

Características del suelo y aplicación de FITOSANITARIOS



Por: Caridad Calero Castillo*

La producción de un cultivo puede verse seriamente afectada por la interferencia de múltiples organismos vivos (insectos, hongos, nematodos, malas hierbas, etc.), por lo que los beneficios de la utilización de productos fitosanitarios como métodos de protección de los cultivos y del hombre (han ayudado a combatir enfermedades como el paludismo y la fiebre amarilla) son innegables; estos productos han pasado a ser un factor de producción integrante de la mayoría de los sistemas agrícolas en los países desarrollados.

No obstante, tras los espectaculares resultados obtenidos al comienzo de su empleo, aparecieron problemas ya que la aplicación masiva e indiscriminada de estos productos tenía y sigue teniendo consecuencias negativas sobre la salud humana, el medio ambiente y la efectividad del producto. Aún hoy se siguen empleando los plaguicidas de forma inadecuada, aplicando dosis mayores de las necesarias, empleando sustancias que no son siempre las más idóneas e incluso utilizando formas de aplicación incorrectas.

Este artículo pretende mostrar como las características de un suelo sobre el cual se aplica un producto fitosanitario son un factor clave a la hora de analizar el riesgo de contaminación de aguas subterráneas, y debería ser uno de los pilares en la aplicación racional de los diferentes productos autorizados hoy en día.

COMPORTAMIENTO DE LOS FITOSANITARIOS EN EL SUELO

La mayor parte de los fitosanitarios, una vez aplicados, sufren procesos de degradación que conducen a la formación de nuevos productos en ocasiones más móviles, persistentes y peligrosos que los compuestos de partida. Por tanto resulta necesario entender los mecanismos que determinan el comportamiento de estos agroquímicos y su degradación en el suelo, así como el paso de un compartimento a otro (básicamente suelo - agua).

Una vez aplicado, el producto puede tener varios destinos, que van a estar muy relacionados con las cualidades del suelo donde se ha aplicado y las características propias del producto. A grandes rasgos se podría decir que pueden permanecer un tiempo en el suelo y luego pueden perderse, por volatilización del producto o bien por lixiviación hacia capas freáticas, de esto ultimo tratará el segundo apartado.

Mientras está en las capas superficiales del suelo, el fitosanitario puede retenerse si es absorbido por la planta o si es captado por las arcillas o la materia orgánica del suelo, lo que se denomina mecanismo de **adsorción**, que resulta fundamental para la de retención de agroquímicos en el suelo. También pueden ser degradados, como se ha dicho antes, para producir subproductos más móviles y tóxicos, lo que constituye un factor de riesgo para las aguas subterráneas. Por esta razón en este apartado se tratará sobre este proceso.

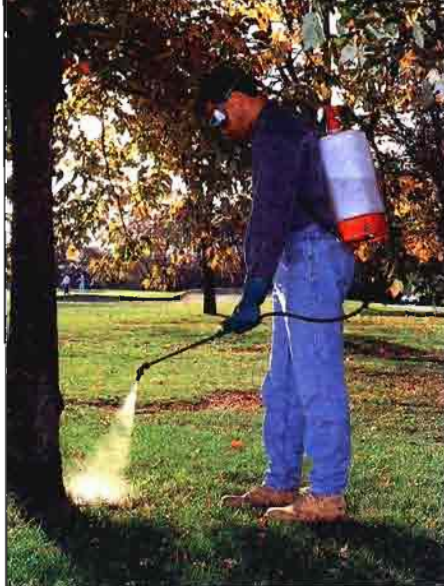
Los procesos de **degradación** pueden ser no biológicos o biológicos. De los primeros cabe destacar la oxidación, la hidrólisis (degradación rápida que puede presentar riesgos de contaminación de capas freáticas poco profundas) y fotooxidación. El proceso de degradación biológico se lleva a cabo principalmente vía microorganismos. A pesar de que la degradación microbiana es el proceso más importante de degradación de los pesticidas, se ha prestado más atención a los procesos químicos, posiblemente por ser más fáciles de investigar en campo.

Es importante distinguir la degradación de un pesticida en el campo, donde se producen varios de los mecanismos de degradación de forma simultánea y existen interacciones entre los distintos agentes degradantes, de la obtenida en ensayos de laboratorio bajo condiciones rigurosamente controladas y estudiando un único proceso.

