



FACULTAD DE FARMACIA
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

TRABAJO FIN DE GRADO

***EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE FITOSANITARIOS EN EL SUELO.
MEDIDAS PARA EVITAR LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL.***

Autor: Ángela Ramos Álvarez

D.N.I.: 04853152-Z

Tutor: María Teresa de la Cruz Caravaca

Convocatoria: Febrero 2016

INDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN	PÁG. 3
2. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES	PÁG. 3
3. OBJETIVOS	PÁG. 6
4. MATERIAL Y METODOS	PÁG. 7
5. RESULTADOS Y DISCUSION	PÁG. 8
5.1. ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE LOS PRINCIPALES FITOTERÁPICOS Y SUS EFECTOS	PÁG. 8
5.2. INTERACCIONES EN EL SUELO	PÁG. 11
5.3. DESEQUILIBRIOS	PÁG. 14
5.4. ACTUACIONES NECESARIAS PARA EVITAR PROCESOS DE DEGRADACIÓN AMBIENTAL	PÁG. 16
6. CONCLUSIONES	PÁG. 18
7. BIBLIOGRAFÍA	PÁG. 19

1. RESUMEN

En este trabajo se revisan los efectos que provocan los fitosanitarios en el suelo ya que el suelo es uno de los recursos naturales más importantes donde se realizan funciones fundamentales para el desarrollo de la vida. Debido al gran aumento del uso de fitosanitarios en la actualidad, se estudian los procesos de transformación que se producen al ponerse en contacto con el suelo durante su uso; estos procesos dependen de las características químicas y físicas de ambos. El proceso de transformación más importante es la adsorción, ya que este determina la persistencia del fitosanitario en el suelo e influye en su degradación. Por sus características de toxicidad, los fitosanitarios al establecer contacto con el suelo, llevan a cabo interacciones que en su mayoría resultan ser negativas, afectando así al suelo y al resto de componentes del entorno en contacto con él. Por lo tanto, el uso de fitosanitarios requiere del estudio previo del lugar de uso y del fitosanitario a usar; y así, conocer el comportamiento del mismo y las consecuencias que podría causar en el suelo para poder valorar si es conveniente tratar de buscar otras alternativas a ese uso concreto del fitosanitario para evitar una futura degradación del suelo.

2. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El suelo es uno de los recursos naturales más importantes ya que tiene funciones esenciales en la naturaleza de carácter medioambiental, ecológico, económico, social y cultural. Sin embargo, de todas estas, las actividades sociales y económicas ejercen una sobreutilización del mismo por actividades como la agricultura y ganadería principalmente, que pueden llegar a afectarlo irreversiblemente; por tanto, debemos considerarlo como un recurso altamente vulnerable, siendo nuestra responsabilidad fomentar su conservación (Silva y Correa, 2009).

El suelo es capaz de proporcionar los nutrientes, el agua y el soporte físico necesarios para el crecimiento vegetal y la producción de biomasa en general, desempeñando un papel fundamental como fuente de alimentación para los seres vivos. Se caracteriza por ser un componente esencial del ciclo hidrológico, actuando como elemento distribuidor de las aguas superficiales y contribuyendo al almacenaje y recarga de las aguas subterráneas. A través de su poder de amortiguación o desactivación natural de la

contaminación; es capaz de filtrar, almacenar, degradar, neutralizar e inmovilizar sustancias orgánicas e inorgánicas tóxicas, impidiendo que alcancen las aguas subterráneas y el aire o que entren en la cadena alimenticia. Además, es el hábitat natural biológico de muchos organismos de todo tipo y constituye un elemento de reserva genética, sin olvidar que sirve de plataforma para el desarrollo de las actividades humanas como soporte de la estructura socioeconómica, por ser fuente de materias primas entre otros muchos usos, y forma parte del paisaje y del patrimonio cultural.

El suelo tiene una estructura muy compleja y en él se llevan a cabo miles de reacciones químicas que permiten la existencia de estas funciones. Por ello, es indispensable revisar cuales son las interacciones que se producen por el uso de productos fitosanitarios debido a su composición química y el elevado volumen que se produce ya que podrían ser capaces de desestabilizar gran parte de los ciclos biogeoquímicos que se establecen en el suelo.

