



# BOLETÍN ELECTRÓNICO INFORMATIVO SOBRE PRODUCTOS Y RESIDUOS QUÍMICOS

Año 3 N° 31, Noviembre, 2007

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

El **Boletín Electrónico Informativo sobre Productos y Residuos Químicos** se publica mensualmente para proporcionar 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.

## ¿QUÉ HACER CON LOS PLAGUICIDAS OBSOLETOS?

### INTRODUCCIÓN

La existencia de "plaguicidas obsoletos" en muchos lugares de nuestro país y en otros países de América Latina y El Caribe, que han sido inadecuadamente almacenados, preocupan a los gobiernos y organizaciones internacionales, como la FAO, ya que estos ocasionan problemas reales y potenciales de contaminación del aire, del agua y del suelo, con importantes consecuencias para las poblaciones más vulnerables; es decir, las de menores recursos económicos. Es por ello que, en la actualidad se está buscando no sólo prevenir su generación, sino también controlar el impacto de los mismos. Los problemas relacionados a los "plaguicidas obsoletos", se presentan principalmente en los países en vías de desarrollo, y actualmente los países más afectados están en el África.



Foto N° 1 Plaguicidas obsoletos antes de ser eliminados. Yemén (Fuente: [www.fao.org](http://www.fao.org))

Los plaguicidas obsoletos son un conjunto de plaguicidas prohibidos, caducados y deteriorados que ya no pueden ser usados debido a que su disposición inadecuada y sus características toxicológicas y ecotoxicológicas los convierten en potencialmente peligrosos para la salud y el medio ambiente. Pero el peligro no radica sólo en las sustancias empleadas, sino en el almacenamiento de las mismas en sitios inadecuados y contenedores deteriorados de plaguicidas, que representan también graves riesgos para la población.

(Continúa en la Página 2)

## TOXICIDAD DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS (Segunda Parte) por Adriana Casabella (Argentina)

([adrianacasabella@yahoo.com.ar](mailto:adrianacasabella@yahoo.com.ar))

### Resumen (Primera Parte – Boletín N° 30)

En la primera parte de este artículo la autora hace una introducción al tema, indicando el objetivo de los plaguicidas, el caso de los plaguicidas organoclorados, sus ventajas iniciales y las desventajas actualmente comprobadas y analizadas. Se hace referencia a los efectos sobre el medio ambiente, tomando como base información científica contrastable.

### Segunda Parte

Tampoco la agricultura o la ganadería ecológicas se libran de estos plaguicidas. No los emplean, pero las tierras, el aire y las aguas pueden arrastrarlos. De hecho, no pocas aguas subterráneas del mundo tienen ciertos niveles de determinados herbicidas o de otros plaguicidas que los hacen no aptos para la ingesta humana. El hombre al consumir sus alimentos puede acumular estos productos tóxicos en su cuerpo llegando incluso a desarrollar alteraciones orgánicas y fisiológicas que detallaremos a continuación.

### Efectos sobre la salud humana

En 1948 se descubrió que el DDT se acumulaba indefinidamente en tejidos humanos, en 1970 varios estudios revelaron que se encontraba en la población normal de Estados Unidos, posteriormente se comprobó que esto también sucedía con otros insecticidas como hexaclorobenceno, diclorodifenildietano, heptacloro, aldrín y dieldrín.

En el ser humano estos insecticidas actúan como depresores del sistema nervioso central, si bien hay excepciones como el isómero gamma del hexaclorobenceno o Lindano que es estimulante, sus otros isómeros tienen efecto opuesto.

