



Boletín informativo

Año 2 No.22

Octubre de 2014

QUÍMICA VERDE

Nuestra sociedad se fundamenta en la búsqueda del progreso: es decir, en lugar de un pensamiento cíclico dependiente de los procesos naturales, siempre nos encontramos en la búsqueda continua de un futuro mejor, en donde el motor del cambio es el perfeccionamiento.

Aunque esta idea de un "futuro siempre mejor" nos ha llevado a alcanzar grandes logros tecnológicos, también ha creado condiciones de desequilibrio, las cuales afectan directamente a nuestros ecosistemas y por lo tanto, al ser parte de ella, a la misma humanidad.

En este marco de perfeccionamiento tecnológico nace la química moderna, la cual ha reportado grandes beneficios para la humanidad, sin embargo, al mismo tiempo ha creado desequilibrios tan grandes que en la actualidad pueden incluso ser registrados incluso de manera global, como los gases de efecto invernadero y los Clorofluoro-

carbonos, responsables del calentamiento global y del hoyo en la capa de ozono, respectivamente.

Hubo de pasar mucho tiempo para que la química moderna replanteara sus fundamentos y ampliara su visión, en búsqueda de nuevas formas de hacer transformaciones que tomaran en cuenta no solo los productos o la eficiencia de las reacciones, sino que fueran vistas, como cualquier actividad humana, de manera integral con el medio ambiente, en tanto que dependen y afectan el entorno natural. Es en esta búsqueda que surgen los fundamentos de la química verde.

Los inicios de la química verde se remontan a los años 60, década en la que en los Estados Unidos de Norteamérica y Europa se iniciaron los grandes movimientos activistas que derivaron en la creación de la EPA (Agencia de protección ambiental) y más tarde a la publicación

de la Ley de Prevención de la Contaminación (The Pollution Prevention Act) la cual ayuda a prevenir la generación de contaminantes por medio de controles de ingeniería, control de inventarios, optimización de procesos y sienta las bases de la química verde.

Principios de la química verde

Los 12 principios de la química verde, publicados por vez primera por Anastas y Warner, proporcionan las herramientas básicas para el entendimiento y diseño de la química verde. Esta en su máxima expresión, busca producir "cero impactos" sociales y ambientales. Estos doce principios son:

1.- Prevención

Es mejor no producir ningún desperdicio, que tratar o limpiar una vez que éste ha sido creado. En la química tradicional los

principales objetivos son el producto y la eficiencia de la reacción; en general, la producción de desechos, independientemente de su toxicidad, no eran tomados en cuenta ni en el diseño de reacciones ni en su escalamiento.

En el principio de la prevención, la química verde impulsa el diseño de reacciones que no produzcan ningún tipo de desechos nocivos. Esta es una diferencia con la química am-

biental, que postula que los residuos tóxicos tienen que ser tratados antes de ser vertidos; bajo el nuevo enfoque se busca la solución a los desechos desde su origen: la producción.

2.-La economía de átomos

Los métodos de síntesis deben diseñarse de manera que todos los materiales usados durante el proceso se incorporen al máximo en el producto final, con

esto se minimiza la formación de subproductos.

En la química tradicional sólo se toma en cuenta el reactivo limitante de la reacción y el producto deseado, los otros componentes no son cuantificados para los cálculos de rendimientos. Esto tiene la desventaja de producir una gran cantidad de subproductos, aún en reacciones teóricamente eficientes, es decir mayores al 90%.

La solución de la química verde a los subproductos y desperdicios es la economía de átomos, la cual se basa en establecer la relación entre los átomos del producto deseado y todo lo de los reactivos. Es decir, una eficiencia del 100% en la economía de átomos indicaría que todos los átomos de los reactivos fueron incorporados al producto.

Esta nueva forma de hacer reacciones no es fácil y requiere de un cambio de paradigma. Las vías para la economía de átomos pueden ser: la biocatálisis, las reacciones organometálicas con los catalizadores implicados y los microreacto-

res, entre otros.

