Naciones Unidas, 2000). Esta meta se enfoca en atacar dos problemas globales fundamentales: en primer lugar, el control de la emisión de los gases de invernadero y, en segundo lugar, la eliminación de las

sustancias dañinas para la capa de ozono. En el caso específico de estas metas, para el 2011 el informe de seguimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio señala que:

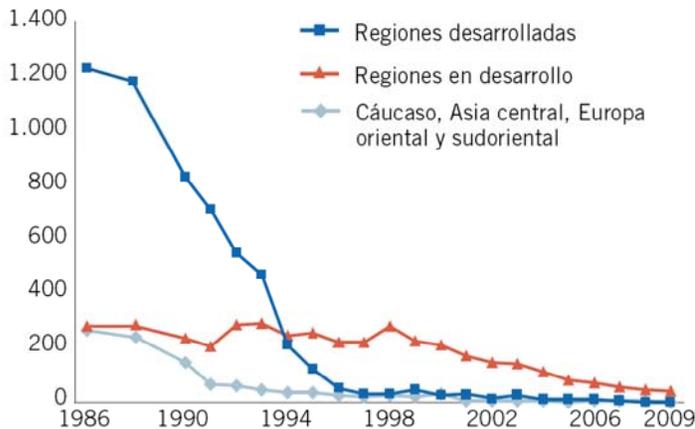
- En América del Sur y en África, las mayores pérdidas netas de bosques se produjeron entre 2000 y 2010. La rica biodiversidad de los bosques del mundo sigue en peligro por la alta deforestación mundial, por la degradación de los bosques y por el deterioro de los bosques primarios. Sin embargo, una tendencia positiva ha sido el aumento de áreas establecidas como protegidas, que ha supuesto un incremento de 94 millones de hectáreas desde 1990 y que hace que hoy esas áreas representen alrededor de un 13% de los bosques del mundo.
- En 2008, el último año del que se dispone de datos, la emisión mundial de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) siguió aumentando, hasta 30,1 miles de millones de toneladas métricas, lo que significa un 1,7% más que el año previo. Ese cambio fue menor que el del período 2006-2007 (2,9%) debido a la crisis, que hizo que en 2008 las emisiones bajaran en varios países, en particular en las regiones desarrolladas. Sin embargo, las emisiones en general aumentaron, lo cual recalca la urgente necesidad de fortalecer en todo el mundo las acciones contra el cambio climático. Según la Organización

Meteorológica Mundial, que prepara informes anuales actualizados sobre el estado del cambio climático y las emisiones de gases de efecto invernadero, la década 2001-2010 fue la más cálida registrada desde 1880 en cuanto a temperaturas mundiales medias, incluso más cálida que la década previa, 1991-2000, que ostentaba el récord.

(Naciones Unidas, 2011: 49-50)

El informe 2011 sobre las ODM también resaltó la importancia del ‘Protocolo de Montreal’, que no solo está favoreciendo que se restaure la capa de ozono, sino que también está ayudando a frenar el cambio climático, pues ha tenido un importante éxito en detener el consumo de sustancias que destruyen dicha capa. (ODS) (Fig. 2).

**Consumo de sustancias que destruyen la capa de ozono (ODS) 1986-2009 (miles de toneladas con potencial destructivo para la capa de ozono)**



**Figura 2.** Consumo de sustancias que destruyen la capa de ozono (ODS), 1986-2009 (miles de toneladas con potencial destructivo para la capa de ozono) (Naciones Unidas, 2011: 50)

En términos generales, los ODM como un sistema para el desarrollo sostenible han tenido éxito, como lo señala el propio Ban Ki-moon, Sec. General de las Naciones Unidas en la Cumbre de los Objetivos de Desarrollo del Milenio celebrada en septiembre de 2010; sin embargo, es necesario tomar medidas mucho más enérgicas para llegar a la meta del año 2015.

Sobre el caso específico del ‘Protocolo de Montreal’ (de 1987, entrado en vigencia a partir de 1989) y sus revisiones –Helsinki (1989), Londres (1990), Nairobi (1991), Copenhague (1992), Bangkok (1993), Viena (1995), Montreal (1997) o Beijing (1999)– sobre las sustancias que agotan la capa de ozono, podemos decir que constituyen otro marco de acción a considerar como parte del paradigma del desarrollo sostenible, al cual se deben sumar el ‘Protocolo de Kioto’ (1997) sobre los gases que producen el llamado efecto invernadero –dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonados (HFC), perfluorocarbonados (PFC)– y las subsiguientes cumbres sobre el cambio climático derivadas de la ‘Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático’ de 1992, en la que se hacen una serie de consideraciones valiosas sobre la situación real del impacto de las actividades antropogénicas sobre el medioambiente, de las cuales vale la pena mencionar:

- Reconociendo que los cambios del clima de la Tierra y sus efectos adversos son una preocupación común de toda la humanidad.
- Preocupados porque las actividades humanas han ido aumentando sustancialmente las concentraciones de gases de

efecto invernadero en la atmósfera, y porque ese aumento intensifica el efecto invernadero natural, lo cual dará como resultado, en promedio, un calentamiento adicional de la superficie y la atmósfera de la Tierra y puede afectar adversamente a los ecosistemas naturales y a la humanidad.

- Reconociendo que la naturaleza mundial del cambio climático requiere la cooperación más amplia posible de todos los países y su participación en una respuesta internacional efectiva y apropiada, de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas, sus capacidades respectivas y sus condiciones sociales y económicas.
- Reconociendo que las medidas necesarias para entender el cambio climático y hacerle frente, alcanzarán su máxima eficacia en los planos ambiental, social y económico si se basan en las consideraciones pertinentes de orden científico, técnico y económico y se reevalúan continuamente a la luz de los nuevos descubrimientos en la materia.
- Afirmando que las respuestas al cambio climático deberían coordinarse de manera integrada con el desarrollo social y económico con miras a evitar efectos adversos sobre este último, teniendo plenamente en cuenta las necesidades prioritarias legítimas de los países en desarrollo para el logro

de un crecimiento económico sostenido y la erradicación de la pobreza.

