



BOLETÍN ELECTRÓNICO INFORMATIVO SOBRE PRODUCTOS Y RESIDUOS QUÍMICOS

Año 3 N° 24, Abril, 2007

Responsable: Ing. Jorge Eduardo Loayza Pérez
FQIQ. UNMSM. Lima. Perú

El **Boletín Informativo sobre Productos y Residuos Químicos** se publica mensualmente para dar a los lectores una visión integral y actualizada del manejo ecológicamente racional de los productos y residuos químicos, con la finalidad de proteger la salud y el ambiente.

COMPORTAMIENTO DE LA ATRAZINA EN EL MEDIO AMBIENTE

Después de que la atrazina es aplicada al suelo, permanecerá por días o meses. Sin embargo, en la mayoría de los casos, es degradada en el suelo durante el transcurso de una temporada de cultivo.



Foto N° 1 Aplicación de Atrazina
(Fuente: www.anasac.cl)

Toda la atrazina que es movilizada desde el suelo hacia arroyos u otros cuerpos de agua permanecerá por mucho tiempo debido a que la degradación de esta sustancia en ríos y lagos es lenta. También permanecerá por mucho tiempo en el agua subterránea. Este es uno de los motivos por el cual se le encuentra frecuentemente en muestras de agua tomadas en pozos de agua potable en ciertas regiones agrícolas. Si entra al aire, puede ser degradada por reacciones con otras sustancias químicas en el aire. Sin embargo, algunas veces se adhiere a partículas de polvo; en este caso es improbable que se degrade y el viento puede movilizarla lejos del área de aplicación. Por ejemplo, se ha encontrado atrazina en agua de lluvia a más de 280 kilómetros del área de aplicación más cercana. Este herbicida no tiende a bioacumularse en organismos vivientes tales como algas, bacterias, almejas o peces, y por lo tanto, no se acumula en la cadena alimentaria.

FUENTE:
AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY
<http://www.atsdr/cdc.gov/es>

HERBICIDAS

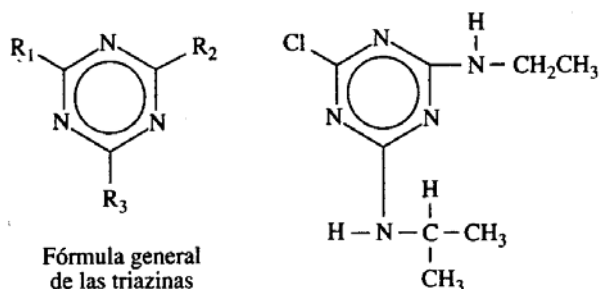
En la agricultura las “malas hierbas” constituyen un problema que afecta el rendimiento de diversos cultivos. Las prácticas de eliminación manual o mecánica de hierbas, es posible cuando la agricultura se realiza a pequeña o mediana escala, mientras que a gran escala el empleo de herbicidas ha sustituido la eliminación física de las “malas hierbas”. Además de ahorrar horas de trabajo, los herbicidas favorecen la aplicación de prácticas agrícolas que no implican arado de tierras, reduciendo de esta forma la erosión del suelo. El método de siembra con herbicidas, consiste en la eliminación previa de malas hierbas, y posteriormente se inyectan directamente las semillas en el suelo.

Los efectos de los herbicidas sobre la salud y el medio ambiente son similares a los plaguicidas, lo que ha provocado la disminución de su uso a partir de los años ochenta.

TRIAZINAS

Dentro de las sustancias químicas utilizadas como herbicidas se tiene la familia de las triazinas, siendo la atrazina una de las más conocidas - ATRAZINA (N° CAS: 1912-24-29). La atrazina pura es un polvo blanco, sin olor y no muy volátil. No es reactiva ni inflamable y se disuelve en agua. La atrazina se usa en cosechas como por ejemplo caña de azúcar, maíz, piñas, sorgo y en ciertos tipos de nueces. También se usa en silvicultura, en zonas con cultivos de pinos y en áreas usadas para reforestación con pinos. También se ha empleado para prevenir el crecimiento de hierbas a lo largo de carreteras y líneas ferroviarias. La atrazina puede ser rociada sobre cosechas antes de que las cosechas empiecen a crecer y después de que han emergido del suelo. Entre los nombres registrados de la atrazina se incluyen Aatrex®, Aatram®, Atratol® y Gesaprim®.

El nombre científico de la atrazina es 6-cloro-N-etil-N'-(1-metiletil)-triazina-2,4-diamina (ver Figura N° 1). La atrazina es un herbicida de uso restringido lo que significa que solamente personas certificadas pueden adquirir o usar atrazina.