El DDT y sus metabolitos son los que más se acumulan en los tejidos. Las vidas medias de eliminación son prolongadas llegando a semanas o varios meses. Las intoxicaciones agudas se producen por vía digestiva, en forma accidental o con fines suicidas, o por vía cutánea por las fumigaciones agrícolas sin guardar las adecuadas medidas de seguridad. Aunque hay casos debidos al mal uso o reciclado de envases, y en menor proporción por no respetar los plazos de carencia de los vegetales tratados. Ha habido intoxicaciones masivas por contaminación de alimentos durante su transporte o acopio por el contacto con alguno de estos productos y también durante su fabricación, además se registraron intoxicaciones con lindano debido a su empleo en champús y lociones para el tratamiento de garrapatas y piojos. Una intoxicación aguda por uno o más plaguicidas por medio de los alimentos es infrecuente, pero no imposible.

En caso de intoxicación aguda por ingestión, los síntomas comienzan a los 30 minutos, primeramente con náuseas y vómitos y seguidos de cefalea y depresión o estimulación del sistema nervioso central, con aumento de la respuesta a los neurotransmisores, acompañado por cambio de conducta, trastornos sensoriales, depresión de los centros vitales (particularmente el centro de la respiración), vértigo, falta de orientación, debilidad, parestesias, espasmo muscular, temblores, convulsiones tónicas y clónicas (a menudo epileptiformes) que pueden terminar en secuelas permanentes y pérdida del conocimiento.

(Continúa en la Página 2)

### ¿A QUÉ PLAGUICIDAS SE LES DENOMINA “OBSOLETOS”?

La denominación de “plaguicidas obsoletos” incluye los siguientes productos:

1. Plaguicidas vencidos, es decir, aquellos que ya excedieron su fecha de expiración. También se les conoce como caducados. Generalmente un plaguicida, luego de su fecha de fabricación tiene dos años como fecha límite para ser usado.
2. Plaguicidas cuyo uso ha sido fuertemente restringido o prohibido. Pertenecen a esta categoría los plaguicidas COP – Contaminantes Orgánicos Persistentes- (por ejemplo, el endrín).
3. Plaguicidas sin identificación. Aquellos productos que durante su manejo – manipulación o almacenamiento- han perdido sus etiquetas, por lo que no es posible identificarlos.
4. Plaguicidas contaminados con otras sustancias. Son aquellos plaguicidas que por un inadecuado transporte, almacenamiento o manipulación, se ha alterado su composición por la presencia de agentes extraños.
5. Plaguicidas no deseados por sus poseedores, aunque estén en buenas condiciones. Son aquellos que fueron comprados en exceso y que no es posible devolverlos al proveedor.
6. Residuos de plaguicidas siniestrados. Son aquellos que se han deteriorado durante accidentes (por ejemplo, incendios), motivo por el cual han perdido sus propiedades.
7. Residuos de plaguicidas generados al momento de su fabricación o formulación. Son aquellos que se han originado por una manipulación o manejo inadecuado durante el proceso de producción o formulación en la planta industrial.
8. También se puede considerar dentro de esta categoría, a los materiales peligrosos (materiales contaminados con plaguicidas; por ejemplo, envases y embalajes).

Se produce la generación de plaguicidas obsoletos cuando estos han sido adquiridos sin tener en cuenta su utilización, de acuerdo al inventario de los mismos; pero existen otras razones, para lo cual se debe tener en cuenta:

- La responsabilidad del generador. El generador debe ser el responsable de los plaguicidas obsoletos y los daños sobre la salud y el medio ambiente que estos puedan producir.

(Continúa en la Página 3)

Los plaguicidas organoclorados más poderosos como convulsivantes son: lindano, endrín, dieldrín, clordano y heptacloro. También puede ocurrir aumento de la irritabilidad miocárdica y estipulación de la síntesis de enzimas hepáticas. Se debe tener en cuenta que el cuadro clínico puede variar en función a los efectos atribuibles a los disolventes orgánicos utilizados en la formulación, que añaden un mecanismo extra a su toxicidad intrínseca. Cuando la vía de penetración es la piel, pueden aparecer confusión mental y temblores, como únicos síntomas. Como elementos adicionales se observa disminución en la hemoglobina, aumento de la urea, leucocitosis moderada y alteraciones en el electrocardiograma.