La cinética de degradación de los fitosanitarios se ve afectada por :

- a) La cantidad de producto y la accesibilidad a este del sistema que lo va a degradar, relacionada con su capacidad de adsorción y de disolución.
- b) Presencia de microorganismos o sistemas enzimáticos capaces de degradarlos.
- c) Nivel de actividad de los microorganismos. Este se ve afectado, a su vez por las condiciones fisico-químicas del suelo (pH, potencial redox, T°, humedad, etc) que, evidentemente, afectan a la degradación química.

(*) Bióloga



En el diseño de nuevos productos se considera la dualidad persistencia-degradación. La primera asegura su efectividad y la segunda evita problemas posteriores debidos a su acumulación.

La persistencia se suele medir en términos de DT_{50} , que es la vida media del producto (tiempo de desaparición del 50%). Esta vida media tiene un valor relativo, ya que depende de las condiciones del medio y del manejo. Se considera larga si DT_{50} es superior a seis meses. Evidentemente, el riesgo de contaminación aumenta al hacerlo la resistencia del producto.

La persistencia de un producto más allá del tiempo necesario para acabar con el organismo objetivo se considera una característica no deseable ya que su uso continuado podría provocar acumulación de residuos hasta niveles potencialmente tóxicos. Esto afectaría a la fertilidad del suelo y al medio

ambiente. Los pesticidas organoclorados (DT_{50} de 2 a 5 años), como el DDT, han llegado a producir problemas, por lo que se sustituyeron por los organofosforados (DT_{50} de 1 a 12 semanas).

TRANSPORTE DE PESTICIDAS A AGUAS SUBTERRANEAS

El movimiento de los fitosanitarios a las aguas subterráneas viene condicionado por las características intrínsecas de los productos, las cualidades del suelo, que es lo que aquí interesa, así como las condiciones climatológicas y ambientales, la topografía y los métodos y condiciones de aplicación.

- El contenido y la composición de las arcillas, afecta al transporte, dada su alta capacidad de adsorción. Es también importante el efecto de desorción (o efecto liberador).

- El contenido en materia orgánica influye en dos sentidos a la cantidad de plaguicidas que alcanzan las aguas subterráneas. Por un lado la materia orgánica es fuente de energía para los microorganismos por lo que al aumentarse ésta, aumenta la bioactividad y consecuentemente la biodegradación de los mismos. Esta relación no siempre tiene porque cumplirse ya que depende mucho de la relación metabólica de los microorganismos presentes en el suelo con la materia orgánica y los pesticidas como fuentes de energía y/o poder reductor. Por otra parte la adsorción de los plaguicidas aumenta con el contenido en materia orgánica (300 m.equiv/100gr para los ácidos fúlvicos y 600 m.equiv/100gr para los ácidos húmicos). Debe señalarse que en algunos grupos de plaguicidas, al disminuir el pH del medio, disminuye la adsorción de los mismos a la materia orgánica del suelo.

- Características físicas del suelo como **textura, estructura, porosidad y densidad aparente**: La textura es una expresión sintética de las características del suelo dependiente del tamaño de las partículas como son la estructura, porosidad y densidad.

- La percolación de los plaguicidas está fuertemente influenciada por la **estructura** del suelo, siendo mayor en los suelos arenosos que en los arcillosos.

- La **porosidad eficaz** (cantidad de poros

interconectados) es determinante en el transporte de plaguicidas, ya que suelos con porosidad eficaz alta, como los arenosos que, al formar macroporos, permiten un transporte más rápido mientras que los suelos arcillosos forman microporos que ralentizan el transporte en profundidad. Estrechamente ligado a la porosidad eficaz está la permeabilidad del terreno, factor que más influye en el transporte de plaguicidas. Cabe destacar la existencia de heterogeneidades en el subsuelo, ya que capas con distinta permeabilidad pueden producir movimientos laterales del agua.

- Los cambios en la **densidad aparente** de un suelo afectan al movimiento de plaguicidas a su través. Es baja en suelos recientemente arados y alta en suelos que han sido compactados. Como la densidad aumenta con la profundidad en la mayoría de los suelos agrícolas el movimiento del fitosanitario se irá retardando en el perfil.

