



BOLETÍN ELECTRÓNICO INFORMATIVO SOBRE PRODUCTOS Y RESIDUOS QUÍMICOS

Año 3 N° 26, Junio, 2007

Editor: 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 de los productos y residuos químicos, con la finalidad de proteger la salud y el ambiente.

NUEVAS OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA EL TRATAMIENTO DE PLAGUICIDAS OBSOLETOS

Adicionalmente a los sistemas para el tratamiento de plaguicidas obsoletos de tipo fisicoquímico o térmico, existen otras opciones tecnológicas de desarrollo más reciente y que pueden ser consideradas como tales en los casos que estuvieran disponibles a nivel comercial; entre las principales se tienen:

- **Descomposición catalítica.**
Basada en el tratamiento catalítico de un líquido o sólido en presencia de un hidrocarburo de alto punto de ebullición e hidróxido de sodio.
- **Reducción química en fase gaseosa.** Proceso consistente en la reducción de los compuestos orgánicos por el hidrógeno en fase gaseosa y a altas temperaturas, capaz de tratar tanto líquidos como sólidos incluyendo tierra contaminada.
- **Oxidación en sal fundida.**
Consistente en un proceso de oxidación sin llama, desarrollado a temperaturas entre 700 y 1 000 °C, donde las sustancias orgánicas son oxidadas por el oxígeno en una cámara de reacción donde se encuentra una sal alcalina fundida.
- **Tecnologías de arco de plasma.**
Los residuos son alimentados al arco de plasma pudiendo alcanzar temperaturas de 3 000 a 15 000 °C, produciéndose la descomposición de compuestos orgánicos mediante su volatilización y posterior combustión, o pirolisis según el diseño del proceso.

RIESGOS ASOCIADOS A LAS EXISTENCIAS DE PLAGUICIDAS OBSOLETOS

Los plaguicidas constituyen una amplia gama de productos químicos con diferentes grados de peligrosidad, que van desde sumamente peligrosos hasta levemente peligrosos.

La **peligrosidad** es una propiedad inherente al plaguicida que le confiere características tóxicas, esto es capacidad de producir efectos adversos en los organismos, a corto, mediano o largo plazo.

El **riesgo** asociado a un plaguicida se refiere a la probabilidad de que produzca un efecto adverso en los organismos, en función de la exposición. El nivel de riesgo para un determinado organismo es una función de la peligrosidad del plaguicida y de la magnitud de la exposición.

$$\text{Riesgo} = f(\text{Peligro}, \text{Exposición})$$

De lo anterior se deduce que el riesgo depende de la forma en que se manejen los plaguicidas, por lo tanto puede ser prevenido o minimizado.

En términos de peligro no existiría diferencia entre un depósito de plaguicidas obsoletos y uno de plaguicidas en uso. Sin embargo, generalmente un depósito de plaguicidas obsoletos suele representar un nivel de riesgo mayor debido a que las condiciones de almacenamiento no suelen ser buenas, así como tampoco el estado de los envases, por lo que las probabilidades de exposición son mayores.



Foto N° 1 Almacenamiento inadecuado de plaguicidas obsoletos

Fuente: Martínez Javier, Guía Práctica sobre la Gestión Ambientalmente Adecuada de Plaguicidas Obsoletos en los Países de América Latina y el Caribe. Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. Montevideo. Uruguay. Noviembre. 2004.

CADMIO

SÍMBOLO: Cd

NÚMERO ATÓMICO: 48

PESO ATÓMICO: 112,41 g/atm-g

NÚMERO CAS: 7440-43-9

El cadmio es un elemento químico que se encuentra en la Tabla Periódica en el mismo grupo que el cinc y el mercurio (Grupo 12 o IIb). Sus propiedades son muy similares al cinc, por tal motivo esta semejanza afecta su distribución y sus propiedades tóxicas.

El cadmio, en su forma pura, es un metal blando de color blanco plateado. En el ambiente el cadmio generalmente está presente como un mineral combinado con otros elementos. Los más comunes son los complejos con óxidos, sulfuros y carbonatos en minerales de cinc, plomo y cobre, mientras que los complejos con cloruros y sulfatos son menos comunes (ATSDR, 1999).

Las liberaciones de cadmio al ambiente ocurren como resultado de actividades tanto naturales como humanas.