- Reconociendo que todos los países, especialmente los países en desarrollo, necesitan tener acceso a los recursos necesarios para lograr un desarrollo económico y social sostenible, y que los países en desarrollo, para avanzar hacia esa meta, necesitarán aumentar su consumo de energía, tomando en cuenta las posibilidades de lograr una mayor eficiencia energética y de controlar las emisiones de gases de efecto invernadero en general, entre otras cosas mediante la aplicación de nuevas tecnologías en condiciones que hagan que esa aplicación sea económica y socialmente beneficiosa.

[...]

(Naciones Unidas, 1992c:1-3).

Esta convención ha generado importantes acciones dirigidas a afrontar la crítica situación derivada del cambio climático global. En este sentido es importante reconocer el ‘Plan de acción de Bali’ (2007) y los ‘Acuerdos de Cancún’ (2010), que trazan algunas directrices sobre la cuestión medioambiental a escala planetaria, pero que enfrentan serias dificultades y objeciones de algunos países que, ya sea por razones económicas o meramente políticas, objetan muchas de las

estrategias planteadas. Empero, quedaron aprobados importantes acuerdos como: la propuesta de creación de un ‘fondo verde’ –que compromete a países desarrollados a movilizar 100.000 millones de dólares anuales a partir de 2020–, un acuerdo para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD) y que las metas de emisiones se verifiquen en un marco de la Convención y no sólo dentro de proyectos nacionales. También se incluyó un compromiso para establecer una prórroga –todavía no definida–, para el Protocolo de Kyoto, el único que obliga a 36 países desarrollados a bajar la emisión de gases de efecto invernadero.

Como se puede apreciar, el paradigma del desarrollo sostenible se nutre epistemológicamente de una serie de acuerdos, conferencias e informes, auspiciados desde las Naciones Unidas, que se inician con la Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre el Medio Humano de Estocolmo en 1972, tienen un punto de inflexión con el ‘Informe Nuestro Futuro Común’ de 1987, alcanzan su máximo en los ‘Objetivos del Milenio’, y se van desarrollando en los Protocolos de Montreal, Kyoto, el ‘Plan de acción de Bali’ y los ‘Acuerdos de Cancún’. Ahora bien, desde un punto de vista metodológico, el paradigma del

desarrollo sostenible tiene en la bioética, la Química verde y la biomimética, un conjunto valioso de herramientas con las cuales se pueden alcanzar sus objetivos.

### **DESARROLLO SOSTENIBLE Y BIOÉTICA**

El desarrollo sostenible nos lleva a comprender la necesidad de pensar de una manera holística, pues el mundo se vuelve cada vez más un todo; luego, la posmodernidad exige una nueva ética, más global e integradora del binomio Hombre/Naturaleza, que encuentra en la bioética una de sus más interesantes manifestaciones.

La bioética se puede interpretar como una ética de la vida y fue utilizada por primera vez por el bioquímico norteamericano Van Rensselaer Potter (1911-2001), en el artículo intitulado *Bioethics: The science of survival* (Bioética: la ciencia de la supervivencia) de 1970, y luego en el libro: *Bioethics, Bridge to the Future* (Bioética: puente para el futuro) de 1971 (Otero, 2008). Usando este neologismo, Potter propuso la creación de una disciplina intelectual que tiene como objetivo prioritario abordar el problema de la supervivencia del hombre ante el desafío ecológico planetario, y que sirva de puente entre la ética clásica y las ciencias de la vida, entendiendo *vida* en su

más amplia acepción. En este sentido la bioética es un área altamente interdisciplinaria: *tarea de la Bioética es la de tender puentes de comprensión entre el mundo de los hechos y el mundo de los valores. Esto reafirma el carácter multidisciplinar e interdisciplinar de la Bioética* (Martínez, 2008: 36)

Según la visión de Potter, tendríamos una especie de *ética-ecológica* que implica todo un nuevo campo de obligaciones, normas de conducta y marco legal. Se trataría pues de una ética centrada en el futuro de la vida, que involucra una visión holística de los problemas que afectan al futuro del globo terráqueo, y está imbricada con los aspectos que tienen que ver con la salud humana. Aquí se debe hacer una advertencia, y es que la bioética no debe ser entendida como una ética de la medicina, un error al cual se puede llegar si restringimos al ámbito de la bioética a las ciencias de la salud, tal y como se desprende de las propuestas de Hellegers y Callahan. Y es que *actualmente se observa una marcada tendencia de pasar por alto la esencia y el alcance universal del concepto de la bioética, circunscribiéndolo en forma reduccionista a la ética médica* (Otaiza, 1999: 327).

André Hellegers (1926-1979) fundó en la Universidad de Georgetown el primer instituto universitario de bioética, el Instituto Joseph y Rose Kennedy para el Estudio de la Reproducción Humana y Bioética, conocido como Instituto Kennedy, él y sus colaboradores desarrollaron una bioética fundamentalmente médica (Llano, 2001). El Instituto Kennedy, es uno de los primeros institutos en albergar en su seno un Centro de Bioética dedicado al estudio de los problemas relacionados con los niños nacidos con graves alteraciones genéticas, también aborda el tema de la experimentación con seres humanos, trasplantes de órganos naturales y artificiales, la manipulación genética, el aborto y la eutanasia, entre otros temas.

Podemos convenir en que Hellegers contribuyó al desarrollo de la bioética, estimulando las cátedras y foros de opinión, a fin de alcanzar una altura en el debate, especialmente entre la medicina, la filosofía y la ética. La bioética, de acuerdo a Hellegers, era más una síntesis de la ciencia y la ética. El componente científico vendría desde las ciencias de la salud, así como de las ciencias sociales, mientras que el ético, viene por todas las aportaciones provenientes de la reflexión moral de sectores propiamente religiosos, así como seculares. Luego,

la bioética de Hellegers se afirma como disciplina académica en la que los moralistas forman un frente común con biólogos, filósofos y teólogos.