- La presencia de **vegetación** en la superficie y las modificaciones de **temperatura y humedad** en el suelo que esta implica son también factores importantes. En primer lugar la rizosfera constituye un "refugio" para los microorganismos además de aportar exudaciones y los restos de raíces muertas como nutrientes en lo que es la zona más aireada del suelo. Todo esto facilita un metabolismo más que conduce a una rápida mineralización de los plaguicidas

- La presencia de una cubierta vegetal implica una disminución de la energía luminosa que llega al suelo, lo que limita la tasa de fotodegradación. También actúa como un aislante, haciendo que los suelos con cubierta vegetal sean de 2 a 10 °C más fríos, lo que implica una menor volatilización y actividad microbiana por lo que el compuesto químico permanecerá más tiempo íntegro en el suelo

- La **humedad** del suelo, favorecida por una cubierta vegetal que impida el paso del vapor de agua al aire tiene gran importancia, ya que incide en varios procesos:

- Adsorción: cuando la humedad es pequeña los compuestos cristalizan y la adsorción es reducida. Al aumentar la humedad, la adsorción se incrementa ya que la mayoría de los plaguicidas son adsorbidos en fase líquida.

- Actividad microbiana: Esta se desarrolla en condiciones óptimas cuando existe en el suelo un 60 % de agua (respecto a la reserva).

- Procesos de degradación química: un suelo saturado en agua posee condiciones anaero-

bias, por lo que los compuestos se degradan mucho peor. Una importante excepción es el DDT, que se degrada mucho mejor en condiciones anaerobias, lo que puede explicar su alta persistencia.

- El **pH**: la influencia del pH edáfico dependerá de la naturaleza de los compuestos y el tipo de los enlaces involucrados en la adsorción. Esta influencia es menor al aumentar las entradas de agua al suelo. Hay que tener en cuenta que las prácticas agrícolas modifican el pH del suelo, especialmente en su superficie.

CONCLUSIONES. RECOMENDACIONES DE USO DE FITOTASINARIOS

Para terminar, se incluyen algunas recomendaciones basadas en puntos comentados en este artículo para evitar la contaminación difusa de aguas subterráneas:

- Considerar las características físicas del suelo a la hora de elegir el tipo de producto y su método de aplicación. Por ejemplo, en cultivos bajo invernaderos sobre sustrato arenoso, como los existentes en Almería, el suelo tiene muy poca capacidad de fijación y apenas se le proporciona materia orgánica que cumpla esa función, y donde se utilizan una gran cantidad de estos productos el altísimo riesgo de contaminación de aguas sólo se podrían paliar con eficientes sistemas de aplicación del fitosanitario y de riego y el control integrado de plagas.

- Favorecer la presencia de materia orgánica en el suelo como mecanismo de fijación de fitosanitarios en el suelo. La cubierta vegetal muerta de cultivos anteriores podría actuar como regulador de la temperatura y humedad, con los efectos positivos vistos anteriormente. Esta práctica se lleva a cabo en el Laboreo de Conservación.

Otras recomendaciones interesantes serían:

- Uso de plaguicidas degradables que generen residuos inocuos, selectivos y poco tóxicos (como los piretroides).

- Utilización de arcillas al fumigar, para que el producto se deposite en el lugar de aplicación y sea retenido por el suelo.

- Evitar el monocultivo en una región y favorecer la rotación de cultivos para no favorecer el crecimiento de plagas determinadas, capaces de desarrollar resistencia con lo que se evitaría tener que aplicar más dosis de fitosanitario de las necesarias.

- La utilización de variedades de plantas modificadas genéticamente se ha vendido como alternativa a la utilización masiva de fitosanitarios, pero no lo considero aconsejable en cuanto puede alterar el equilibrio de los ecosistemas.

BIBLIOGRAFÍA

- ITGE. 1992. *Las aguas subterráneas y los plaguicidas*. De. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Madrid.
- Porta, J.; Lopez Acevedo, M. y Roquero, C. 1994. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- FAO. 1985. *Revised guidelines on environmental criteria for the registration of pesticides*. Rome.