Actividades naturales: La erosión de minerales de cadmio contenidos en las rocas es una fuente significativa de este metal. También los incendios forestales y las erupciones volcánicas descargan minerales de cadmio al aire.

Actividades humanas: Las actividades mineras, la combustión de combustibles fósiles y residuos domésticos (pilas de Ni-Cd); así como, la aplicación de fertilizantes a los cultivos.



Foto N° 2 Pilas de Ni-Cd
(Fuente: www.yoreciclo.cl)

Fuente: CONAM - Klepel Consulting SAC.
Propuesta para el Estándar Nacional de Calidad del aire de Cadmio, Arsénico, Bismuto y Antimonio y Talio. Lima. Diciembre. 2006.

EFFECTOS DEL CADMIO EN LA SALUD HUMANA



Figura N° 1 Vías de exposición al Cadmio
(Fuente: www.atsdr.cdc.gov)

La absorción de cadmio en el cuerpo humano puede producirse mediante la exposición oral o la inhalación. Sin embargo, el cuerpo retiene una proporción mucho mayor de cadmio cuando este es inhalado. Los incrementos en la carga corporal de cadmio ocurren debido a la prolongada vida media de este metal en el cuerpo. Específicamente toma 30 años para que la mitad del cadmio absorbido sea excretado del cuerpo. La exposición crónica al cadmio se ha relacionado con la aparición de enfermedades coronarias y pulmonares (incluyendo cáncer al pulmón), supresión del sistema inmune y enfermedades al riñón e hígado.

Tanto para la población en general como para la población expuesta por motivos laborales, el riñón es el principal órgano en sufrir los efectos tóxicos del cadmio. Una señal temprana de problemas renales es la presencia de excesiva cantidad de proteína en la orina ("proteinuria"). Al incrementarse los niveles o el tiempo de exposición, se produce una excreción más pronunciada de proteínas con pesos moleculares más altos. Este tipo de proteinuria indica que se está produciendo un daño más severo en los riñones. Además de la menor reabsorción de proteínas, el daño glomerular y tubular también puede provocar una menor reabsorción de calcio, glucosa, aminoácidos, enzimas, fósforo y cobre; así como, la perturbación del metabolismo de la vitamina D (ATSDR, 1999).

FUENTES DE CADMIO

Una de las fuentes urbanas de cadmio es el acero tratado con cinc (*acero galvanizado*). La erosión de las superficies de acero galvanizado produce polvo urbano que contiene cinc y cadmio, aunque las concentraciones son muy bajas, la cantidad absoluta de cadmio es elevada.

La similitud entre el cinc y el cadmio es la causa que explica porqué éste último es acumulado en forma activa por las plantas, ya que el cinc es un nutriente esencial para ellas. La mayor parte de cadmio que los seres humanos ingerimos procede de los vegetales y granos presentes en nuestra dieta. Las personas fumadoras inhalan una dosis extra de cadmio debido a que este metal se concentra en las hojas del tabaco.

Una preocupación relacionada con el cadmio es su posible acumulación en terrenos agrícolas que puede originar elevados niveles de cadmio en los alimentos. El cadmio presente en los suelos procede de la deposición de partículas y de aplicación de fertilizantes comerciales, especialmente los fosfatos, donde el cadmio se encuentra presente en los minerales fosfatados.

Fuente: www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs

FOTOCATÁLISIS PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Elizabeth Deza Martí
(edezam@unmsm.edu.pe)

La depuración o detoxificación solar mediante fotocátalisis, consiste en el empleo de la energía solar para la eliminación de agentes contaminantes presentes en aguas residuales mediante el uso de un fotocatalizador adecuado. Este proceso utiliza la luz solar absorbida por un semiconductor en contacto con una disolución acuosa que contiene sustancias tóxicas, para provocar una reacción de oxidación-reducción muy enérgica de dichas sustancias, lo que provoca su eliminación del agua.



Foto Nº 3 Fotocatalizador piloto
(Fuente: www.cidia.ulpgc.es)

Este proceso catalítico heterogéneo tiene en la actualidad muchas aplicaciones en la detoxificación de aguas residuales, lo cual se puede explicar por la presencia de oxígeno como sustancia susceptible de reducirse (comburente), provocando la oxidación enérgica de materia orgánica presente en la disolución hasta CO_2 , es decir, haciendo posible su mineralización (oxidación) total. Por otra parte también puede, en presencia de alguna sustancia susceptible de oxidarse y cationes de metales pesados, reducir éstos hasta su forma metálica, fácil de separar de la disolución, mediante precipitación química.

