

Química Verde y el calentamiento global

La química no es sólo una ciencia que se basa simplemente en observaciones que permiten entender el mundo que nos rodea. En realidad, la química es una ciencia creativa y productiva, que genera sustancias y materiales de mucho valor, esenciales para mejorar la calidad de nuestras vidas

En este artículo se discuten varios aspectos relevantes en un tema que nos afecta a todos y es la protección del medio ambiente. En particular, se pondrá énfasis en la importancia de la química para la aplicación de medidas que resuelvan la grave problemática actual referente a la contaminación ambiental, al agotamiento de las fuentes tradicionales de energía y al calentamiento global.

Durante mucho tiempo la química ha sido percibida como una ciencia potencialmente peligrosa, y de hecho la gente muchas veces asocia la palabra "químico" con "tóxico". Sin embargo, será evidente que el objetivo de la llamada "Química Verde" es precisamente minimizar los riesgos que su práctica pudiera representar para los humanos o hacia el medio ambiente. Por "Química Verde" se entiende "el diseño de compuestos y procesos químicos que reduzcan o eliminen el empleo y formación de sustancias peligrosas". En realidad, el concepto de "Química Verde" es mucho más que un apelativo atractivo: es la clave para la sobrevivencia misma de la humanidad.

Aquí cabe señalar que la química no es sólo una ciencia que se basa simplemente en observaciones que permiten entender el mundo que nos rodea. En realidad, la química es una ciencia creativa y productiva, que genera sustancias y materiales de mucho valor, esenciales para mejorar la calidad de nuestras vidas. El reto en el siglo XXI es el desarrollo de la medicina moderna, de la creación de materiales de alta tecnología, del desarrollo de fuentes alternas de energía, y de otras metas que se basarán en procesos químicos que no sólo sean elegantes, sino también prácticos; es decir, que se lleven a cabo

de manera económica, que ahorren energía y que no contaminen. A pesar de la sofisticación alcanzada en los métodos modernos de síntesis química, se está lejos del proceso químico ideal que significa 100% de rendimiento y 0% de productos laterales.

Los doce principios de la Química Verde

1. **Prevención**, pues es mejor evitar la generación de basura y desperdicios que tener que removerlos después de su formación. Un criterio muy utilizado es el llamado *Factor-E*, que se refiere al factor de impacto ambiental y se mide en función de la cantidad de desechos que se producen por cada kilogramo de producto obtenido. De acuerdo con este concepto, cuando por cada kilo del producto deseado se generan 5 kilos de productos laterales o desperdicio, entonces el *Factor-E* es igual a 5, que es claramente inaceptable. En este contexto, si modificaciones posteriores conducen a un nuevo proceso con un *Factor-E* de 0.3, esto significa que el nuevo proceso genera 16 veces menos desperdicio que el proceso original.

2. **Economía atómica**, que dicta que un procedimiento de síntesis debe diseñarse para maximizar la incorporación en el producto de todos los reactivos utilizados en el proceso. Así, una reacción ideal es aquella que incorpora en el producto final todos los átomos presentes en los reactivos utilizados. Cuantitativamente, la economía atómica (EA) corresponde al peso molecular en el producto dividido entre la suma de los pesos moleculares de todos los reactivos empleados en la reacción, de modo que una relación igual a 1.0 indica que es 100% eficiente y significa que todos los átomos presentes en los reactivos se incorporan en el producto.

3. **Minimización de riesgos en una síntesis química**, que busca utilizar sólo sustancias químicas que no representen ninguna toxicidad hacia las personas. Un ejemplo ilustrativo consiste en seleccionar reactivos o disolventes no halogenados para evitar el manejo de sustancias potencialmente tóxicas.

4. **Diseño de compuestos químicos más seguros**, es decir que en la preparación de nuevos derivados se llegue a productos útiles pero inofensivos en su manejo. Aquí cabe señalar que el trabajo realizado en el campo de la toxicología ha dado lugar

a modelos que correlacionan estructura molecular con propiedades, lo que permite evitar propiedades de toxicidad en los productos finales.