Del intestino pasan a la vena porta y llegan al hígado donde son metabolizados. Son potentes inductores enzimáticos del sistema microsomal hepático. Experimentan un ciclo enterohepático, al excretarse por vía biliar pueden ser absorbidos a nivel intestinal, posibilitando una vida biológica mayor y efectos a largo plazo, se excretan por heces y leche, mientras por vía renal se eliminan metabolitos hidrosolubles. Así en el caso del lindano aparecen diversos metabolitos que se eliminan por vía renal en forma de conjugados glucurónicos, sulfatos, y fenoles libres. También inhiben la enzima citocromoxidasa que interviene en la respiración celular en los animales. Durante la fase aguda la sangre se sobresatura con plaguicidas inalterados, el hígado metaboliza una pequeña cantidad y la grasa secuestra gran parte de los compuestos inalterados y algunos de sus metabolitos. Se cree que la gran liposolubilidad de los organoclorados favorece su movimiento hacia el sistema nervioso, alterando la estructura miélica, hay un aumento de la excitabilidad de membrana, facilitando la transmisión del impulso nervioso. La acumulación de estos plaguicidas en el tejido adiposo impide que lleguen a sitios críticos del sistema nervioso y llegando a retenerlos durante mucho tiempo. Sin embargo cuando ocurre una movilización repentina de la grasa, como puede pasar en situaciones de estrés, enfermedad o simplemente por una dieta para adelgazar, estas sustancias se movilizan también pudiendo llegar a la sangre en una concentración suficiente como para causar síntomas de una intoxicación aguda.

La exposición crónica a estos productos sobreviene en aquellos trabajadores que los manipulan o transportan sin la protección adecuada y pueden absorberlos por vía inhalatoria y/o cutánea, aunque debido al uso indiscriminado durante tantos años, también la población humana ha estado expuesta a estos productos y sus metabolitos, con acumulación de los mismos en los tejidos grasos y sus consecuencias aún se desconocen en profundidad, estando la toxicidad a largo plazo en controversia y bajo exploración permanente. Para todos los seres humanos, la vía de ingreso principal es la dieta, fundamentalmente por medio de la carne y los productos lácteos.



**Foto N° 2 Trabajador manipulando plaguicidas sin la protección adecuada**  
(Fuente: [www.camara.cl](http://www.camara.cl))

En la intoxicación crónica puede ocurrir anorexia, pérdida de peso, dificultades respiratorias, desórdenes nerviosos, signos polineuríticos, discrasias sanguíneas, trastornos del ritmo cardíaco, alteraciones hepáticas y renales, lesiones oftalmológicas tales como conjuntivitis alérgica, blefaritis, angiopatía de la retina y también dermatitis de contacto. En el caso del Endrín puede desarrollarse sordera temporal y desorientación y en trabajadores con más de dos años de exposición al endosulfán se ha informado alteraciones cognitivas y emocionales, pérdida grave de la memoria, alteraciones de la coordinación visual motora e incapacidad para desarrollar su actividad habitual.

(Continúa en la Página 3)

- Los productores de plaguicidas deben manejar mecanismos de retorno, de tal forma que se hagan responsables por los envases vacíos y los residuos de los mismos.



**Foto N° 3 Un grupo de trabajadores eliminan plaguicidas no deseados (Fuente: www.fao.org)**

- Supervisar las donaciones de tal forma que los países sujetos de donación no sean utilizados por algunas organizaciones, instituciones o productores para deshacerse de sus existencias colocándolas en países en vías de desarrollo