El acelerado incremento del índice demográfico ha obligado a incrementar el uso de productos fitosanitarios mundialmente. Esto es así ya que los fitosanitarios están directamente ligados a la producción de alimentos; como consecuencia de la línea que sigue la agricultura clásica que mantiene la creencia de que “la obtención de la cantidad adecuada de alimentos requiere el uso de plaguicidas para alcanzar y mantener un equilibrio entre las especies vegetales deseadas y sus competidores.” (M. J. Sánchez Martín y M. Sánchez Camazano, 1984) . Los insectos, enfermedades o malezas actúan como factor limitante en la producción agrícola; además su inesperado desarrollo masivo en forma de plaga puede, en pocas horas, destruir cultivos o cosechas completas. Las plagas constituyen un permanente riesgo latente y han sido un hecho recurrente en la historia de la agricultura que implica pérdidas calculadas en 90 mil millones de dólares.

Las ventas de productos agroquímicos aumentaron mundialmente a partir del desarrollo de la industria moderna en la década de 1940 con un aumento aproximado del 10% anual. En 1981 las ventas, incluyendo usos no agrícolas, ascendieron a 17.500 millones de dólares en todo el mundo, de los cuales unos 14.000 millones correspondieron a productos fitosanitarios. Dos tercios de estas ventas se realizaron en zonas de

agricultura intensiva de Europa Occidental, Norteamérica y Japón (M. J. Sánchez Martín y M. Sánchez Camazano,1984).

La Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU (EPA) en 1998 tenía en sus registros 620 ingredientes activos, de los cuales se elaboraban 20.000 distintos productos químicos, formados de sustancias orgánicas e ingredientes inertes tóxicos. En la actualidad toneladas de productos químicos destinados principalmente para la agricultura se fabrican y se comercializan alrededor del mundo. En España el uso de fitosanitarios durante el año 2013 ha supuesto un total de 17519 toneladas.

PRINCIPALES CATEGORIAS DE SUSTANCIAS QUÍMICAS	
FUNGICIDAS Y BACTERICIDAS	Toneladas
Inorgánicos	26.911
Carbamatos y Ditiocarbamatos	2.928
Benzimidazoles	146
Imidazoles y Triazoles	334
Morfolinas	25
Biológicos	7
Otros y no clasificados	2.049
TOTAL	32.400
HERBICIDAS	Toneladas
Fenoxifitohormonas	1.338
Triazinas y Triazinonas	335
Amidas y Anilidas	969
Carbamatos y Bicarbamatos	20
Derivados de Dinitroanilina	396
Urea y Uracilo	817
Otros y no clasificados	10.844
TOTAL	14.719
INSECTICIDAS Y ACARICIDAS	Toneladas
Piretroides	179
Carbamatos y Oximacarbamatos	55
Organofosfatos	2.162
Basados en productos en biológicos y botánicos	87
Otros y no clasificados	4.426
TOTAL	6.909
MOLUSQUICIDAS, REGULADORES DE CRECIMIENTO Y OTROS	Toneladas
Molusquicidas	88
Reguladores del Crecimiento	169
Otros productos protectores	17.262
TOTAL	17.519

Tabla 1. Cantidad (Tm.) de sustancias activas comercializadas en 2013 por categoría de sustancias. Magrama (<http://www.magrama.gob.es/>).

Debido al uso de productos fitosanitarios en tan grandes cantidades podrían estar desencadenándose, no solo desequilibrios que afecten a la agricultura, por afectar directamente al suelo, sino desequilibrios que repercuten directamente sobre el ser humano debido a sus características químicas como sustancias activas tóxicas. El manejo de estos compuestos lleva consigo unos riesgos de intoxicación que deben ser tenidos en cuenta por las personas que los manipulan y aplican. Sin embargo, en la mayoría de casos son empleados por los agricultores sin especificaciones técnicas ni dosis reguladas; aunque la regulación del uso de fitosanitarios se haya visto aumentada estos últimos años. Existen numerosos casos debidos al uso de fitosanitarios que posteriormente afectan al ser humano, como ejemplo podemos mencionar el caso de Cuba, durante 1995 - 1997 donde fallecieron 576 personas por intoxicación aguda por plaguicidas siendo los organofosforados los que causaron el mayor número de decesos.