5. **Disolventes seguros**, o de ser posible llevar a cabo la reacción de interés en la ausencia de disolvente. En efecto, los disolventes representan muchas veces el componente más ostensible en una reacción, de manera que al reducir su uso se tiene un sistema más práctico y que genera menos desperdicio. Además, muchos disolventes son tóxicos, inflamables o corrosivos cuya volatilidad provoca además la contaminación



Continúa en siguiente hoja

| | | |
|----------------------------|---------------------------|--------------------|
| Fecha 31.03.2010 | Sección Opinión | Página 1 |
|----------------------------|---------------------------|--------------------|

del aire, del agua o el subsuelo. Así pues, la aplicación de metodologías como la maceración, el uso de microondas, y de iones líquidos constituye una alternativa muy útil que evita el empleo de disolventes contaminantes. En este contexto, el agua sigue siendo un disolvente muy abundante, barato e inofensivo, que debe utilizarse siempre que sea posible.

6. Eficiencia energética: de ser posible, se sugiere llevar a cabo la síntesis química a temperatura ambiente y presión atmosférica para reducir el gasto en electricidad. Este factor es sumamente importante, sobre todo al considerar la velocidad con la que se están agotando los yacimientos de petróleo. En este contexto, es muy deseable el desarrollo de fuentes alternas de energía como son los biocombustibles, la energía solar, la **energía eólica** y las celdas que utilizan hidrógeno como fuente de energía. En particular, el Sol constituye una fuente prácticamente inagotable de energía, por lo que existe mucha actividad dedicada al desarrollo de sistemas químicos que permitan la conversión de la radiación solar en energía eléctrica.

7. Uso de materias primas renovables en contraste con insumos que sólo se pueden emplear una vez. La fuente más abundante de sustratos que se pueden transformar en sustancias utilizables en procesos químicos es la biomasa, es decir material producido en organismos vivos. Ejemplos son la madera, las plantas, los residuos agrícolas, etcétera.

8. Minimización de etapas sintéticas, porque cada etapa requiere de reactivos adicionales y puede generar productos secundarios.

9. Empleo de catalizadores, ya que pueden dar lugar a muchas moléculas de producto a partir de una sola molécula de reactivo, en contraste con reactivos que reaccionan de manera estequiométrica (es decir, que dan lugar a sólo una molécula de producto por cada molécula de reactivo).

10. Degradabilidad, de modo que los reactivos empleados en la síntesis se transformen en derivados inofensivos una vez terminada la reacción. Efectivamente, un serio problema en muchos procesos industriales consiste en la persistencia de los productos generados.

11. Análisis seguro. Surge aquí el concepto de "química analítica verde", que se define como la implementación de técnicas analíticas que generen menos desechos y que sean más seguras para el medio ambiente.

12. Prevención de accidentes: las sustancias empleadas en un procedimiento químico deben ser seleccionadas de modo que no presenten peligro de explosiones o incendios.

No hay duda de que la cantidad de bióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera se ha incrementado a partir del inicio de la Revolución Industrial a finales de los años 1700, y en particular en los últimos sesenta años. Asimismo, existe consenso en que el aumento en la cantidad de CO₂ es resultado de las emisiones que se generan de la combustión del petróleo y del carbón. De la misma manera, no hay duda de que la temperatura promedio de nuestro planeta se ha incrementado a partir de mediados del siglo XIX, y en especial a partir del año 1970, que es

cuando se empezó a llevar una medición sistemática de la temperatura en nuestro entorno con instrumentos confiables y precisos. Es entonces preocupante que discusiones a nivel internacional como las llevadas a cabo en las reuniones de Tokio (1997) y Copenhague (2009) no han logrado un acuerdo internacional para controlar la emisión de gases como el bióxido de carbono, que provocan el llamado "efecto invernadero". (El CO₂ es transparente a la luz solar y ultravioleta pero absorbe la radiación infrarroja reflejada desde la Tierra, como el techo de un invernadero, de manera que se retiene el calor en la atmósfera lo que provoca u

La "Química Verde" debe ser promovida y apoyada no sólo por la comunidad científica, sino por el go-

bierno, las industrias, así como por todos los sectores de la sociedad. En particular, se requiere que las nuevas generaciones de científicos e ingenieros químicos dominen y pongan en práctica los conceptos de la "Química Verde".

** Jefe del Departamento de Química del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional*

**Miembro del Consejo Consultivo de Ciencias*



Eusebio Juaristi*

consejo_consultivo_de_ciencias@ccc.gob.mx

