



# Desde el desarrollo sostenible hasta la química verde

Ricardo Rafael Contreras\*

Durante el siglo XX, la Química, la Física y la Biología, experimentaron un extraordinario desarrollo gracias a la importante contribución de nuevas herramientas matemáticas y tecnologías, las cuales han hecho posible gran cantidad de avances científicos y aplicaciones prácticas, desde la ruptura del átomo y todo lo concerniente a la energía atómica, hasta la creación de nuevos materiales<sup>1</sup> que le han brindado a las personas bienestar y confort.

La humanidad se adaptó rápidamente a las soluciones tecnológicas que la Química le viene ofreciendo: desde medicamentos, pasando por fibras sintéticas y toda la variedad de nuevas sustancias con los cuales confeccionamos vestidos y calzados, accesorios personales y de higiene, envases para alimentos, objetos para el hogar, componentes de automóviles, electrodomésticos y computadoras, entre otros usos que damos a la gran variedad de materias primas intermedias que ofrece la industria química.

Por otro lado, no podemos negar que la producción de todos estos materiales ha tenido un efecto negativo

para el medio ambiente, que se ha manifestado de manera apreciable en el curso de la primera década del presente siglo. La emisión de gases tóxicos y el efecto invernadero, la contaminación de ríos y mares o la disminución de la biodiversidad, son los resultados perjudiciales que la industria, y especialmente la industria química, genera como resultado de la actividad productiva. En consecuencia, la sociedad posmoderna<sup>2</sup> enfrenta en la actualidad grandes retos asociados con los cambios en los paradigmas políticos, económicos y culturales, pero especialmente ha empezado a ejercer un papel preponderante la problemática medioambiental, dado que la humanidad empieza a sentir con fuerza los avatares del cambio climático global. Así, ya se hace sentir con fuerza la crisis energética, la extinción de especies animales y vegetales, el agujero en la capa de ozono, devastadoras inundaciones y huracanes, entre otros aspectos que desencadenan la alarma social.

En este escenario surgen, a partir de la década de los años sesenta, una serie de movimientos que, desde el sector científico, empiezan a advertir sobre la

<sup>1</sup> Mangonon, P. L. *Ciencia de materiales: selección y diseño*. Prentice Hall, México, 2001.  
<sup>2</sup> Zeraoui, Z. (comp.) *Los paradigmas de la posmodernidad*. Limusa, México, 2006.

necesidad de revisar el rumbo que la sociedad ha venido tomando, como consecuencia del paradigma derivado de la revolución industrial,<sup>3</sup> dado que no se hace viable o sostenible en el corto, pero especialmente en el mediano y largo plazo. Entre las muchas advertencias destaca la de Van Rensselaer Potter, fundador de la Bioética, que señala:

La raza humana está en necesidad urgente de una nueva sabiduría que habrá de proveer el conocimiento sobre cómo usar el conocimiento para la supervivencia del hombre y para una mejora de calidad de la vida. Este concepto de sabiduría como una guía de la acción –el conocimiento de cómo usar el conocimiento para el bien social– puede ser llamado la ciencia de la supervivencia, con certeza el prerrequisito para mejorar la calidad de la vida.<sup>4</sup>

Estas inquietudes dieron origen a varias propuestas que tomaron cuerpo en la cumbre de Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Estocolmo, Suecia), en 1972, donde se manifestó de manera seria la preocupación de la comunidad internacional alrededor de los problemas medioambientales y del desarrollo. La siguiente cumbre de mayor importancia fue la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Río de Janeiro) en 1992. Durante el periodo transcurrido entre estos dos eventos, en 1987, la Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo, formula la necesidad de establecer un modelo de desarrollo armónico con el medioambiente, que se denominó *desarrollo sustentable*, el cual toma en cuenta no sólo las necesidades de la generación presente, sino que también toma en consideración a las generaciones futuras, fundamentándose en que no podemos hipotecar el futuro de la raza humana para satisfacer nuestras actuales aspiraciones de desarrollo<sup>5</sup>.

Desde el propio ámbito de la Química, la respuesta al modelo de desarrollo sostenible se basa en 12 principios que conforman lo que se ha llamado química verde<sup>6</sup>. En la práctica, la estrategia de este enfoque consiste en el desarrollo de una serie de modalidades de acción respecto a la producción y manejo de productos químicos.

## Desarrollo sustentable

Al referirnos al desarrollo sustentable debemos examinar, en primer lugar, la decisión de adoptar en forma unánime en 1987, por parte de la Comisión



Figura 1. Los tres ámbitos de acción del desarrollo sustentable de acuerdo con el Informe Brundtland de la Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo

Mundial de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo, el documento “Nuestro Futuro Común” también conocido como “Informe Brundtland”.<sup>7</sup> Este informe, coordinado por Gro Harlem Brundtland, constituye un marco de acuerdos entre científicos y políticos de cara a los problemas globales en materia medioambiental, y define el desarrollo sustentable como “aquel que satisface las necesidades esenciales de la generación presente sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades esenciales de las generaciones futuras”.

El desarrollo sustentable envuelve tres ámbitos fundamentales de acción: el bienestar humano, el bienestar ecológico y sus interrelaciones (ver Figura 1). Se trata de un enfoque sistémico o integrador del desempeño económico y medioambiental, en el que el crecimiento económico debe ser suficiente para resolver el problema de la pobreza y, al mismo tiempo, ser sustentable para evitar una crisis medioambiental. Igualmente, se toma en consideración la *equidad entre generaciones*, esto es, una toma de conciencia por parte de la generación actual, de que sus acciones pueden poner en riesgo la calidad de vida de las generaciones futuras. El propósito es dirigir la acción de los actores sociales para que los recursos naturales sean administrados con justicia y sabiduría, como un principio para el establecimiento y el sostenimiento

<sup>3</sup> Ashton, T. S. *La revolución industrial*. Fondo de cultura Económica, México, 2001.