Por tanto, la utilización de estos productos en agricultura y producción de alimentos se interpone en el objetivo de conseguir una agricultura más respetuosa con el medio ambiente ya que interfiere directamente sobre la biodiversidad de la biota del suelo y los procesos que en él se llevan a cabo, como se va a desarrollar a continuación, provocando la progresiva degradación de los suelos agrícolas, lo que supone un importante problema medioambiental y social que compromete la seguridad alimentaria de una población mundial creciente. En consecuencia, se hace necesaria una transición hacia una agricultura más respetuosa con el medio ambiente y alineada con la actual sensibilidad pública para así conseguir mantener las funciones básicas del suelo. La importancia de la biodiversidad de la biota del suelo en relación con la integridad, función y capacidad de adaptación de los ecosistemas terrestres (incluidos los agroecosistemas) es aceptada universalmente (Freckman, 1994).

3. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo ha sido revisar el comportamiento de los fitosanitarios en el suelo y buscar alternativas que eviten los procesos de degradación ambiental, para contribuir al uso sostenible de nuestros recursos.

Para lograr este gran objetivo se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Revisar los efectos de los fitosanitarios en función de sus propiedades (estructura química, persistencia, vida media, etc.).
- Revisar los procesos de transformación que se producen en el suelo y posible afectación en otros sistemas (agua, aire).
- Revisar las actuaciones necesarias para evitar los procesos de degradación ambiental y conservación del suelo.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se ha llevado a cabo una búsqueda y análisis de información usando recursos como Science Direct (<http://www.sciencedirect.com>), NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), Google Academic (<https://scholar.google.es/>), AEMPS (<http://www.aemps.gob.es/publicaciones/articulo/articulos-tematica.htm>), o AESAN (<http://aesan.msssi.gob.es/AESAN/web/home.shtml>) donde se han podido encontrar artículos científicos sobre el suelo y sus funciones, o el uso de los fitosanitarios y sus características de toxicidad. Se ha encontrado también información en libros de referencia o artículos científicos facilitados por la tutora o encontrados en Google (www.google.es).

La búsqueda de información se ha centrado en los trabajos realizados sobre el uso de fitosanitarios en la agricultura, características que determinan su toxicidad y procesos de transformación que sufren en el suelo. Así como las características y funciones del suelo necesarias para conocer el comportamiento de los fitosanitarios en el mismo. También se han revisado artículos sobre las posibles alternativas al empleo de estos productos que se están llevando a cabo en la actualidad para conseguir un uso sostenible del suelo.

La búsqueda de información se ha realizado utilizando las siguientes palabras clave:

Fitosanitario / suelo / uso / plaguicida / pesticida / agricultura / efecto / consecuencia / contaminación / manejo / sostenibilidad.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Código Internacional de Conducta Sobre la Distribución y Uso de Plaguicidas de la Food and Agriculture Organization (FAO) de las Naciones Unidas (FAO,1986; Al-Salem, 1994) establece que un plaguicida «es la sustancia o mezcla de ellas, destinada a prevenir, destruir o controlar plagas, incluyendo los vectores de enfermedad humana o animal; las especies no deseadas de plantas o animales que ocasionan un daño duradero u otras que interfieren con la producción, procesamiento, almacenamiento, transporte y comercialización de alimentos; los artículos agrícolas de consumo, la madera y sus productos, el forraje para animales o los productos que pueden administrárseles para el control de insectos, arácnidos u otras plagas corporales». Por tanto, la finalidad de los plaguicidas es destruir ciertos organismos vivos, constituyéndose así como un grupo particular de los biocidas que puede alcanzar una capacidad letal amplia (Taylor y Francis, 1992). Los productos fitosanitarios poseen características de toxicidad y se usan en tan grandes cantidades que en la actualidad se pone en duda su uso; propiedades como la persistencia, movilidad, bioacumulación, migración, entre otras provocan efectos negativos sobre el medio ambiente principalmente perturbando al suelo y fuentes de agua, comprometiendo su calidad; y en el ser humano afectando su salud (Silva y Correa, 2009). Dichas características de toxicidad dependen de su estructura química y propiedades físicas y químicas que se analizan a continuación.