No se debe olvidar que un requisito imprescindible para llevar al cabo el proceso es que los agentes contaminantes se encuentren disueltos, por lo que este proceso sólo podrá ser aplicado como tratamiento terciario (tratamiento avanzado).

APLICACIONES DE LA FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS

Las reacciones fotoquímicas para el control de la contaminación en ecosistemas acuáticos están recibiendo en los últimos años gran atención por parte de los investigadores. Las aguas marinas y continentales son consideradas como una mezcla compleja de materiales orgánicos e inorgánicos disueltos, así como, substratos biológicos y agregados coloidales; la exposición de ésta mezcla a la luz solar puede dar lugar a un conjunto de reacciones químicas y fenómenos físicos. En estos procesos, el Sol no solamente es la fuente de iluminación, sino también la energía que abastece la variedad de fotoreacciones en el medio ambiente. Las aguas naturales contienen partículas y coloides ambos de naturaleza orgánica, así como también inorgánica y especies minerales.

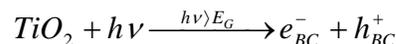
FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA FOTOCATÁLISIS

En la actualidad se están estudiando procesos de oxidación avanzada y que tienen la particularidad de operar en el rango de longitudes de onda del espectro solar: TiO_2 - $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ y Fe^{2+} - H_2O_2 .

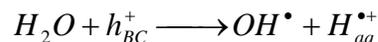
CASOS:

1.- FOTOCATÁLISIS SOLAR HETEROGÉNEA: $\text{TiO}_2 - \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$

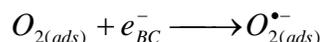
El proceso fotocatalítico se inicia con la iluminación de un semiconductor, en este caso TiO_2 , con luz ultravioleta de energía superior al "band-gap" (E_G) que origina pares de electrón-hueco:



La interacción de estas especies con adsorbatos de la superficie del sólido conducen a la formación de radicales OH, capaces de atacar y oxidar los compuestos orgánicos presentes en el agua:



La naturaleza redox del proceso fotocatalítico indica que la presencia de aceptores de electrones es fundamental, aumentando el tiempo de vida de los estados de oxidación y promoviendo la producción de radicales hidroxilo:



En el caso más sencillo, el oxígeno disuelto actúa como aceptor de electrones, aunque también se han utilizado oxidantes del tipo $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$, H_2O_2 , etc.

VENTAJAS DE DIÓXIDO DE TITANIO COMO FOTOCATALIZADOR

El dióxido de titanio es el semiconductor más empleado en la actualidad, dado que es un material que presenta una actividad fotocatalítica; es además extremadamente estable en suspensiones acuosas, con una velocidad de fotocorrosión muy baja. Su aplicación en procesos solares fotocatalíticos es debido a que adsorbe los fotones disponibles en el intervalo de longitudes de onda entre 300-400 nm (5% fotones disponibles).

Fuente: Deza Martí, Elizabeth. Degradación fotocatalítica del colorante orgánico Cibacron Navy H-2G con catalizadores TiO_2 y $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$. Tesis para optar el Título Profesional. Facultad de Química e Ingeniería Química. UNMSM. Lima. 2003.

TRATAMIENTO DE AGUAS DE LAVADO CONTENIENDO PLAGUICIDAS

El consumo de plaguicidas sintéticos (obtenidos industrialmente) sigue una tendencia creciente a nivel mundial, y en especial en los países en vías de desarrollos, a pesar de estar difundándose un conjunto de medidas alternativas que se conocen como Manejo Integrado de Plagas (MIP). Es importante anotar que existe una correlación, entre los mayores consumos de plaguicidas y la degradación de áreas hidrológicas muy vulnerables, lo cual se pone de manifiesto en la contaminación de los acuíferos ubicados en estas zonas. Otro problema que todavía no ha sido tratado a profundidad es el relacionado a la contaminación generada por los botaderos de envases de plaguicidas. Las aguas de lavado no sólo se generan luego del enjuague de los envases sino también en las instalaciones industriales que fabrican o formulan este tipo de agroquímicos.