**Foto N° 4 Vertedero de plaguicidas obsoletos en la aldea Arjo. Etiopía (Fuente: www.fao.org)**

### ELIMINACIÓN

En la mayoría de los casos, la eliminación de plaguicidas obsoletos, en los países en desarrollo, significa volver a envasar, transportar a Europa para su incineración en equipos de alta temperatura (especiales para los desechos tóxicos). Esta es una operación peligrosa, difícil y de administración compleja, que requiere de expertos y equipo apropiado. También es caro –los costos actuales oscilan entre 3.000 y 4.000 dólares por tonelada de residuo-. Se han considerado otras formas para la destrucción de los plaguicidas, incluyendo la incineración en los hornos de cemento locales, los incineradores móviles, tratamientos químicos con tecnología que deja un bajo volumen de residuos, o entierro controlado. Dichas prácticas son, en general, inseguras e inapropiadas y, en la mayoría de los casos, no estarían permitidas en los países desarrollados, en consideración a la salud y al medio ambiente. Las opciones de eliminación locales, deben implementarse solamente con la asesoría, la aprobación y la supervisión de expertos independientes y de las autoridades nacionales.

**Loayza Jorge, Informe Final. Estudio de investigación Sin/Sin. FQIQ. UNMSM. Lima. 2007**

La exposición crónica a concentraciones pequeñas pero continuadas pueden acabar generando problemas como mutaciones, cáncer o efectos similares al de algunas hormonas. Se han descrito casos de cáncer en animales de experimentación, lo que los hace sospechosos de provocar cáncer en el ser humano.

El Instituto Nacional del Cáncer (Estados Unidos) relacionó el heptacloro con tumores malignos en ratas y se trató de establecer un “riesgo de cáncer cero”, pero pronto se llegó a la conclusión que era inviable para el caso de los plaguicidas, y a finales de los años 80 se concluyó que el riesgo cero no resultaba práctico, y debía asumirse un “riesgo insignificante”, con los niveles máximos de residuos legalmente establecidos. En la práctica se considera como “insignificante” un caso adicional de cáncer por cada millón de personas expuestas.

Todos estos efectos, aunque persisten algunas dudas acerca de los mecanismos, se han asociado a la capacidad de estos compuestos de actuar como disruptores hormonales, especialmente en aquellos tipos de cáncer con dependencia hormonal como el cáncer de mama, testicular o de próstata. De hecho tanto el o,p'-DDT, como el o,p'-DDE, Metoxicloro, Kepone y Endosulfan son considerados disruptores endocrinos y aunque no hay datos consistentes al respecto se sospecha que están relacionados con una serie de patologías en las que el factor medioambiental está muy implicado. La pérdida de calidad del semen y el cambio forzado de sexo de algunos peces de ríos norteamericanos y europeos se atribuyen igualmente a estos compuestos. En todo este contexto, lo cierto es que aún hay muchas cosas que deben estudiarse ya que la exposición humana a organoclorados es algo relativamente nuevo.

La población infantil es la más vulnerable, está expuesta a ellos ya en el útero, porque atraviesan la barrera placentaria, y tras el nacimiento, se agrega el aporte procedente de la leche materna. Como durante el crecimiento los niños consumen más agua y alimentos que los adultos, la ingesta de productos contaminados los exponen al peligro de una intoxicación. En un estudio realizado por la Dra. Elizabeth Guillette entre los niños de la tribu Yaqui, en México, se comparó dos grupos de niños de entre cuatro y cinco años de edad, con antecedentes genéticos, sociales y culturales similares, pero con la importante diferencia que en un grupo se utilizaba plaguicidas en la agricultura regularmente y el otro tenía un sistema de agricultura libre de sustancias químicas. Se detectó plaguicidas organoclorados y otros en sangre de cordón y leche materna en la comunidad expuesta y este estudio reveló que cuando se pedía a los niños que dibujaran a una persona, los niños expuestos dibujaban círculos o líneas y no podían dibujar figuras parecidas a personas. Al volver dos años más tarde, Guillette observó que los niños expuestos tenían una mala coordinación oculomanual, bajos niveles de energía y una recuperación lenta después de una actividad física. Los niños expuestos también eran menos creativos en sus juegos. En conclusión, contaminantes como los plaguicidas organoclorados pueden actuar como neurotóxicos, es decir, pueden retardar o afectar el desarrollo del cerebro, y las habilidades motrices o del lenguaje.