Fórmula general de las triazinas
Figura N° 1 Atrazina (Fórmula de la derecha)

Fuente: Spiro Thomas G., Stigliani William M., *Química Medioambiental*. Segunda Edición. Pearson Educación S.A. Madrid, 2004. Páginas 403 a 404

PARAQUAT

El paraquat es un herbicida bastante tóxico y se cree que puede ser la causa de cáncer en fumadores de marihuana. Se utiliza en los países en vías de desarrollo en forma inadecuada para combatir piojos, lo cual ha originado un gran número de envenenamientos.

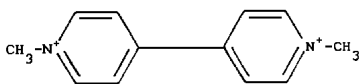


Figura N° 2 Paraquat

Se está empleado para la erradicación de la marihuana.

2,4D y 2,4,5T

Los compuestos 2,4D y 2,4,5T son herbicidas clorados muy eficaces, el primero se ha utilizado para eliminar malas hierbas en pastos y el segundo para clarear maleza. El 2,4D sigue empleándose, pero el 2,4,5T se prohibió en los años setenta debido a la contaminación con dioxinas.

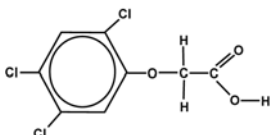


Figura N° 3 Herbicida 2,4,5T

La mezcla de ambos herbicidas se llamó el Agente Naranja, que se utilizó masiva e inadecuadamente como defoliante durante la Guerra de Vietnam.

Más de treinta años después, los efectos nocivos de ese herbicida -que contiene dioxina, altamente tóxica aún en pequeñas dosis- están hoy presentes tanto en las ciudades como en los campos de Vietnam: adultos y niños con cuerpos deformados y miembros atrofiados, con retraso mental, sordos o ciegos... Cientos de miles de personas sufren aún sus secuelas

Las operaciones militares fueron interrumpidas en 1971 a causa de las numerosas protestas que provocaron en el mundo y en los propios Estados Unidos por parte de científicos, representantes y senadores y, sobre todo, de los veteranos norteamericanos.

GLIFOSATO

Un notable avance en el campo del diseño de herbicidas ha sido el desarrollo de herbicidas de baja toxicidad que se degradan rápidamente en el ambiente.

Uno de los herbicidas con estas características es el glifosato (N° CAS 1071-83-6) [N-(fosfonometil)-glicina: $^{-}HO_3PCH_2N^+H_2CH_2COOH$]

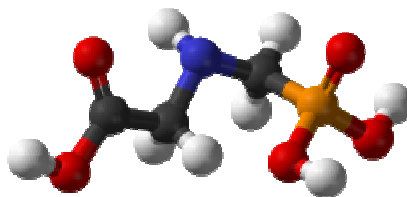


Figura N° 4 Modelo tridimensional del glifosato

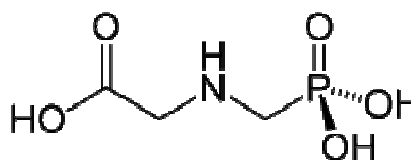


Figura N° 5 Fórmula del glifosato

El glifosato se comercializa con el nombre de "Roundup". Este compuesto es un derivado de un aminoácido, por lo tanto es soluble en agua, y es fácilmente disuelto por la humedad del suelo. Su estructura iónica hace que quede retenido en los sitios de intercambio iónico del suelo y se evita de esta forma, su arrastre a las aguas subterráneas. El tiempo de vida media del glifosato en el suelo es de 60 días, ya que las bacterias del suelo lo degradan rápidamente. No se bioacumula significativamente. Cuando se pulveriza sobre las plantas, el glifosato penetra en las hojas e inhibe la enzima encargada de sintetizar los aminoácidos aromáticos: fenilalanina, tirosina y triptofano. El bloqueo de estos aminoácidos esenciales causa la muerte de la planta. Debido a sus distintos mecanismos de actuación en animales y en plantas, el glifosato resulta inocuo para los animales que lo eliminan rápidamente. Sin embargo este herbicida no afecta a todas las plantas, pudiéndose emplear para la destrucción selectiva de "malas hierbas" presentes entre los cultivos.



Foto N° 3 Preparación del glifosato para aplicación desde avioneta

Resulta efectivo para clarear la vegetación de un área específica y para preparar los campos de cultivo. Una vez aplicado el glifosato, el campo puede cultivarse de forma segura ya que las nuevas plantas no absorben el herbicida del suelo; ya que sus moléculas permanecen fuertemente retenidas a las partículas del suelo.