<sup>4</sup> Potter, V. R. *Bioethics: Bridge to the future*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1971.

<sup>5</sup> Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. UN Documents, 1987.

<sup>6</sup> Lancaster, M. *Green chemistry*. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, 2002.

<sup>7</sup> Spiro, T. G. y Stigliani, W. M. *Química medioambiental*. Prentice Hall, Madrid, 2007.



**Figura 2.** 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

de la paz.

## Química verde

La química verde, nueva filosofía en el ejercicio de la Química, concentra sus esfuerzos en minimizar o eliminar la contaminación derivada de las actividades industriales, mediante la elaboración de productos químicos que no atenten contra la salud o el medioambiente. Los objetivos que persiguen son:

- Minimizar la generación de subproductos en las transformaciones químicas (economía atómica), mediante el desarrollo y rediseño de reacciones químicas. En este sentido, las reacciones libres de solvente y el uso de microondas, surgen como alternativas viables para rediseñar procesos químicos sustentables.

- Reducir el uso de solventes, especialmente los que entran en la clasificación de tóxicos o persistentes en el medioambiente. Aquí se enfocan los esfuerzos en optimizar los procesos de extracción, utilizados comúnmente en los procesos químicos industriales.

- Diseñar procesos químicos basados en el uso de materias primas renovables (derivadas de plantas), en lugar de aquellos procesos basados en materias primas derivadas del petróleo.

- Mejorar los procesos químicos con tecnologías que contribuyan a la disminución de las emisiones que contaminan el aire, el suelo y las aguas.

- Adelantar el desarrollo de protocolos y métodos

con el fin de monitorear la contaminación en tiempo real.

En la práctica, el enfoque de la química verde se resume en los denominados *doce principios* (ver Figura 2). Una de las estrategias allí indicadas se orienta al uso de disolventes más eficientes que sean menos agresivos para el medio ambiente, tomando en cuenta el considerable volumen de estos compuestos químicos que es utilizado en la industria. En este sentido, se ha hecho mucho énfasis en la posibilidad de usar alternativas como el dióxido de carbono en estado líquido ( $\text{CO}_2$ ), ayudado por sustancias denominadas *tensoactivos*, las cuales facilitan que las materias primas se puedan disolver en él. En otros casos se están rediseñando una serie de procesos químicos industriales, para que el agua se pueda utilizar como disolvente.<sup>8</sup>

Esta estrategia ha sido muy relevante en la industria de pinturas y recubrimientos, en la que los disolventes, muchos de ellos sustancias químicas ampliamente reconocidas como cancerígenas, eran arrojados directamente a la atmósfera.

Con la economía atómica se persigue optimizar al máximo el uso de las materias primas con el fin de disminuir la generación de desechos, evitando así la utilización de disolventes y sustancias químicas auxiliares. Por otro lado, se propone masificar el uso de catalizadores, sustancias químicas que se requieren en muy poca cantidad y que ayudan a aumentar la

<sup>8</sup> Vilar Compte, R. *Catálisis: la magia de la química*. Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, México, 2000.

<sup>9</sup> Op. cit.



Figura 3. Implicaciones del manejo y disposición de los desechos químicos

eficiencia de una reacción química,<sup>9</sup> es decir, se generan menos desperdicios a la hora de generar un producto y disminuyen todas las implicaciones en cuanto al manejo de los desechos químicos (ver Figura 3).

Es importante el desarrollo de productos químicos seguros que cumplan su función sin causar riesgos a la salud o al medio ambiente, y en cuya manufactura se optimice el uso de los combustibles para disminuir la emisión de gases tóxicos, o reemplazar dichos recursos por energías alternativas como la energía solar o la eólica.

Además, la química verde busca promover el manejo de materias primas renovables o productos de la naturaleza como aquellos que provienen de la siembra y cosecha vegetal, de origen animal, agua, aire, suelo, puesto que oxígeno, agua, sílice y similares, son los únicos desechos que admite este enfoque.

Finalmente, se debe hacer un esfuerzo por desarrollar métodos de análisis que permitan controlar las emisiones tóxicas de las plantas químicas, con el objeto de contar con los mejores indicadores que permitan tomar los correctivos cuando sea necesario.

Pero, ¿qué se está haciendo para promover la química verde? Las respectivas propuestas se están generando desde entidades académicas de prestigio internacional, sociedades de química, agencias o ministerios de protección del medioambiente y en las propias universidades y centros de investigación. Asimismo,

desde la Universidad de Los Andes también se adelantan investigaciones basadas en la filosofía de la química verde y, desde varios laboratorios de Química, 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 con el objeto de controlar la calidad del agua y el aire, así como de los desechos residuales de las industrias; incluso, se están adelantando investigaciones sobre celdas de combustible, como una propuesta alternativa en la generación de energía limpia, pues se obtiene como desecho simplemente agua. Sin embargo, aún falta mucho por hacer, quedan muchos campos de investigación por apoyar, para dar una respuesta inteligente a los graves problemas medioambientales mediante la química verde, que es, sin lugar a dudas, una nueva forma de hacer química.

*\*Doctor en Química.  
 Profesor de la Facultad de Ciencias de la ULA.  
 E-mail: ricardo@ula.ve  
 Imagen gráfica de los textos, María José Barrios.*