5.1. Estructura y propiedades de los principales fitosanitarios y sus efectos.

De acuerdo a su estructura química, los plaguicidas se clasifican en diversas familias, algunas de estas familias de plaguicidas relevantes por el daño que causan a la salud y por su gran demanda de uso son:

- Los organoclorados (OC) son los plaguicidas más ampliamente utilizados. Su estructura química corresponde a la de los hidrocarburos clorados, lo que les confiere una alta estabilidad física y química, haciéndolos insolubles en agua, no volátiles y altamente solubles en disolventes orgánicos. Estas características favorecen su persistencia en el ambiente (OMS, 1990) y su lenta biodegradabilidad (Al-Salem, 1994). Su vida media es de 5 años, aunque varía según el producto; por ejemplo, para el beta hexaclorociclohexano es de 3 años, para el aldrín de 6 años y para el DDT es de 30

años (OMS, 1990). Productos representativos de este grupo son el DDT, el aldrín, el dieldrín y el endrín, así como el endosulfán y el lindano, ambos todavía usados en la actualidad.

- Los compuestos organofosforados (OF), que son ésteres, amidas o tioles derivados de los ácidos fosfórico, fosfónico y fosfortoico (Al-Salem, 1994; OMS, 1993) forman otro grupo. Se descomponen con mayor facilidad y se degradan por oxidación e hidrólisis, dando origen a productos solubles en agua, tentativamente menos persistentes y poco acumulables en el organismo humano (OMS, 1993). Pertenecen a este grupo el paratión, el malatión, el diazinón, el clorpirifos y el diclorvos.

- Los carbamatos (C) son otro grupo de plaguicidas que pueden ser de tres tipos principales; los derivados de ésteres carbamatados, comúnmente usados como insecticidas; los derivados del ácido tiocarbámico, utilizados como fungicidas; y los carbamatos propiamente dichos, que se emplean como herbicidas.

Todos ellos son relativamente inestables, se les atribuye un tiempo corto de persistencia ambiental y cuentan con cierta selectividad (OMS, 1993). Su degradación se realiza por oxidación y sus metabolitos finales son hidrosolubles pudiendo excretarse por la orina y las heces fecales (Al-Salem, 1994). Entre los más comunes se encuentran el lannate, el carbarilo y el carbyl.

- Las piretrinas (P) son plaguicidas obtenidos por secado, molienda y pulverización de la flor del crisantemo, cuyo polvo contiene del 1 al 3% del principio activo (Al-Salem, 1994). Las principales piretrinas son las cinerinas I y II, las jasmolinas I y II, y las piretrinas I y II, consideradas estas últimas como las de efecto más potente. Tienen una relativa selectividad, por lo que su toxicidad es baja en organismos a los que no esta destinadas. Las moléculas de piretrinas son neuroactivas, de baja absorción dérmica, con un metabolismo rápido y no dejan residuos en la atmósfera (Al-Salem, 1994).

Los piretroides son piretrinas sintéticas que surgen en los años cincuenta y se consideran más efectivos que aquellas. Químicamente, se dividen en dos tipos, los que no tienen grupo alfaciano, como el permetrín y resmetrín, y los que tienen grupo alfaciano, como fenvalerato, diametrín y cypermetrín. Son rápidamente degradados en

el ambiente, pues aunque se absorben masivamente por el suelo, se eliminan fácilmente con el agua (Al-Salem, 1994).

El comportamiento ambiental de estos productos depende, en gran medida, de sus propiedades físicas y químicas las cuales nos permiten conocer cómo será la interacción con el suelo y otros sistemas naturales:

- **La solubilidad en el agua** es determinante en la movilidad de los fitosanitarios. Los fitosanitarios con gran solubilidad (>500 mg/l) son muy móviles en suelo y el ecosistema. Por otro lado, los de baja solubilidad (< 25 mg/l) tienden a inmovilizarse en suelos y concentrarse en los organismos vivos.
- La incidencia de la contaminación de un fitosanitario depende en gran medida de su **persistencia** y su comportamiento en el suelo. Los plaguicidas que persisten más tiempo en el ambiente, tienen mayor probabilidad de interacción con los diversos elementos que conforman los ecosistemas. Si su vida media y su persistencia es mayor que la frecuencia con la que se aplican, los plaguicidas tienden a acumularse tanto en los suelos como en los seres vivos.
- La **disociación e ionización** influye en la movilidad de los fitosanitarios en el suelo principalmente, de forma que los que se disocian e ionizan tienden a inmovilizarse.
- Los fitosanitarios de **naturaleza lipídica** pueden difundir a través de membranas vivas y acumularse en tejidos grasos.
- La **volatilización** depende de la presión de vapor, a mayor presión de vapor ($>10^{-3}$ mm de Hg) mayor volatilización y difusión a la atmósfera, mientras que los de baja presión de vapor ($<10^{-7}$ mm de Hg) tienden a ser menos móviles y más persistentes en agua y suelo.