Fuente: Spiro Thomas G., Stigliani William M., *Química Medioambiental*. Segunda Edición. Pearson Educación S.A. Madrid, 2004. Páginas 404-405

LA QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA DEBEN SER COMPATIBLES CON EL MEDIO AMBIENTE

La Química está presente en cada una de nuestras actividades diarias y en todos y cada uno de los objetos que nos rodean. Es una ciencia que ayuda a alimentarnos, a vestirnos, a sanar nuestras enfermedades, a desplazarnos, a alojarnos y protegernos de las inclemencias del clima; así como, para brindarnos entretenimiento. La Química participa de un modo directo e inevitable en cada una de las etapas de la obtención de un determinado material o producto, desde su diseño inicial hasta su adquisición por el consumidor (participa en el Ciclo de Vida de un producto).

Mirando a nuestro alrededor nos damos cuenta que los productos que utilizamos, han sido preparados a través de procesos industriales que son el resultado de la aplicación de principios de la química e ingeniería química (o ingeniería de procesos).

Durante décadas estos procesos se han realizado sin tener en cuenta sus impactos negativos en el medio ambiente, siendo muchos de ellos altamente contaminantes debido a los residuos que generan. Por ejemplo, las reacciones químicas industriales requieren generalmente el empleo de catalizadores, con la finalidad de que la reacción tenga una velocidad que le permita ser rentable; pero en general los catalizadores químicos son tóxicos, y una vez concluida la reacción hay que someterlos a diversos tratamientos para evitar la contaminación que producen al transformarse en residuos. Por otro lado, las reacciones químicas industriales requieren generalmente el empleo de altas temperaturas y presiones, lo que supone un gasto de energía que no favorece al medio ambiente y que dificultan la sostenibilidad global de tales procesos. Esta información nos sugiere que es vital cambiar nuestra filosofía de trabajo, ya que los beneficios de la Química y de la Ingeniería Química no pueden hacerse a expensas del medio ambiente. Actualmente tenemos que asumir el desafío de que los productos que hagan nuestra vida más cómoda, puedan ser preparados a través de procesos no contaminantes, siguiendo los principios de la Química Sostenible.

QUÍMICA SOSTENIBLE

La Química Sostenible (o Green Chemistry) puede definirse como el diseño de productos y procesos químicos que reduzcan o eliminen el uso y generación de sustancias peligrosas. La Química Sostenible junto con la Ingeniería Química Sostenible tienen como objetivo contribuir al desarrollo sostenible, mediante la puesta a punto de nuevas tecnologías que provean a la sociedad con los productos que necesitamos, pero de una forma ambientalmente responsable.

El diseño de productos y procesos compatibles con el desarrollo sostenible debe guiarse por doce principios enunciados inicialmente por Anastas y Warner, los cuales se indican a continuación.

1. Es preferible evitar la producción de un residuo que tratar de limpiarlo una vez que se haya formado.
2. Los métodos de síntesis deberán diseñarse de manera que incorporen al máximo, en el producto final, todos los materiales usados durante el proceso.
3. Siempre que sea posible, los métodos de síntesis deberán diseñarse para utilizar y generar sustancias que tengan poca o ninguna toxicidad, tanto para el hombre como para el medio ambiente.
4. Los productos químicos deberán ser diseñados de manera que mantengan su eficacia a la vez que reduzcan su toxicidad.
5. Se evitará, en lo posible, el uso de sustancias auxiliares (disolventes, reactivos de separación, etc.) y en el caso de que se utilicen que sean lo más inocuos posibles.
6. Los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto ambiental y económico, reduciéndose en todo lo que sea posible. Se intentará llevar a cabo los métodos de síntesis a temperaturas y presiones bajas (condiciones denominadas "ambiente").



Foto N° 4 Síntesis de un nuevo producto químico
Foto de Sherwin Castro, AP/WWP (Fuente: www.usinfo.state.gov)

7. La materia prima ha de ser preferiblemente renovable en vez de agotable (no renovable), siempre que sea técnica y económicamente viable.
8. Se evitará en lo posible la formación de derivados (grupos de bloqueo, de protección/desprotección), mediante la modificación temporal de procesos físicos/químicos.
9. Se emplearán catalizadores que sean lo más selectivos posibles,
10. Los productos químicos se diseñarán de tal manera que al finalizar su función no persistan en el medio ambiente sino que se transformen en productos de degradación que sean inocuos.
11. Las metodologías analíticas serán desarrolladas para permitir una monitorización y control en tiempo real del proceso, previo a la formación de sustancias peligrosas.
12. Se elegirán las sustancias a emplearse en los procesos químicos de forma que se minimice el potencial de accidentes químicos, incluidas las emanaciones, explosiones e incendios.

Para mayor información visite página Química Verde de la EPA
www.epa.gov/greenchemistry/

MECANISMOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

Absorción: es el proceso por el cual los contaminantes son tomados por el sorbente de manera similar a como una esponja toma el agua. La absorción precisa de un material sólido (absorbente) que empape o absorba los líquidos libres del residuo. Este proceso se emplea principalmente para eliminar estos líquidos, de manera que se mejoren las características de manejo del residuo, es decir para solidificar el residuo.