Por su parte, la visión de Daniel Callahan (1930-) es similar a la de Hellegers en cuanto a que es una mirada hacia una bioética médica. Callahan, cofundador del Centro Hasting en Nueva York, una organización educativa y de investigación fundada en 1969 con la finalidad de examinar los asuntos éticos de la medicina, biología y medioambiente, ha hecho importantes aportes al desarrollo epistemológico de la bioética a través de una prolija labor intelectual, plasmada en una serie de libros y artículos que han servido para popularizar la bioética.

\*\*\*

En resumen, Hellegers y Callahan tienen una visión de la bioética, más dirigida hacia las ciencias de la salud, distinguible del enfoque potteriano que es, definitivamente, más globalizador y que tiene sentido para el paradigma del desarrollo sostenible.

La bioética potteriana está integrada por una 'ética de la tierra', de la Naturaleza, de la población, así como del uso y consumo de los recursos naturales a escala mundial. Este planteamiento

alcanza su máxima expresión en la obra *Global Bioethics* (Bioética global) de 1988, donde queda establecido que una bioética global debe ofrecer los principios rectores para coordinar los esfuerzos tecnocientíficos necesarios que permitan alcanzar una mejor calidad de vida para el hombre sin poner en riesgo el medioambiente. Entonces, una bioética global considera por lo menos tres grandes aspectos: 1° la relación con la Tierra, lo que implica una ética universal para el bien del mundo; 2° el estudio de los problemas éticos relacionados con la vida y la salud humana, así como con el medioambiente y la ecología y 3° una reflexión filosófica sobre los conceptos, criterios y sistemas de valores correspondientes a la(s) ciencia(s) y la tecnología y su relación con la sostenibilidad del planeta (Contreras, 2011c).

El bioeticista José Ramón Acosta Sariego resume el espíritu de la bioética originaria de Potter como:

La teoría original de la Bioética –Bioética Puente– era la intuición que señalaba que la supervivencia de gran alcance de la especie humana, en una civilización decente y sustentable, requería del desarrollo y del mantenimiento de un sistema ético. Tal sistema es la Bioética Global, basada en instituciones y razonamientos sustentados en el conocimiento empírico proveniente de todas las ciencias, pero en especial del

conocimiento biológico. En esta observación utilizo la palabra empírico en el sentido usual: el conocimiento empírico es el conocimiento basado en las observaciones o experimentos que son independientemente verificables. En la actualidad, este sistema ético propuesto sigue siendo el núcleo de la Bioética Puente con su extensión a la Bioética Global, en la que la función de puente ha exigido la fusión de la Ética Médica y de la Ética Medioambiental en una escala de nivel mundial para preservar la supervivencia humana (Acosta, 2009: 78-79)

Si convenimos que el problema macro de la bioética es la crisis de la vida por la contingencia planetaria que se vive como consecuencia de la catástrofe ambiental, debemos estar contestes en que la Tierra está peligrosamente cerca de entrar en ‘terapia intensiva’, y ser capaces de aceptar con humildad que nuestros recursos naturales se agotan, y el hábitat se deteriora de una manera sostenida y progresiva. Ante este temible panorama, algunos autores han invocado la necesidad de desarrollar una ‘ecoética’ a fin de llamar la atención frente al problema. Por ejemplo, Fritjof Capra señala:

Todos los seres vivos son miembros de comunidades ecológicas vinculados por una red de interdependencias. Cuando esta profunda percepción ecológica se vuelve parte de nuestra vida cotidiana, emerge un sistema ético radicalmente nuevo. Dicha

ética, profundamente ecológica, se necesita urgentemente hoy en día y muy especialmente en la ciencia, puesto que mucho de lo que los científicos están haciendo no es constructivo y respetuoso con la vida, sino todo lo contrario. Con físicos diseñando sistemas de armas capaces de borrar la vida de la faz de la Tierra, con químicos contaminando el planeta, con biólogos soltando nuevos y desconocidos microorganismos sin conocer sus consecuencias, con psicólogos y otros científicos torturando animales en nombre del progreso científico, con todo ello en marcha, la introducción de unos estándares ecoéticos en el mundo científico parece de la máxima urgencia. [...] Los científicos, por lo tanto, son responsables de su trabajo no sólo intelectualmente, sino también moralmente (Capra, 2003: 32-33).

La propuesta de Capra es eminentemente potteriana, pues se trata de la preocupación por la supervivencia del hombre en la postmodernidad. Y es que la postmodernidad se caracteriza –según Jesús Ballesteros– por esa preocupación:

La conciencia de la existencia de recursos no renovables debe llevar a la conciencia de lo inalienable, de lo que no puede ser vendido, de lo que no se puede disponer. Los recursos de la

Tierra no pueden ser expropiados por ninguna generación, bajo ningún pretexto [...]. Lo postmoderno, en cuanto ecológico, viene a subrayar los límites de lo mercantil y, por tanto, también de la capacidad de disponer. Lo que el hombre ha creído durante la Modernidad que era su *tener* (el agua, el aire, el ozono o, en otro nivel, nuestro cuerpo), el pensar ecológico ha puesto de relieve que forma parte de nuestro *ser*, y que es, por tanto, indisponible. (Ballesteros, 1994: 143-144).

En conclusión, todo el pensamiento postmoderno sobre la problemática ecológica apunta hacia el campo de la bioética global, que se preocupa por el hombre de una manera holística. Pero, una de las mayores dificultades radica en que el hombre ha entendido mal su rol de cúspide en la escala evolutiva, pues su señorío no es ‘absoluto’. Por lo tanto, su responsabilidad es llevar a cabo su obra civilizadora sin poner en riesgo ni su propia existencia, ni la de las demás especies que forman parte del equilibrio global. Es la misión, no de un ‘dueño absoluto e incensurable’, sino de un ‘administrador’, llamado a una obra de vida y paz. Aquí podríamos llegar a invocar la necesidad de una ‘conversión ecológica’ que nos conduzca a restaurar la armonía con la Naturaleza, tratando de hacer que los bienes de

la Tierra estén disponibles para todos, y todo el tiempo que la providencia determine.