Una llamada de atención es que se ha descubierto que en los jardines y prados de Estados Unidos se utiliza hasta 10 veces más plaguicidas que en la agricultura, los niños al jugar y en su casa estaban expuestos a los plaguicidas. En las comunidades agrícolas los niños corren un riesgo aún mayor, muchas veces colaboran en tareas de recolección y envasado y se ha descrito resultados más bajos en los estudios de coordinación y toma de decisiones.

(Continuará en el N° 32)

Sobre la autora:

**Adriana Noemí Casabella** es Licenciada en Análisis Clínicos; Bioquímica y Farmacéutica, egresada de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de Buenos Aires (UNBA). Actualmente es Profesora Adjunta en la cátedra Estudios Ambientales y en la cátedra Ecología y Medio Ambiente de la carrera Gerenciamiento Ambiental en la UCES. Cuenta con numerosos trabajos de investigación relacionados con plaguicidas organoclorados. Asesora técnica de diversas empresas químicas.

## PROYECTO BIOSOIL

La tecnología de **Biorremediación con Compostaje** se fundamenta en la **estimulación de la actividad biodegradadora** de las poblaciones microbianas presentes en un suelo contaminado, mediante la adición de un **compost, diseñado "a medida"** según las características y requerimientos de cada suelo contaminado a tratar y **enriquecido en poblaciones microbianas degradadoras** de los contaminantes presentes en dicho suelo. Los microorganismos degradadores presentes en suelos altamente contaminados suelen desarrollar mecanismos reguladores genéticos que responden a la presencia o ausencia de determinados compuestos contaminantes, teniendo muchos de ellos la capacidad de utilizar los propios contaminantes como fuente de carbono. Sin embargo, los suelos contaminados suelen tener una actividad microbiana baja, básicamente debido a la falta de condiciones ambientales favorables, como la baja concentración de materia orgánica, oxígeno, nitrógeno y/o fósforo, etc. Así, la adición, durante el proceso de **tratamiento on-site** de los suelos contaminados, de composts diseñados "a medida", enriquecidos en poblaciones microbianas biodegradadoras y con un alto porcentaje de materia orgánica biodegradable, provocará un aumento de la capacidad biorremediadora intrínseca de cada suelo contaminado, acelerando así el proceso de recuperación del emplazamiento.



Figura N° 1 Biorremediación con compostaje  
(Fuente: <http://www.lifebiosoil.com>)

Otras tecnologías de remediación están basadas en la inoculación de microorganismos exógenos, siendo extremadamente dificultosa la adaptabilidad de estos microorganismos a un medio tan hostil como es un suelo contaminado.

Para mayor información dirigirse a:  
Idoia Unzueta: [idoia@inkoa.com](mailto:idoia@inkoa.com) /  
[lifebiosoil@inkoa.com](mailto:lifebiosoil@inkoa.com)

## BIORREMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS UTILIZANDO BACTERIAS ANTÁRTICAS SICROTOLERANTES (\*)

El tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos es esencial para mantener la calidad del medio ambiente. Debido a limitaciones en los recursos, los procesos de limpieza son prohibitivos y en regiones de clima frío como la Antártida, los costos se incrementan debido al difícil acceso para la maquinaria pesada y la falta de infraestructura (Reynolds y col. 1997). El uso de los hidrocarburos, en las regiones de clima frío, para la generación de electricidad, calor y movimiento de vehículos, generan una infinidad de pequeños o medianos derrames, a esto contribuye la necesidad de transportar estos combustibles, con el riesgo potencial que esta actividad implica. El problema planteado hace indispensable la aplicación de tratamientos de bajo costo que sean logísticamente posibles. La biorremediación es un método efectivo para mejorar la degradación de contaminantes en el suelo. La temperatura es un factor limitante de estos procesos, por lo que resulta adecuado el uso de bacterias psicrotolerantes (Whyte y col. 2001). Se ha propuesto a la biomagnificación como la estrategia más efectiva (Collerman 1997, Coulon y Delille 2003, Cuninghame y Philp 2000); sin embargo, la optimización de factores físicos y/o químicos del suelo contaminado mejora la actividad degradadora de la microflora autóctona, haciendo innecesaria la aplicación de técnicas de biomagnificación (Ruberto y col. 2003). En áreas de clima frío se hace indispensable el uso de microorganismos autóctonos.

### METODOLOGÍA

Los ensayos se realizan en diferentes escalas: microcosmos (Duarte da Cunha y Ferreyra, 2000) de 0.25 kg en frascos, microcosmos de 3 kg en bandejas y parcelas de 50 kg de suelo, todos expuestos a las condiciones ambientales antárticas. El suelo se tomó de la capa superficial (bases Jubany y Marambio), hasta los 20 cm de profundidad. Los ensayos de contaminación aguda se realizaron utilizando suelos de las mismas áreas y contaminándolos con diferentes hidrocarburos puros o mezclas complejas según el objetivo de cada ensayo. En los sistemas de biomagnificación, se utilizaron como inóculo, cepas y consorcios bacterianos psicrotolerantes aislados de suelos con historia de contaminación con Gas Oil y/o JP1 provenientes de las bases antes indicadas. Se utilizaron las siguientes cepas: ADH (*Rhodococcus* sp.), DM1-41 (*Stenotrophomonas maltophilia*), MP2-4 (*Stenotrophomonas* sp.), M10dp (*Pseudomonas* sp.) y los consorcios bacterianos M10 y J13. Todas las cepas y consorcios tienen capacidad para utilizar distintos hidrocarburos (alifáticos y aromáticos) como única fuente de carbono y energía (Bej y col. 2000; Mac Cormack, 1999, Margesin y Schinner 1997). Se evaluó la desaparición abiótica de hidrocarburos, la respuesta de la microflora autóctona a la presencia de los contaminantes (Aislabe y col. 2001), el efecto de la bioestimulación con N y P y la biomagnificación con cepas y consorcios de bacterias psicrotolerantes con capacidad degradadora de hidrocarburos conocida. Se realizaron recuentos en placa de microorganismos viables, concentración de hidrocarburos totales por espectroscopia infrarroja (IR) y análisis cualitativo y cuantitativo de hidrocarburos por cromatografía gaseosa y espectrometría de masa (MS-GC).

Considerando los resultados obtenidos y la factibilidad tanto logística como económica, puede considerarse a la biorremediación como la estrategia más adecuada para la eliminación de suelos antárticos contaminados con hidrocarburos del petróleo.

Fuente: [www.dna.gov.ar](http://www.dna.gov.ar)

(\*) Para mayor información contactar con los autores del artículo: Lucas Ruberto ([lruberto@ffyb.uba.ar](mailto:lruberto@ffyb.uba.ar)), Susana Vázquez ([svazquez@ffyb.uba.ar](mailto:svazquez@ffyb.uba.ar)), Alfredo Lo Balbo ([lbalbo55@hotmail.com](mailto:lbalbo55@hotmail.com)) y Walter Mac Cormack ([wmac@ffyb.uba.ar](mailto:wmac@ffyb.uba.ar))

### En el próximo número (Boletín N° 32):

Toxicología de plaguicidas organoclorados (Tercera Parte). Remediación física de suelos contaminados. Seguridad en el laboratorio: La importancia del funcionamiento adecuado de las campanas extractoras.

### 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](mailto:jeloayzap@yahoo.es) / [jloayzap@unmsm.edu.pe](mailto:jloayzap@unmsm.edu.pe)

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