

Una breve visión general de la química verde¹

Brandon Tate

Quality and Engineering Projects

EcoSynthetix Corp.

Burlington, ON, Canadá

btate@ecosynthetix.com

La capacidad mundial para gestionar los productos químicos y la industrialización ha estado plagada de una falta de conocimiento o consideración por la salud, la seguridad y las repercusiones ambientales. Esto se evidencia en numerosas ocasiones en la historia humana, aunque sobre todo en la revolución industrial. Por supuesto, la mayoría de nosotros somos conscientes de que esta época marcó el comienzo de una nueva era en el avance tecnológico; sin embargo, muchos olvidan el costo que conllevó la falta de conciencia o el desconocimiento general de los impactos ambientales producto de los esfuerzos industrializadores.

Como consecuencia de esta ignorancia ecológica, las fuentes de agua resultaron altamente contaminadas, y los árboles y edificios oscuros han sido manchados por el hollín de tal forma que han influido en la selección natural de las polillas; este fenómeno dio lugar a una de las evidencias más significativas de la evolución darwiniana, pero también condujo a la muerte de miles de personas.

El calentamiento global, otro brillante ejemplo de nuestra ignorancia del medio ambiente y una teoría ahora prácticamente aceptada en todo el mundo por muchos científicos y ciudadanos respetados, tiene el potencial de eclipsar el resultado devastador de la revolución industrial de manera alarmante.

El ejemplo perfecto de la mala gestión de la industria química es la industrialización de dicloro-difenil-tricloroetano (DDT). Sintetizado en 1939 por el químico suizo y premio Nobel Paul Hermann Müller, esta sustancia fue aclamada como un asombroso pesticida ampliamente aplicado en la agricultura y en la lucha contra la proliferación de la fiebre tifoidea y la malaria. El declive de este producto químico "maravilloso" tuvo lugar en 1962 cuando Rachel Carson, en su libro *Primavera silenciosa*, destacó sus peligros, de los cuales ahora sabemos sus probables efectos carcinógenos biopersistentes. Hasta el día de hoy aún existen de DDT en adultos y otros organismos expuestos.

¹ Traducido por Andrea Johanna Rodríguez V. y Rodolfo Vergara C.

El establecimiento fundamental de la metodología de la química verde puede atribuirse directamente a la apropiada diligencia documentada de Rachel Carson estimulada por la negligencia de la industria química.

Casi cuarenta años después, el enfoque de esta autora fue cristalizado posteriormente por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos en el concepto bien establecido de la química verde que hoy conocemos. Esto se debió a los cambios en la política estadounidense, específicamente en la introducción de la Ley de Prevención de la Contaminación de 1990, la cual promovió la eliminación de la contaminación más mediante mejoras de diseño que en tratamientos *post mortem* y métodos de disposición.

El concepto de química verde fue difundido en la industria durante la década de los noventa mediante el establecimiento de becas y programas de premios. En 1998 se desarrolló y clarificó de modo amplio a través de la publicación de *Los doce principios de la química verde*, obra escrita por Paul Anastas y John C. Warner. Estos principios se mencionan a continuación:

1. *Prevención*. La prevención de los residuos elimina por completo cualquier necesidad de tratarlos o limpiarlos después de su creación.

2. *Economía atómica*. Deben diseñarse métodos sintéticos para maximizar la incorporación de todos los materiales utilizados en el proceso para obtener el producto final.

3. *Síntesis químicas menos peligrosas*. Siempre que sea posible, deben diseñarse métodos sintéticos para emplear y generar sustancias que posean poca o ninguna toxicidad para la salud humana y el medio ambiente.

4. *Diseñar sustancias químicas más seguras*. Deben diseñarse productos químicos para efectuar su función deseada y reducir al mínimo su toxicidad.

5. *Disolventes y otros productos auxiliares más seguros*. El uso de sustancias auxiliares (por ejemplo, disolventes, agentes de separación, entre otros) debe hacerse innecesario siempre que sea posible e inocuo cuando sea el caso.

6. *Diseño para una eficiencia energética*. Deben reconocerse las exigencias energéticas de los procesos químicos por sus impactos ambientales y económicos y minimizarse. Si es posible, los métodos sintéticos deben llevarse a cabo a temperatura y presión ambiente.

7. *Uso de materias primas renovables*. Deben preferirse este tipo de insumos en lugar de otras nocivas siempre que sea técnica y económicamente viable.