Esto último ya era entendido por ambientalistas pioneros como el profesor ulandino Dr. Arturo Eichler, quien ya en 1961 señalaba la necesidad de comprender que:

La adaptación del usufructo de la naturaleza (por el hombre) a las condiciones naturales dadas –en un ecotopo, por ejemplo– tiene muy a menudo sus limitaciones en el tiempo, y no es de ninguna manera definitiva. La cuestión del cómo, dónde y cuándo de los cambios en el régimen natural es de primordial importancia para el racional uso de la Tierra y sus recursos, y para toda la economía futura (Eichler, 1961: 136).

Todo lo anterior nos lleva a apreciar una relación casi natural entre la bioética y el paradigma del desarrollo sostenible que, en palabras del bioeticista Hernando Gutiérrez-Prieto, expresa: *la relación entre la bioética y la ecología es más profunda que un nuevo campo de estudio. La sostenibilidad, por ejemplo, se convierte no sólo un nuevo tema de la bioética, sino en una manera de cómo la bioética se podrían desarrollar en el futuro próximo* (Gutiérrez-Prieto, 2008: 290).

Así pues, la bioética global, cuyo cometido específico es la supervivencia de la humanidad, tiene en el ‘desarrollo sostenible’ una forma de ejercitarse en la práctica, pues con sus planteamientos se propone un concreto plan de acción dirigido a armonizar las actividades antropogénicas con el medioambiente.

En tal sentido, se hace necesario la creación de ‘comités de bioética’ como instancias para estimular, no solamente la reflexión y estudio de casos específicos, sino la implementación de políticas en diversos ámbitos de la sociedad –es importante indicar que la Ley Orgánica de Educación (LOE, Gaceta Oficial N° 5.929 del 15/08/2009), en su artículo 33 establece dentro de los ‘principios rectores de la educación universitaria’ a la bioética–. Es cierto que ya existen comités o comisiones en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) y en el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) –la Universidad de Los Andes también cuenta con una comisión de bioética radicada en el CDCHTA y una más reciente en la Facultad de Medicina, ambas con un enfoque especialmente dirigido a la ética médica y la biomedicina– , pero estas son instancias que se encarga de velar por que se cumplan las regulaciones en la experimentación con seres

humanos, animales, organismos genéticamente modificados y bioseguridad en general. Lo que se debería buscar con los comités de bioética va más allá, y esta obviamente ligada con la visión global y holística, se trataría de promover el desarrollo de proyectos dirigidos a concienciar no solo a investigadores y científicos, sino al público en general, sobre la necesidad de incorporar los principios rectores de la bioética global en la cotidianidad, con la finalidad de entender la necesidad de cambiar usos y costumbres por comportamientos dirigidos hacia el establecimiento de una sociedad sostenible. Para hacer esto posible, los comités de bioética deben contar con el apoyo institucional necesario para emprender campañas educativas a través de los medios de comunicación, o la publicación de fascículos y libros de divulgación que pongan esta información al alcance del público.

### **DESARROLLO SOSTENIBLE Y QUÍMICA VERDE**

La química no está al margen del debate en torno al paradigma del desarrollo sostenible, pues interviene en casi todos los aspectos de la cotidianidad humana: en la salud, la alimentación, la industria textil, las nuevas tecnologías, el arte y el hogar, entre otros ámbitos. Esta discusión adquiere cada día más relevancia especialmente si tomamos en cuenta que la

crisis medioambiental se debe en buena medida a las actividades relacionadas con la industria química. Por esta razón, desde el propio seno de la química –entendida como disciplina tecnocientífica–, se vienen generando importantes cuestionamientos, debatidos desde la Filosofía de la Química (Contreras, 2011b). El fruto de este proceso de concienciación sobre el impacto que tiene la química sobre el medioambiente se conoce como ‘Química verde’, una nueva área que viene siendo impulsada en las últimas dos décadas en los escenarios naturales de encuentro y discusión de los químicos –congresos, conferencias, jornadas, otros–, y que recibe aliento de diversas entidades nacionales e internacionales, como la Oficina de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) del gobierno federal de EE.UU.

Para entender la importancia de la Química verde en el contexto del paradigma del desarrollo sostenible debemos comenzar por señalar que se trata de dar un nuevo enfoque a la química, invirtiendo tiempo y esfuerzo en el desarrollo de protocolos y nuevas tecnologías que permitan minimizar o eliminar la contaminación derivada de las actividades de la industria química, mediante la elaboración de sustancias químicas que no atenten contra la salud o el medioambiente.

Si de objetivos se trata podemos indicar que la Química verde persigue: 1° disminuir la generación de subproductos en las transformaciones químicas (economía atómica), mediante el desarrollo y rediseño de nuevas rutas para las reacciones químicas. 2° reducir el uso de solventes, especialmente los que entran en la clasificación de tóxicos o persistentes en el medioambiente. 3° diseñar procesos químicos basados en el uso de materias primas renovables, en lugar de aquellos procesos basados en materias primas derivadas del petróleo. 4° mejorar los procesos químicos con tecnologías que contribuyan a la disminución de las emisiones que contaminan el aire, el suelo y las aguas. 5° adelantar el desarrollo de protocolos y métodos con el fin de monitorear la contaminación en tiempo real.