3.- Diseñar síntesis menos peligrosas

Diseñar síntesis que usen y generen sustancias con toxicidad baja o nula para el medio ambiente y a los seres humanos.

Las principales materias primas para las síntesis químicas-sobre todo orgánicas-se hacen tradicionalmente a partir de derivados del petróleo, los cuales pueden ser tóxicos, por ejemplo el fenol o el benceno.

En la química verde se propone el cambio a materias primas de toxicidad baja o nula. Un ejem-

plo de esto es el cambio a síntesis que usan los azúcares en lugar de los compuestos orgánicos tradicionales como el benceno. Las biosíntesis que utilizan la biomasa son alternativas viables para el uso de este tipo de reactivos.

4.- Diseñar productos químicos más seguros

Se deben diseñar productos que cumplan con la función deseada y al mismo tiempo con una muy baja toxicidad.

En el diseño clásico de productos se busca sintetizar un compuesto que ofrezca la máxima cualidad para una función deseada, como tensión superficial,

resistencia a la abrasión, a la alta temperatura, o la oxidación, etc. En muchas ocasiones este objetivo se persigue sin tomar en cuenta la toxicidad del compuesto producido. En la química verde se busca siempre diseñar una alternativa no tóxica para la elaboración de productos.

Un hito en el cambio de productos químicos que producen impactos ambientales ha sido la sustitución de los clorofluorocarbonos (CFC) por opciones menos agresivas al ambiente. Estos gases sintetizados con el

objetivo de producir compuestos inertes para ser utilizados principalmente en refrigeración son los responsables de la disminución de la capa de ozono.

5.- Uso de disolventes y auxiliares seguros

En los procesos clásicos de producción, los disolventes y los materiales auxiliares de la reacción, como los catalizadores, coagulantes, floculantes, etc., no eran tomados en cuenta para determinar la toxicidad de los productos. Las reacciones se diseñaban de tal manera

que una vez terminada la reacción, los disolventes y los auxiliares deberían ser removidos fácilmente para su reutilización o deshecho, en muchos de los casos directamente al medio ambiente.

Un ejemplo típico del uso de disolventes tóxicos se encuentra en la industria de los recubrimientos, los cuales por muchos años utilizaron disolventes orgánicos como los hidrocarburos alifáticos; hidrocarburos aromáticos derivados del benceno, principalmente xileno y tolueno, compuestos que son

altamente cancerígenos.

Una solución parcial a los compuestos orgánicos son los recubrimientos base agua. Todas las pinturas base agua necesitan un co-solvente cuya principal función es mejorar la aplicación.

En la química moderna los disolventes que se utilizan son agua y aire, o mezclas acuosas muy diluidas; también se recomienda que los disolventes y auxiliares no sean desechados al medio ambiente, en tanto que su principal valor se encuentra en su reutilización para el mismo proceso.

6.- Diseñar para una eficiencia energética

Los requerimientos energéticos de los procesos químicos tienen que ser evaluados por sus impactos económicos y ambientales, los cuales deben ser minimizados. De ser posible los procesos se deben de llevar a cabo a temperatura y presión ambiente.

En los procesos industriales tradicionales, la principal fuente de energía proviene de la quema de hidrocarburos, esta fuente de energía barata es

finita, además produce como desperdicio CO₂, que es uno de los principales gases de efecto invernadero. Es por esto que la nueva química propone la búsqueda de reacciones que requieran poca energía de activación para llevarse a cabo, y preferentemente a temperatura y presión ambiente, estos objetivos se pueden alcanzar con biocatalizadores.

7.- Uso de materias primas renovables

Los reactivos y las materias primas deben ser renovables,

como azúcares o almidones o incluso proteínas, sin pasar por compuestos relativamente simples, como el etileno.