Según Torres y Capote (2004), solo el 1% de los plaguicidas llega a controlar la plaga, el sobrante por su característica volátil migra a grandes distancias contaminando el medio ambiente y bioacumulándose en las cadenas tróficas. Por otro lado los fitosanitarios interaccionan con los componentes del suelo pudiendo resultar afectados muchas de estas propiedades, debido a procesos de transformación que sufren en el suelo, por lo que se hace necesaria una revisión de los mismos.

5.2. Interacciones en el suelo

Los fitosanitarios tienen distintos comportamientos una vez se han depositado en el suelo, podemos cuantificar algunos de estos comportamientos como; la **velocidad de degradación** de estos compuestos y su persistencia en el suelo, basándose en el análisis de residuos, el **movimiento de plaguicidas en el suelo** mediante el estudio de la adsorción conocida, con el fin de conocer la influencia de los distintos componentes en el proceso y la **adsorción de plaguicidas** por la fracción coloidal del suelo, minerales de la arcilla y distintas fracciones de materia orgánica.

El comportamiento del producto fitosanitario va a condicionar las interacciones que se producen entre el suelo y el mismo. Cuando el fitosanitario entra en contacto con el suelo, las interacciones que se producen son múltiples y complejas, haciendo el estudio de los efectos de los fitosanitarios sobre el suelo muy amplio. Los procesos de transformación que sufre un fitosanitario cuando este llega al suelo se reflejan en la figura (Fig. 1) siguiente:

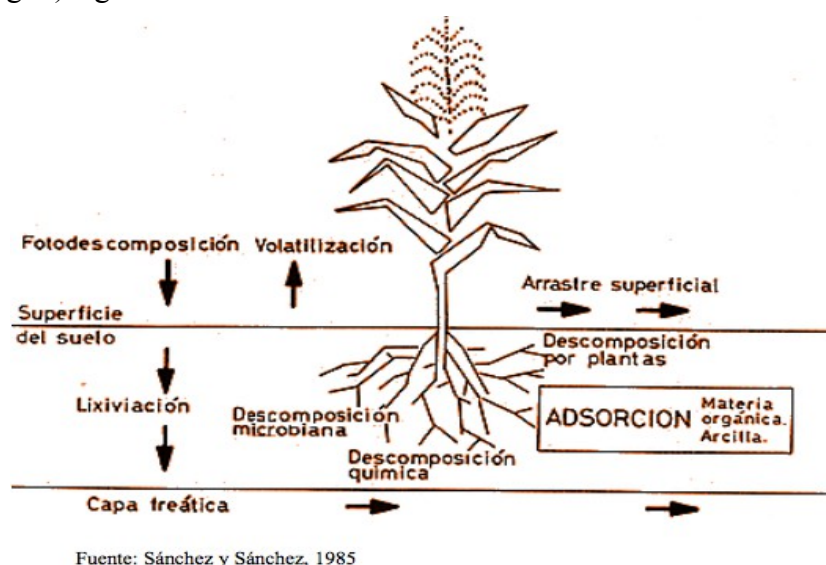


Fig. 1: Procesos de transformación de los productos fitosanitarios en el suelo (Sanchez y Sanchez, 1985).

Todos estos procesos influyen en la persistencia y evolución de los plaguicidas en el suelo; pueden actuar solos o en combinación sobre la estructura de los diferentes productos específicos y dependen de otras variables, como humedad, temperatura, materia orgánica, tipo de arcilla, pH, intercambio iónico del suelo, así como de las