En la actualidad, existen diversas técnicas de tratamiento de aguas residuales con residuos de plaguicidas, las cuales permitirían la eliminación de estos compuestos; entre estas técnicas se cuentan la oxidación con ozono, el tratamiento con H_2O_2/UV y la fotocatalisis solar heterogénea.

Fuente: Vidal A., Malato S., Blanco J. Procesos solares fotocatalíticos en el tratamiento de efluentes. Aplicación al tratamiento de aguas de lavado conteniendo plaguicidas. Ingeniería Química N° 386. Enero. 2002. Año XXXIV. Páginas 106-111

**En el Boletín N° 27 (Julio):
Declorinación de PCBs. Aluminio.
Ventajas del reciclaje (Análisis termodinámico). Armas Químicas.**

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: jloayzap@yahoo.es /

jloayzap@unmsm.edu.pe

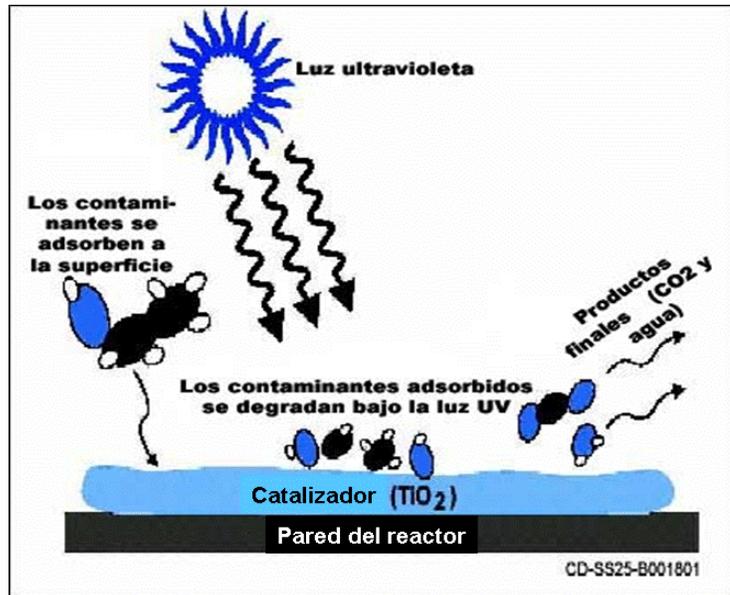
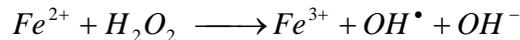


Figura N° 2 Fotocatalisis heterogénea

2.- REACCIÓN DE FOTO-FENTON: $Fe^{2+} - H_2O_2$.

En la reacción de Fenton tradicional el Fe^{2+} actúa como catalizador en la descomposición del H_2O_2 , dando lugar a la formación de radicales OH, que actúan como especies oxidantes:



En esta reacción los iones Fe^{3+} se van acumulando en el sistema a medida que los iones Fe^{2+} se consumen y la reacción finalmente se detiene.

En la reacción de foto-Fenton, se intenta soslayar este problema mediante la regeneración fotoquímica de los iones Fe^{2+} . En la fotorreducción del ión férrico, se genera de nuevo Fe^{2+} de acuerdo con la reacción:



Además, los radicales hidroxilos pueden ser utilizados en el proceso.

OTRAS APLICACIONES DE LA FOTOCATÁLISIS

- Reducción de los contaminantes orgánicos en las industrias textiles, pinturas y tintas.
- Destrucción de compuestos orgánicos volátiles –COV- (tricloroetileno, benceno, formaldehído, etc.)
- Desinfección de aguas (destrucción de bacterias y virus)
- Oxidación y reducción de N_2 , producción de NH_3
- Síntesis de nuevas sustancias
- Producción de electricidad (celdas fotoelectroquímicas)
- Degradación de fenoles

G. Jaramillo, J.A. Pabón y E. Gil Pavas de la Universidad EAFITT, Medellín (Colombia), han diseñado un proceso para la **Fotodegradación de fenoles en aguas residuales industriales**, documento que puede ser consultado en la Revista Ingeniería Química N° 386. Enero. 2002. Año XXXIV. Páginas 117-122.

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