Como los líquidos pueden escurrir del material al someter a la masa a tensiones de consolidación se utiliza la absorción como una medida temporal, para mejorar las características de manejo. Los absorbentes más comunes son el suelo y la cal.



Foto N° 5 Absorción con cal.
Fuente: BEFESA

Adsorción: fenómeno por el cual los contaminantes quedan ligados (adsorbidos) a los agentes de estabilización de la matriz teniendo menor probabilidad de quedar libres en el ambiente. En este caso se necesita una fuerza físico-química adicional para resorber el material de la superficie de adsorción, por ello este tratamiento se considera más permanente.

Fuente: Botasso et al. **Utilización de residuos industriales en la obra vial. Experiencias del LEMaC**
e-mail: lemac@frlp.utn.edu.ar
www.frlp.utn.edu.ar/lemac/Publicaciones/

En el Boletín N° 25 (Mayo):

Co-procesamiento de plásticos, suelos y lodos contaminados con plaguicidas.
Ingeniería Química Sostenible: Blanqueo de pulpa papelera con ozono.
Desalinización de agua de mar.

INGENIERÍA QUÍMICA SOSTENIBLE

DISEÑO Y OPERACIÓN DE PROCESOS ECOEFICIENTES

Por: Joaquín Acevedo (jacevedo@campus.mty.itesm.mx)

El diseño y la síntesis de procesos es el área de la ingeniería que se encarga del desarrollo de procesos industriales capaces de satisfacer las necesidades de una sociedad. Durante años, los estudios dentro de esta área se han enfocado principalmente al desarrollo de procesos industriales de mínimo costo que cumplan con las restricciones de calidad del producto. Sin embargo, la preocupación general por la preservación del medio ambiente ha generado un interés especial en agregar como parámetros de diseño aquellos aspectos que conlleven a la minimización de su impacto ambiental. Con esto se da apertura a una nueva visión del diseño de procesos "limpios" o "ecoficientes", la cual pretende generar tecnología capaz de operar en forma eficiente desde el punto de vista económico, pero ajustándose al cumplimiento de normas y tendencias ambientales específicas.

La formulación de la síntesis de procesos como un problema de optimización es un procedimiento sistemático y riguroso basado en el desarrollo de modelos matemáticos, representaciones abstractas de un sistema real por medio de relaciones matemáticas como ecuaciones, desigualdades y condiciones lógicas. Este modelo establece la interacción entre los diferentes materiales involucrados, las variables de diseño (número de unidades, tamaño de los equipos, etc.) y las de operación (temperaturas, flujos, etc.). Las opciones que la combinación de estos factores origina son evaluadas y comparadas con base en un criterio determinado o función objetivo (por ejemplo, minimización del costo total, maximización del rendimiento o minimización de descargas) para definir la mejor configuración del proceso y la forma óptima de operarlo. La gran ventaja de los métodos algorítmicos en el diseño óptimo de procesos es que permiten la inclusión de diferentes objetivos y restricciones del proceso lo que ha incentivado la utilización de técnicas matemáticas para el diseño de procesos tomando en cuenta aspectos ambientales y de operabilidad.

MINIMIZACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL COMO PROBLEMA MULTIPARAMÉTRICO

En los sistemas productivos actuales, las decisiones que afectan los procesos (desde el diseño hasta la operación) se encuentran influenciadas por factores como impactos ambientales, versatilidad de producción, flexibilidad del proceso, entre otros, además de los aspectos económicos. Como resulta evidente, no todos estos aspectos pueden ser incorporados en un solo objetivo del proceso, generándose lo que se conoce como problema de optimización multiobjetivo o multicriterio.

Un problema multiobjetivo es aquel en el cual se cuenta con varios criterios de optimización sujetos a un conjunto de restricciones. Un caso de especial importancia es el problema de diseño y optimización de procesos donde se buscan, por un lado, los menores costos operativos y de inversión, y por el otro, la reducción de su impacto ambiental.

Fuente: Acevedo M. Joaquín, **Incorporación de aspectos ambientales y de operabilidad en el diseño óptimo de procesos** (2do. lugar Premio Rómulo Garza por Investigación y Desarrollo Tecnológico 2001. México).

CONSULTAS Y SUGERENCIAS:

Dirigirse al Ing. Jorge Loayza (Oficina N° 222). Facultad de Química e Ingeniería Química. Pabellón de Química. Ciudad Universitaria. UNMSM. Lima. Perú. Correos electrónicos: jeloayzap@yahoo.es / jloayzap@unmsm.edu.pe

Se autoriza la reproducción y difusión del material presentado, citando las fuentes. (4)