características físicoquímicas del compuesto de que se trate. El proceso más relevante, la **adsorción**, es el fenómeno de atracción entre una superficie sólida y un líquido o vapor. Por este mecanismo, las moléculas de plaguicida pueden ser adsorbidas o retenidas por los coloides presentes en el suelo, arcilla y materia orgánica, durante el proceso de lixiviación. Cuando un plaguicida es adsorbido su concentración en la solución del suelo disminuye, estableciéndose un equilibrio entre las concentraciones de materia activa disuelta y adsorbida (M. J. Sánchez Martín y M. Sánchez Camazano,1984). Este proceso de transformación puede dar lugar a una inactivación de los plaguicidas, un aumento de la persistencia de estos compuestos en el suelo con el consiguiente riesgo de contaminación o podría influir en su degradación, en unos casos impidiéndola y en otros retrasándola. La adsorción puede aumentar la degradación del plaguicida, ya que los minerales de la arcilla pueden catalizar su descomposición por medio de la formación de enlaces arcilla-molécula orgánica que debilitarán ciertos enlaces dentro de la molécula debido a la naturaleza de la fracción arcilla del suelo, en algunos casos, fuertemente ácida y con la presencia de cationes de cambio. Así por ejemplo, es notable la descomposición de heptaclor, DDT, dieldrín y endrín sobre diluyentes como atapulgita y caolinita. El efecto de esta degradación catalítica no tendrá consecuencias en cuanto a la contaminación, siempre que los productos de hidrólisis no sean tóxicos, pero sí tendrá efecto en cuanto a la actividad.

Entre los plaguicidas polares, los compuestos que presentan mayor interés en estos procesos de adsorción son los carbamatos y los compuestos organofosforados. Estos compuestos se adsorben en el espacio interlamilar de los silicatos laminares hinchables (montmorillonita, vermiculita) sustituyendo el agua de hidratación de los cationes de cambio. Los compuestos así retenidos serán inactivos en cuanto a su actividad biológica, y al mismo tiempo estarán protegidos frente al ataque de los microorganismos del suelo, impidiendo su degradación.

Un grupo importante de herbicidas que ha recibido gran atención, en cuanto al estudio de su interacción con silicatos laminares, son las triazinas sustituidas (Weber,1970). Estos compuestos poseen un carácter débilmente básico, por lo que su existencia en forma de catión dependerá de su capacidad para adquirir un protón, siendo entonces adsorbidos mediante un enlace iónico. La adsorción de estos compuestos aumenta con

el pH de la solución, hasta llegar al pKa del compuesto a partir del cual disminuye su adsorción (M. J. Sánchez Martín y M. Sánchez Camazano, 1984). Estos ejemplos nos permiten observar la gran complejidad que tiene la interacción entre el suelo y los productos fitosanitarios, así como la gran importancia de realizar estudios previos a la aplicación de un plaguicida en el campo para conocer la composición del suelo, la textura del mismo y la naturaleza de los minerales que contienen la fracción arcilla. El conocimiento de estos aspectos daría lugar a un mayor beneficio, con los mínimos riesgos de “presente y futuro” (M.J. Sánchez Martín y M. Sánchez Camazano, 1984)

Debido a que los plaguicidas y el suelo son grupos muy amplios con diversas características químicas; con este trabajo, solo podemos resaltar la importancia de revisar mejor las consecuencias y efectos reales de los productos fitosanitarios en el suelo. La Tabla 2 resume las distintas características de los componentes que interaccionan a tener en cuenta:

Propiedades de los plaguicidas	Características del suelo	Influencia del medio
Estructura química y física	Presencia de coloides	Temperatura
Volatilidad	Conductividad eléctrica	Pluviometría
Coefficiente de reparto	pH, humedad	Cubierta vegetal
Solubilidad	Estructura y textura	Velocidad del viento
Adsorción	Contenido de materia orgánica	Tipo de suelo
Vida media	Microorganismos	Radiación solar

Elaborado por: García R, (2015)

Tabla 2. Factores que regulan el transporte de los plaguicidas en el suelo (García R, 2015).

Además de estos procesos, los fitosanitarios, interfieren en la actividad biológica del suelo pudiendo ser tóxicos para los microorganismos y seres vivos del suelo, dejando el suelo sin la vida que allí albergaba y las funciones tan importantes que ésta estaba desarrollando para su conservación. De forma contraria, podrían también ser utilizados por otros microorganismos oportunistas como sustrato.