8. *Reducción de derivados*. Debe minimizarse o evitarse en la medida de lo posible la derivación innecesaria (uso de grupos de bloqueo, la protección/desprotección y modificación temporal de los

procesos físicos y químicos), ya que tales pasos requieren reactivos adicionales que pueden generar residuos.

9. *Catálisis*. Los reactivos catalíticos (tan selectivos como sea posible) son superiores a los estequiométricos.

10. *Diseño para la degradación*. Las sustancias químicas deben diseñarse de tal manera que al final de su función se descompongan en productos de degradación inocuos que no persistan en el medio ambiente.

11. *Análisis en tiempo real para la prevención de la contaminación*. Se necesita un desarrollo más profundo de las metodologías analíticas para permitir el seguimiento y el control en tiempo real en el proceso antes de la formación de sustancias peligrosas.

12. *Química inherentemente segura para la prevención de accidentes*. Deben elegirse las sustancias y la forma de una sustancia utilizadas en un proceso químico para minimizar el potencial de accidentes químicos, incluyendo emanaciones, explosiones e incendios.

Los impactos de éxito de cada uno de los doce principios son intrínsecamente beneficiosos para las empresas en lo que respecta a triple línea base (la sociedad, el medio ambiente y la economía). Entonces, ¿cuáles son las desventajas y las razones que impiden que la química verde no sea predominante a nivel mundial?

En primer lugar, el tiempo, el esfuerzo y los costos adicionales están asociados con el desarrollo de nuevos productos químicos, específicamente con respecto a la investigación prolongada y los tiempos de desarrollo/comercialización y el aumento en los importes de material. Esto se debe principalmente a que el campo de la investigación está en gran parte inexplorado y subdesarrollado en la base del conocimiento y la cadena de suministro en contraste con las industrias bien arraigadas, tales como la petroquímica.

Asimismo, como muchos procesos de química verde dependen del uso de materias primas renovables, se ha esgrimido el argumento de que simplemente no existe suelo suficiente para producir los insumos necesarios que sustituyan los volúmenes correspondientes. Es en la humilde y tal vez ingenua opinión del autor que un problema como este sería bienvenido teniendo en cuenta las múltiples alternativas.

La prevalencia de la química verde en el mundo no es lo que se esperaría, incluso después del de

considerar los inconvenientes ya mencionados. Esto puede explicarse por el hecho de que los países en desarrollo y aquellos que se encuentran en transición económica son más vulnerables al competitivo mercado mundial de productos químicos. Estos Estados son los principales interesados en el aumento del PIB y el uso de su fuerza de trabajo; se centran en la implementación de tecnologías convencionales y establecidas y no en las innovaciones que implica la química verde. En comparación con los países desarrollados; sus instituciones gubernamentales son menos sólidas (o inexistentes), no se han adaptado cuerpos legales/normativos y no se han asignado los recursos financieros necesarios.

Independientemente de estas contrariedades, está creciendo la popularidad de la química verde y las iniciativas de sostenibilidad. Búsquedas rápidas de gigantes químicos corporativos tales como Dow, BASF, Bayer, SABIC, entre otros, revelan que, de alguna manera, todos han venido adoptando e implementando políticas de sostenibilidad. El mundo en su conjunto es más consciente de los problemas ambientales y sociales relacionados con la sostenibilidad en la industria química, tal vez aún más en las generaciones más jóvenes; aquellos que más probablemente sean los más afectados por el calentamiento global y otros efectos ambientales causados por la industria están adquiriendo una conciencia precoz y una preocupación por los problemas ambientales que enfrenta el mundo. Esto hace que la sostenibilidad sea una herramienta cada vez más poderosa en propuestas de productos o valores de proceso.

Desde una perspectiva de primera línea, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente estima que, para el año 2020, la química verde representará un mercado de 100 mil millones de dólares. Los costos asociados con la falta de acción y complacencia pueden ser sorprendentes desde la perspectiva de una triple línea base, los cuales son asumidos por todas las partes involucradas; el medio ambiente, las personas, los sectores privados y la economía.

La comprensión y la práctica de los principios de la química verde ofrecen beneficios tangibles, una gestión de riesgos competente y, lo más importante, un futuro prometedor. Debe ser un paso natural en la evolución de la industria química. Como la historia ha demostrado, este cambio requerirá de la participación y las iniciativas de todos (el gobierno, la industria y la sociedad). Simplemente es una cuestión de cuándo.