En este sentido, la Química verde asume las recomendaciones de la ‘Agenda 21’, que constituye un importante marco de trabajo tomando en cuenta que dedica su segunda sección titulada Conservación y Manejo de Recursos para el Desarrollo, a plantear la necesidad de preservar y cuidar los recursos naturales y energéticos al mismo tiempo que reducir la generación de residuos y desechos que representen una amenaza a la salud humana y al medioambiente. Por ejemplo,

los capítulos 19, 20 y 21 están dedicados a la gestión ecológicamente racional de sustancias químicas, residuos y desechos peligrosos. La visión en lo referente a la gestión de sustancias químicas se expone en la introducción al capítulo 19 que destaca:

**19.1.** Para alcanzar los objetivos sociales y económicos de la comunidad mundial es indispensable utilizar una gran cantidad de productos químicos, y las mejores prácticas modernas demuestran que esos productos pueden utilizarse ampliamente, con eficacia económica y con un alto grado de seguridad. Sin embargo, queda todavía mucho por hacer para difundir la gestión ecológicamente racional de los productos químicos tóxicos, por vía de los principios del desarrollo sostenible y el mejoramiento de la calidad de vida para la humanidad. Dos de los principales problemas, particularmente en los países en desarrollo, son: a) La falta de información científica para poder evaluar los riesgos que entraña la utilización de gran número de productos químicos; y b) La falta de recursos para evaluar los productos químicos respecto de los cuales sí se dispone de datos.

**19.2.** En los últimos tiempos se ha seguido produciendo una enorme contaminación química en algunas de las zonas industriales más importantes del mundo, que entraña graves daños para la salud, las estructuras genéticas y la reproducción humana, y para el medioambiente. La rehabilitación exigirá grandes inversiones y el desarrollo de nuevas técnicas. Sólo se está empezando a comprender y a reconocer la importancia que tiene la difusión de la contaminación a grandes distancias, cuyos efectos pueden hacerse sentir incluso en los procesos químicos y físicos fundamentales de la atmósfera y el clima de la Tierra.

**19.3.** Un considerable número de órganos internacionales participa en los trabajos relacionados con la seguridad de los productos químicos. En muchos países existen programas destinados a promover esta seguridad. Dichas actividades tienen repercusiones internacionales, puesto que los riesgos químicos no respetan las fronteras nacionales. Sin embargo, es necesario redoblar notablemente los esfuerzos nacionales e internacionales si se quiere lograr una gestión ecológicamente racional de los productos químicos.

En la práctica, la estrategia de la Química verde consiste en el desarrollo de una serie de modalidades de acción respecto de la producción y manejo de productos químicos, que se resumen en los doce principios (fig. 3). Una de las estrategias allí indicadas se concentra en el uso de disolventes más eficientes que sean menos agresivos al medioambiente, tomando en cuenta la gran cantidad de volumen de estos compuestos químicos que son utilizados en la industria. En este sentido, se ha colocado mucho énfasis en la posibilidad de usar alternativas como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en estado líquido, ayudado por sustancias denominadas tensoactivos, las cuales facilitan que las materias primas se puedan disolver en él. En otros casos se están diseñando una serie de nuevos procesos químicos industriales, a los fines de que se puedan utilizar disolventes ambientalmente compatibles (Sharma y Mudhoo, 2011) o simplemente no usar disolventes.



**Figura 3:** Los doce principios de la Química verde. Aún estamos a tiempo para promover la Química verde como una contribución al desarrollo sustentable y una alternativa al cambio climático global.

Con la economía atómica se persigue optimizar al máximo el uso de las materias primas a fin de disminuir la generación de desechos, evitando la utilización de disolventes y sustancias

químicas auxiliares. Por otro lado, se propone masificar el uso de ‘catalizadores’, *sustancias que tienen la capacidad de acelerar una reacción química y que al final de la misma se recuperan intactos, esto es, entre el principio y fin de la reacción, no se aprecia ningún cambio en la estructura del catalizador* (Vilar-Compte, 2000: 34). El uso extensivo de procesos catalíticos implica que se generan menos desperdicios al producir un producto, lo cual disminuye todas las implicaciones técnicas a la hora de manejar los desechos químicos (Sheldon, Arends, Hanefeld, 2007).

Es importante el desarrollo de productos químicos seguros que cumplan su función sin causar riesgos a la salud o al medioambiente y en cuya manufactura se optimice el uso de los combustibles a fin de disminuir la emisión de gases tóxicos o reemplazar por energías alternativas como la energía solar o la eólica (De Swaan Arons, van der Kooi, Sankaranarayanan, 2004).

Por otro lado, la Química verde se propone promover el manejo de materias primas renovables o productos de la naturaleza tales como: productos de siembra y cosecha vegetal, productos de origen animal, agua, aire, suelo, en virtud de que

el oxígeno, el agua, o la sílice, son los únicos desechos permitidos por la Química verde (Munier, 2005).

Finalmente, se debe hacer un esfuerzo por desarrollar métodos de análisis que permitan controlar las emisiones tóxicas de las plantas químicas, a fin de contar con los mejores indicadores que permitan tomar los correctivos allí donde sea necesario (Lichtfouse, Schwarzbauer, Robert, 2005).

Pero, ¿qué se está haciendo por promover la Química verde? Las propuestas hechas desde la Química verde se están apoyando desde entidades académicas de prestigio internacional, sociedades de química, agencias o ministerios de protección del medioambiente y de las propias universidades y centros de investigación. En este orden de ideas, desde la Universidad de Los Andes también se adelantan investigaciones que utilizan la filosofía de la Química verde y, por ejemplo, desde varios laboratorios del Departamento de Química de la Facultad de Ciencias, se propone el uso de la catálisis bifásica, un proceso químico que utiliza agua como disolvente, en el mejoramiento de combustibles. También se están desarrollando procedimientos de análisis a fin de controlar la calidad del agua y del aire, así como de los

desechos residuales de las industrias; incluso se están adelantando investigaciones en celdas de combustible, como una propuesta alternativa en la generación de energía limpia, pues el desecho que se obtiene es tan simple como el agua (Contreras, 2012).