Además todas estas aplicaciones tienen que estar fundamentadas en el desarrollo sustentable, y no pueden desplazar los usos básicos de los recursos. La búsqueda de nuevos materiales no puede competir con la alimentación y salud humana, ni con los ecosistemas sanos.

8.- Reducción de los derivados

Se debe de eliminar o reducir la producción innecesaria de derivados. En muchas ocasiones la química orgánica tradi-

cional utiliza una gran cantidad de pasos intermedios para lograr obtener un producto final.

El objetivo último de la química verde es que la reacción se lleve a cabo en un solo paso y con el mismo estado de agregación. Esto puede llegar a ser muy complicado, la solución radica en que las materias primas sean de una naturaleza parecida a los productos de las reacciones.

9.- Catálisis

Se deben de emplear catalizadores –lo más selectivos posible- debido a que presentan mejores rendimientos que los

reactivos estequiométricos.

Los catalizadores más específicos que existen son las enzimas; por ejemplo las reacciones enzimáticas que se llevan a cabo en un ser vivo no superan en la mayoría de los casos, los 32°C. El reto de la química moderna es buscar enzimas o análogos que sustituyan los procesos de producción tradicionales.

10.- Diseñar para la degradación

Los productos químicos tienen que ser diseñados de tal manera que al final de su vida útil se descompongan en productos inocuos y no sean persistentes

en el medio ambiente.

Por ejemplo, en la industria de los envases para alimentos, se pretende conservar productos con tiempo de caducidad de meses, en contenedores que tardan décadas para degradarse. Por ejemplo, el PET tarda 100 años o más para ser degradado.

Es por esto que la química verde propone el uso de materiales con un tiempo de vida útil acorde a la función que realizan, si el contenido del envase tarda meses en descomponerse, su contenedor tendría

que tener la misma magnitud de tiempo de vida útil.

11.- Análisis en tiempo real para la prevención de la contaminación

Es necesario desarrollar metodologías analíticas para determinar y controlar en tiempo real la producción de sustancias peligrosas.

En la industria química tradicional los impactos ambientales eran evaluados cuando los efectos adversos eran prácticamente evidentes, o cuando la capacidad de carga de los eco-

sistemas era superada. Muchas de las evaluaciones ambientales solo toman en cuenta los impactos a mediano plazo, es decir, no se toman en cuenta los efectos inmediatos (por ej. Choques térmicos, emisiones de ruido, disminución de la cantidad de oxígeno disponible, etc.) o los efectos a largo plazo o afectaciones crónicas de los ecosistemas como la bioacumulación de metales.

Es por esto que la química verde impulsa la mejora de los sistemas de medición, para que se puedan llevar a cabo de

manera rápida y continua.

12.- Química segura en lugar de prevención de accidentes

Las sustancias y su uso dentro de los productos químicos tienen que ser de tal manera que se minimicen los potenciales accidentes químicos, incluyendo las emanaciones, explosiones e incendios.

En el caso de la industria química, se tienen que diseñar procesos más seguros, con productos y disolventes degradables y no tóxicos, con condicio-

nes de reacción más suaves, con la cero producción de residuos y subproductos.

Integración de principios

Como podemos observar, los doce principios de la química verde no son aislados, trabajan en conjunto y de manera sinérgica con el objetivo de alcanzar una industria sustentable. Es decir, tenemos que construir una química que sea económicamente rentable, socialmente deseable y económicamente viable, que perdure a lo largo del tiempo.

En México tenemos condiciones para desarrollar esta industria y ver sus frutos a mediano y largo plazo; sin embargo, esta química no se dará por sí sola, como todo cambio de largo alcance, necesita una confluencia de factores: un nuevo enfoque en la investigación básica y aplicada, apoyos gubernamentales, tanto regulatorios como en incentivos diversos y el interés e inversión por parte de la iniciativa privada para hacer que estos procedimientos se conviertan en una realidad a nivel nacional.