

## **CAPÍTULO 4**

### **ANTECEDENTES**

Los plaguicidas son sustancias de origen químico, desarrolladas con el propósito de eliminar, ahuyentar, controlar o detener el desarrollo de plagas de cualquier tipo. Es bien sabido que las plagas son organismos dañinos responsables de transmitir algunas enfermedades, así mismo son capaces de disputar por alimentos, afectando producciones agrícolas y repercutiendo en las mismas actividades económicas (Olivera y Rodríguez, 1999).

Sin embargo, con el paso de los años, el uso intensivo de plaguicidas ha provocado una saturación de remanentes químicos en sitios destinados a la agricultura. Es precisamente debido a la fácil dispersión y al uso indiscriminado de estos, que trabajos de investigación sobre el tema han aumentado de forma importante (Alegría et al., 2006).

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) expone en trabajos de investigación que, del total de los plaguicidas utilizados en la agricultura, solamente el 1% del principio activo que los caracteriza, llega a los cultivos con eficiencia, logrando así controlar o eliminar la plaga. El resto de ellos se distribuye en el suelo, filtrándose a través de él hacia aguas freáticas, o directamente hacia cursos de agua como ríos, arroyos, lagos, pozos, entre otros (Mata et al., 2002).

A pesar de las propiedades dañinas para el medio ambiente, la producción y el uso de plaguicidas han aumentado en años recientes, principalmente en países de vías de desarrollo, en los cuales se estima que el consumo de plaguicidas es de más del 70% del total mundial producido (Bandala et al., 2006).

En México se han empleado plaguicidas, principalmente de tipo organoclorado, no sólo para la agricultura, sino también para combatir brotes de malaria y otras enfermedades contagiosas (Wong et al., 2008). De la misma manera, México ocupa el sexto lugar mundial en el uso del plaguicida DDT (dicloro-difenil-tricloroetano), con cerca de 250 mil toneladas de DDT de 1947 al año 2000 (Li y MacDonald, 2005).

Para dar una idea del incremento en el uso de plaguicidas en México, se tienen datos que demuestran que tan sólo en el año 1995 se consumieron cerca de 16 400 toneladas de plaguicidas. Para el año de 1999, el uso de éstos fue de más de 23 300 toneladas, un aumento en el consumo de más del 40% en tan sólo cuatro años (Santacruz et al., 2005).

El plaguicida 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), es considerado el plaguicida de mayor volumen de uso para fines agrícolas en territorio mexicano (Lira et al., 2000). Este plaguicida; 2,4-D, ha sido ampliamente utilizado en nuestro país desde 1993 para el control y eliminación de malezas de hoja ancha en diversos cultivos así como también en el control de malezas acuáticas. En Estados Unidos este plaguicida ocupa el sexto lugar en con un uso estimado de cerca de 18 mil 200 toneladas para el año 2003 (Beyond Pesticides, 2004).

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) en Estados Unidos en un comunicado concluyó que a la fecha no existen datos suficientes que apoyen la afirmación que el cáncer humano esté ligado a una exposición con 2,4-D. A pesar de esto, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) se ha encargado de clasificar al 2,4-D entre los herbicidas de tipo fenoxiácidos como de clase carcinógena 2B, la cual indica ser posiblemente carcinógeno en humanos (IARC, 1987).

Es por su disponibilidad y uso común que el 2,4-D es considerado uno de los plaguicidas más dispersos en nuestro país, convirtiéndolo en un riesgo de carácter ambiental ya que no sólo contamina el suelo, sino que también propicia la contaminación de aguas freáticas por infiltración (Zobrist et al., 2000). Debido al daño que los plaguicidas provocan en el ambiente, es que la restauración de sitios contaminados ha sido un área de mucho interés en numerosos proyectos de investigación.

Por esta problemática, se han desarrollado diversos procesos de tratamiento para la restauración de suelos contaminados por plaguicidas (Mata et al., 2000). Sin embargo la eficiencia en la remoción de contaminantes en cualquier proceso de restauración, se verá limitado por la baja solubilidad de los compuestos orgánicos hidrofóbicos (HOC por sus siglas en inglés).

En trabajos recientes se ha evaluado el efecto que tiene el incremento en la solubilidad de los HOCs, con la ayuda del proceso de mejoramiento de suelos mediante lavado con surfactantes. Esta metodología, ha sido utilizada con mucha eficiencia en la restauración de suelos con altas concentraciones de HOCs, tales como diesel, gasolina,

crudo y muchas otras fracciones de hidrocarburos muy comunes en zonas de exploración y explotación de crudo (Torres et al., 2007).

Sin embargo, además de los derivados del crudo, otros compuestos han sido eliminados a través de esta metodología. Iglesias-Jiménez et al. (1996), publicaron datos de suma importancia referente a la adsorción de plaguicidas en sistemas suelo-agua en presencia de los surfactantes, TW80 y TDTMA (Tetradecil trimetil amonio bromuro). Los plaguicidas que fueron estudiados fueron  $^{14}\text{C}$ -diazinon, acefato, atrazina y ethofumesate, el suelo empleado fue una arena arcillosa.

Otro informe similar fue el publicado por Beigel et al. (1998), informando sobre la desorción que presenta un suelo sometido a concentraciones bajas de surfactantes aniónicos y no-iónicos en presencia del fungicida triconazol. Di Palma (2002) empleó métodos de restauración *in situ* para el proceso de mejoramiento de suelos contaminados por plaguicidas organofosforados. Estos autores usaron el método de enjuague e hidrólisis, así mismo fueron empleadas soluciones de etanol, con la intención de remover el plaguicida empleado (fosalon) para contaminar de manera artificial el suelo utilizado.

Así mismo, Sánchez-Martín et al. (2003) informaron sobre la desorción de linurón del suelo al agua, mediante el uso de surfactantes de tipo aniónico. Jayashree et al. (2006), desarrollaron trabajos de investigación sobre el mejoramiento de suelos contaminados con el plaguicida endosulfan, con la ayuda de surfactantes como el Tween80, Tritón X-100 y surfactín.

Investigaciones más recientes de Wang y Keller (2008) pusieron a prueba la adsorción y la desorción de dos plaguicidas específicos (atrazina y diurón) montando un método agua-suelo-surfactante de tipo no iónico. Demostraron que en el desarrollo de este método, la sorción y desorción dependen del tamaño de las partículas de suelo utilizado.

En ese mismo año, Cao y Yang (2008) realizaron un informe en el cual se mostraron resultados contundentes para el proceso de restauración de suelos contaminados con plaguicidas por medio de lavado de suelos con surfactantes, el herbicida utilizado como contaminante fue el prometyne y el surfactante empleado como agente de remoción fue el Tritón X-100, obteniendo resultados de entre 35.8 y 86.8% de remoción.

Existen trabajos de investigación orientados a explicar todos los mecanismos relacionados en sistemas de suelo-agua-surfactante y en los procesos de mejoramiento de suelos mediante el método de lavado con la ayuda de surfactantes. Chu y Chan (2003) propusieron un método de remoción de contaminantes hidrofóbicos y parcialmente hidrofóbicos incluyendo plaguicidas tales como el DDD, DDT, HCB, 2,4,6-triclorofenol, atrazina y 2,4-D, el método empleado fue el de lavado de suelos con la ayuda de surfactantes.