Ahora bien, que se debe hacer para estimular el desarrollo de la Química verde en un contexto de sostenibilidad? La respuesta la tienen el primer lugar el Estado –visto desde su definición kantiana– que debe aportar recursos dirigidos a apoyar la investigación en Química verde, en un todo de acuerdo con la ‘Agenda 21’. En este sentido, la transferencia tecnológica es indispensable y el fortalecimiento de grupos de investigación es fundamental. Aquí es necesario comprender que la investigación científica es muy costosa, pues requiere de insumos, instrumentos y equipos que tienen un alto costo económico. En el caso venezolano, se ha tratado de abordar este tema a través de la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI) en sus versiones del 2001 (Gaceta Oficial N° 37.291 del 26/09/2001) y del 2005 (Gaceta Oficial N° 38.242 del 03/08/2005). Una nueva reforma a la LOCTI (Gaceta Oficial N° 39.575 del 16/12/2010) plantea en su artículo 25 aportes de entre el 0,5 % y el 2,0 % a las personas

jurídicas, entidades privadas o públicas que hayan obtenido ingresos brutos anuales superiores a cien mil Unidades Tributarias (100.000 UT.), dependiendo de la actividad económica a que se dediquen. La sugerencia que se puede hacer en este punto, pasa por establecer un fondo especial de apoyo a proyectos que estimulen el desarrollo de tecnologías de Química verde. Este fondo debería igualmente destinar recursos para que se apoye el mejoramiento de la infraestructura científica venezolana. En este sentido, sería crucial la creación de una instancia que se podría denominar ‘Consejo para el Fortalecimiento de la Infraestructura Tecnológica’, un organismo especialmente destinado a considerar los proyectos de mejoramiento de la infraestructura y el equipamiento de Laboratorios, Centros, Institutos, Universidades y otros entes responsables de actividades de desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación, y que se nutriría con los fondos LOCTI.

### **DESARROLLO SOSTENIBLE Y BIOMIMÉTICA**

Etimológicamente, el término ‘biomimética’ proveniente del griego clásico βίο, ‘vida’ en relación con la biología, y de μιμητικός, ‘mimético’, que imita por mimetismo, denota un esfuerzo por mimetizar a la naturaleza acercándose a su

comportamiento frente a situaciones concretas (Contreras, 2004), plantea la posibilidad de utilizar este esquema de pensamiento para solucionar problemas de diseño industrial y comercial. En su libro, *Biomimética (Biomimicry)* de 1997, Janine Benyus, fundadora del Instituto de Biomimética, describe la forma en que la naturaleza se sirve de modelos sostenibles, dignos de ser emulados por el hombre. Por ejemplo, podemos aprender de los materiales cerámicos generados por seres vivos (madre perla o nácar) para desarrollar nuevos materiales; de la piel de diversos reptiles y peces podemos aprender a mejorar las propiedades aislantes del rozamiento; un escarabajo del desierto de Namibia (*Stenecora*) se ha adaptado perfectamente a sus duras condiciones climáticas desarrollando un sistema de recolección de agua a partir de la combinación de efectos en su piel, que nos permitiría desarrollar eficientes recolectores de agua. Un ejemplo muy interesante de construcción bioclimática puede verse en los termiteros de las termitas de Zimbabwe, que han servido para inspirar a los arquitectos para planear proyectos de construcción donde no sería necesario el aire acondicionado, y tan solo un mínimo de calefacción, lo que se traduce en una notable disminución en el consumo eléctrico global del edificio (Lee, 2011; Mueller, 2008).

Un dato interesante sobre la factibilidad en el uso del diseño bioinspirado se puede apreciar en el incremento en el número de patentes. En el período 2001-2006 se triplicó el número de patentes (esta búsqueda atiende a que los términos en inglés que definen este campo son '*biomimetic*', '*biomimicry*' y '*bionic*') (Rocha-Rangel, 2010).

Como se puede apreciar, la naturaleza nos dicta pautas a seguir con miras al desarrollo de un diseño inteligente. Se trata de aprender de la naturaleza y no simplemente utilizar los ecosistemas como una mercancía o moneda de cambio, por el contrario, estaríamos utilizando a la naturaleza como una fuente de conocimiento e inspiración. Este enfoque difiere de la bio-utilización, que supone cosechar/utilizar/desechar. También es diferente de las tecnologías bio-asistidas que implican la domesticación de un organismo para el cumplimiento de una función. En vez de todo eso, los expertos en biomimética vuelven la mirada a los organismos, que les inspiran una idea, ya sea un esbozo físico, un paso en una reacción química o un principio ecosistémico, como el reciclaje de nutrientes. La metodología sobre la cual se desarrolla la biomimética está basada en tres principios: 1º la naturaleza es

el modelo a seguir: la biomimética es una ciencia que estudia los modelos de la naturaleza y luego los imita o se inspira en sus diseños y procesos para resolver los problemas humanos. 2° la naturaleza es la gran maestra: la biomimética usa un estándar ecológico para juzgar la certeza de nuestras innovaciones, luego de 3800 millones de años de evolución, la naturaleza ha aprendido qué es lo que funciona y lo que no, lo que es apropiado y lo que no lo es, lo que perdura y trasciende en el tiempo y lo que es efímero. 3° la naturaleza es la medida: la biomimética es una nueva forma de ver y juzgar, por medio del conocimiento de ella el ser humano debe iniciar una era basada no en qué podemos extraer del mundo natural, sino en qué podemos aprender de él.

Janine Benyus desarrolló su discurso sobre la biomimética en base a nueve características: 1° la Naturaleza se fundamenta en la luz del sol; 2° la Naturaleza utiliza sólo la energía que necesita; 3° la Naturaleza se ajusta a la forma de la función, 4° la Naturaleza lo recicla todo, 5° la Naturaleza premia la cooperación, 6° la Naturaleza reivindica la diversidad, 7° la Naturaleza exige conocimientos técnicos locales, 8° la Naturaleza frena los excesos desde dentro y 9° la Naturaleza aprovecha la potencia de los límites. Numerosos ejemplos de

biomimética en proyectos de producción de materiales, agricultura, salud y energía indican el potencial de sus principios inspiradores:

Un enfoque biomimético y bioinspirado para el desarrollo de nuevos materiales es uno de los más prometedores retos científicos y tecnológicos de los próximos años. Materiales y sistemas bioinspirados, adaptación de materiales, nanomateriales estructurados jerárquicamente, materiales compuestos tridimensionales, materiales compatibles con las exigencias ecológicas, y así sucesivamente, deben convertirse en una importante preocupación en el campo de las tecnologías avanzadas. Materiales bioinspirados selectivos y multifuncionales con propiedades específicas (como la separación, la adsorción, la catálisis, la detección, biodetección, imagenología, terapéutica) aparecen en un futuro cercano (Sanchez et ál., 2005: 285)

En consecuencia, la biomimética es una herramienta que ayuda en el diseño de tecnologías y procesos verdes o, en otras palabras, ambientalmente sostenibles, y permite a los ingenieros, arquitectos y diseñadores, dar un enfoque postmoderno basado en la antigua práctica de la imitación de

la Naturaleza. La biomimética sigue los principios de la vida, nos enseña a construir ‘de abajo hacia arriba’, a optimizar en lugar de maximizar, a usar la energía libre, a aceptar la diversidad y, finalmente a adaptarse y evolucionar, usando procesos y materiales amigables para la vida, entablando relaciones simbióticas que permitan mejorar la calidad de vida sin afectar la biósfera.

Esto último nos lleva a comprender que para el paradigma del desarrollo sostenible, aplicar los principios de la biomimética constituye una metodología óptima para abordar en forma práctica los problemas que genera el desarrollo humano.

Bajo esta premisa, es menester convocar muy especialmente a ingenieros, arquitectos, tecnólogos y diseñadores, a los fines de que empiecen a adoptar en sus proyectos las estrategias de la biomimética. En tal sentido, es importante empezar a incorporar en los programas de estudio de las áreas que tienen que ver con la ingeniería y el hábitat, tanto a nivel de pregrado como de postgrado, cursos donde se desarrolle la filosofía que está detrás de la biomimética. Esto pasa por llevar a cabo un programa de difusión de ese conocimiento bajo la forma de conferencias, artículos, libros y publicaciones en general. Por

otro lado, es importante que a través de las entidades gubernamentales especialmente llamadas al financiamiento de proyectos (FONACIT. Ministerio de Ciencia y Tecnología) se brinde una especial atención al apoyo de proyectos dirigidos a promover la biomimética como una estrategia para el desarrollo sostenible.

### **COLOFÓN**

El desarrollo sostenible es la mejor estrategia que se ha planteado hasta el momento para resolver la grave crisis medioambiental que está enfrentando la raza humana como especie dominante sobre el planeta Tierra, por esta razón es necesario atender a una mayor comprensión de los elementos constitutivos de su paradigma. En Venezuela se vienen haciendo esfuerzos por desarrollar las estrategias del desarrollo sostenible, especialmente en el campo de las universidades, desde donde se forma personal capacitado en cursos de postgrado en el área de las ciencias exactas, la ingeniería, la arquitectura o el desarrollo sostenible propiamente.

En este orden de ideas encontramos el proyecto ‘Mérida sostenible’, apoyado por la Academia de Mérida, una propuesta para la sostenibilidad de Mérida que quiere generar *un*

*proyecto que puede satisfacer las necesidades materiales y espirituales de los merideños, propiciando el equilibrio entre la sostenibilidad del ambiente natural, la equidad social y las inversiones que hace la economía.* (Lobo Quintero, 2007: 30).

Por nuestra parte, creemos necesario apuntar esfuerzos en tres direcciones: 1º la creación de comités de bioética que difundan los principios rectores de la bioética global, 2º la creación de un fondo especial que desde la LOCTI apoye el financiamiento de proyectos que persigan desarrollar las tecnologías de la Química verde, y, 3º la promoción de la filosofía de trabajo de la biomimética o el diseño bioinspirado, especialmente entre los profesionales de las áreas que tienen que ver con la ingeniería y el hábitat, y que se traduzca en el desarrollo de proyectos dirigidos a promover la biomimética como una estrategia para el desarrollo sostenible.

Todos estos esfuerzos habrán valido la pena si al final alcanzamos a que la humanidad entienda la necesidad de alcanzar una ‘conversión ecológica’: que le permita comprender la necesidad de cuidar y sostener el medioambiente, y una ‘conversión energética’ que le lleve a entender la necesidad de cambiar los paradigmas en el uso que hace de la energía.

‘Todavía estamos a tiempo, esperemos no llegar tarde a tomar las decisiones y acciones necesarias para alcanzar estos objetivos’.

## **HOMENAJE**

A D<sup>n</sup>. Domingo E. Contreras Urbina (1917-2000).

## **DEDICATORIA**

Se dedica este ensayo a D<sup>ña</sup>. Ramona del Carmen Contreras Rosales, mi madre, responsable de crear en mí un gusto especial por los temas filosóficos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo dejar constancia de mi agradecimiento a Excmo. Mons. Dr. Baltazar Porrás Cardozo, Dra. Patricia Ronsenzweig Levy, Dr. Rafael E. Solórzano, Dr. Hildebrando Rodríguez, Dr. William Lobo Quintero, Dra. Nancy Freites de Sardi, Dra. Argelia Ferrer Escalona, Dra. Ana Hilda Duque, Dr. Bernardo Fontal Rivera, M.Sc. Fernando Bellandi Rullo, M.Sc. Ángel Gutiérrez Vera, Lic. Ramón Sosa Pérez y Sr. Freddy Parra Jahn.

**REFERENCIAS BIBLIOHEMEROGRÁFICAS**

Acosta J. La bioética de Potter a Potter. Revista Selecciones de Bioética 2009; 15: 75-83.

Acot P. Historia de la ecología. Madrid: Taurus; 1990.

Ballesteros J. Postmodernidad: decadencia o resistencia. Madrid: Tecnos; 1994.

Benyus J. Biomimicry. Innovation inspired by Nature. New York: Harper Perennial; 2002.

Blázquez N. Bioética. La nueva ciencia de la vida. Madrid: BAC; 2000.

Capra F. La trama de la vida. Barcelona: Anagrama; 2003.

Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo. Informe nuestro futuro común. Madrid: Alianza Editorial; 1988.

Contreras RR. Tesis Doctoral. Universidad de Los Andes: Mérida; 2004.

Contreras RR. Bioética: reto de la postmodernidad. Mérida: Ninfa ediciones; 2005.

Contreras RR. Respuestas a la contingencia planetaria: el desarrollo sostenible y la bioética. LINOTIPOS 2011a, VI(2): 21-22.

Contreras RR. Aproximación a la filosofía de la química. Avances en química 2011b; 6(3): 107-116.

Contreras RR. Una nueva ética para la ciudad: pensando a Mérida desde la bioética. 12: 377-402. En Pensando a Mérida, William Lobo-Quintero (editor académico). Mérida: Publicaciones de la Academia de Mérida / Universidad de los Andes / CIGIR; 2011c.

Contreras RR. Desarrollo sostenible y Química verde. Revista Investigación. aceptada para su publicación 2012.

De Swaan Arons J, van der Kooi H, Sankaranarayanan K. Efficiency and Sustainability in the Energy and Chemical Industries. New York: MARCEL DEKKER, INC.; 2004.

Eichler A. Nuestro país como naturaleza y obra humana. Mérida: Talleres Gráficos Universitarios; 1961.

Edwards A. The Sustainability Revolution. Portrait of a paradigm shift. Gabriola Island (Canada); New Society Publishers; 2010.

Gafo J (ed.). Ética y ecología. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas; 1991.

Gutiérrez-Prieto H. Bioethics and Ecology: towards 'Sustainable Bioethics'. Universitas 2008; 117: 275-294.

Kuhn TS. Estructura de las revoluciones científicas. México: Fondo de Cultura Económica; 1995.

Lancaster M. Green chemistry: an introduction text. Cambridge: Royal Society of Chemistry; 2002.

- Lee D. Biomimicry. Inventions inspired by Nature. Toronto: KidsCan Press; 2011.
- Lichtfouse E, Schwarzbauer J, Robert D. Environmental Chemistry. Green Chemistry and Pollutants in Ecosystems. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2005.
- Llano A. ¿Qué es la bioética? Bogotá: 3R Editores; 2001.
- Lobo Quintero W. Mérida sostenible. Una ciudad para la gente. Mérida: Publicaciones del Vicerrectorado Académico de la ULA; 2007.
- Lovelock J. Homenaje a Gaia. Pamplona (España): Editorial Laetoli; 2005.
- Martínez M. Perspectiva epistemológica de la bioética. Revista Selecciones de Bioética 2008; 14: 34-52.
- Moya E. Crítica de la razón tecnocientífica. Madrid: Biblioteca Nueva; 1998.
- Mueller T. Biomimética. Diseño por la Naturaleza. National Geographic 2008; 22(4): 56-79.
- Munier N. Introduction to Sustainability: Road to a Better Future. Dordrecht (The Netherlands): Springer; 2005.
- Naciones Unidas. Declaración de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano. ONU: Nueva York; 1972.
- Naciones Unidas. Declaración del Milenio. Nueva York; 2000.
- Naciones Unidas. Agenda 21. Nueva York: ONU; 1992a.
- Naciones Unidas. Declaración de Río. Nueva York: ONU; 1992b.
- Naciones Unidas. Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Nueva York: ONU; 1992c.
- Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo del Milenio, Informe de 2011. Nueva York: ONU; 2011.
- Odum E. Ecología. ¿Peligra la vida? México: McGraw-Hill; 1995.
- Otaiza E. La coevolución de la biotecnología la bioética y la bioseguridad. INTERCIENCIA 1999; 24 (5): 324-332.
- Otero LD. Bioética: el concepto relegado. INTERCIENCIA 2008; 34 (1): 71-76.
- Potter VR. Bioethics: The Science of Survival. Perspectives in Biology and Medicine 1970; 14: 120-153.
- Potter VR. Bioethics, Bridge to the Future. Englewood Cliffs: Prentice-Hall; 1971.
- Potter VR. Global Bioethics: Building on the Leopold Legacy. Michigan: Michigan State University Press; 1988.
- Rocha-Rangel E. Biomimética de la naturaleza a la creación humana. Ciencias 2010; 98: 4-8.
- Sanchez C, Arribart H, Giraud MM. Biomimetism and bioinspiration as tools for the design of innovative materials and systems. Nature Materials 2005; 4: 277-288.

Sharma SK, Mudhoo A (editors). Green Chemistry for Environmental Sustainability. Boca Raton (FL): CRC Press Taylor & Francis Group; 2011.

Sheldon RA, Arends I, Hanefeld U. Green Chemistry and Catalysis. Weinheim, Germany: Wiley-VCH; 2007.

Tyller-Miller G. Ciencia ambiental. Desarrollo sostenible un enfoque global. México: Thompson; 2007.

Vilar-Compte R. Catálisis: la magia de la química. México: Dirección de Divulgación de la UNAM; 2000.

-----

## **MÉRIDA IMAGINADA. EL SECRETO DE NUESTRA PSIQUE Y VIAJE AL AMANECER**

**Dr. Luis Ricardo Dávila**

**Miembro Correspondiente Estatal**

### **RESUMEN**

El trabajo explora desde el verso y la prosa aquellos mapas afectivos que constituyen la psique del merideño. Para entender esa dimensión subjetiva que tiende a crear la imagen de la ciudad desde diferentes modos de verla y sentirla, primero se presentan algunos de los principales poetas de las primeras décadas del siglo XX. Luego se analizan los variados elementos que construyen una perspectiva de la ciudad y su entorno, a través de la novela *Viaje al amanecer*, de Mariano Picón-Salas. Texto que revela la sintaxis de un discurso *sobre* Mérida y la condición de ser merideño, pero que al mismo tiempo también revela el discurso de la ciudad misma, aquel discurso *de* Mérida.