En la siguiente figura (Fig. 2) se muestran las interacciones entre los componentes de un ecosistema y la introducción de plaguicidas:

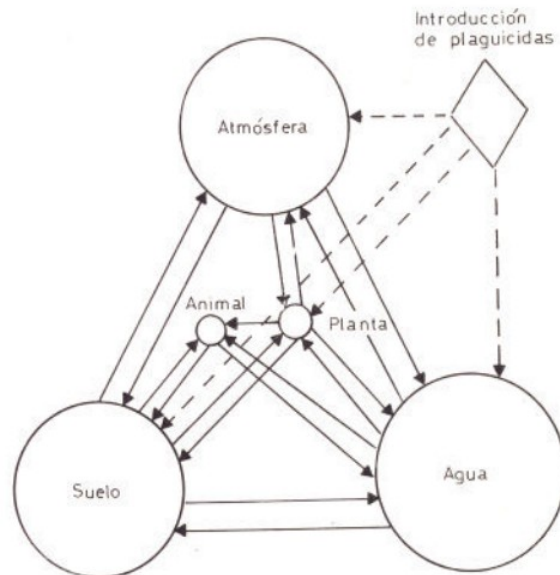


FIG. 8. Representación esquemática de la distribución de un plaguicida en las distintas fases del ambiente.

Fig.2: Representación esquemática de la distribución de un plaguicida en las distintas fases del ambiente (MJ Sánchez Martín, 1985).

5.3. Desequilibrios

Los principales desequilibrios que pueden desencadenar los fitosanitarios en los ecosistemas podrían ser; el aumento del potencial biótico de los parásitos como consecuencia de su adaptación a aplicaciones reiteradas del mismo producto o como consecuencia de la eliminación de fauna útil; la aparición de determinadas plagas, calificadas como secundarias, por su baja incidencia en los cultivos que puedan llegar a convertirse en principales al desaparecer sus competidores; cambios en la fisiología de parásitos o plantas cultivadas desatados como respuesta a la aplicación de los fitosanitarios en condiciones que no son las adecuadas; y cambios en el biotopo que produzcan desequilibrios en las funciones del mismo y su modificación.

El estudio realizado en la Universidad Industrial de Santander (Venezuela) en 2009 *Efectos de agroquímicos en las propiedades fisicoquímicas y biológicas en los suelos de*

Táchira demuestra que la aplicación de agroquímicos modifica los parámetros biológicos del suelo que ha establecido contacto con el.

Parámetros Biológicos	Resultados Zona sin agroquímicos	DS	Resultados Zona con agroquímicos	DS
Materia orgánica	2,3 %	0,5	2,9%	0,3
Biomasa microbiana C	85,7 mg C-Biomasa /100g PS	16,6	41,7 mg C-Biomasa /100g PS	16,3
Diversidad: composición y número de especies	9 especies 58 individuos	---	6 especies 23 individuos	---

Tabla 3: Estudio de los parámetros biológicos en una zona con agroquímicos y otra sin agroquímicos (UIS, 1009).

El suelo se ve directamente afectado, así como la biota que habita en él. Fuertes tratamientos del suelo con pesticidas pueden provocar que las poblaciones de microorganismos beneficiosos que viven en el suelo decaigan. De acuerdo a la edafóloga Dr. Elaine Ingham, “Si perdemos las poblaciones de bacterias y hongos, el suelo se degrada. El uso indiscriminado de químicos podría funcionar por unos días; pero, al cabo de un tiempo dejan de existir suficientes organismos beneficiosos en el suelo para mantener la cantidad de nutrientes” (Savonen, 1997). Por ejemplo, las plantas dependen de la variedad de microorganismos presentes en el suelo para transformar el nitrógeno atmosférico en nitratos, los cuales pueden usar. Muchos herbicidas comúnmente utilizados interrumpen este proceso: triclopyr inhibe las bacterias transformadoras de amonio en nitrito (Pell et al., 1998); glyphosate reduce el crecimiento y actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno en el suelo (Santos y Flores, 1995) y 2,4-D reduce la fijación de nitrógeno por las bacterias que viven en las raíces de las plantas de judías (Arias y Fabra, 1993; Fabra et al., 1997) y reduce el crecimiento y actividad del alga verde-azulada fijadora de nitrógeno (Singh y Singh, 1989; Tözüm-Çalgan y Sivaci-Güner, 1993), también inhiben la transformación de amonio en nitratos por las bacterias del suelo (Frankenberger et al., 1991; Martens y Bremner, 1993). Los hongos pueden formar micorrizas en las raíces de muchas plantas y ayudar así en la captación de nutrientes por la planta. Estos hongos también pueden verse dañados por herbicidas en el suelo. Un estudio descubrió que oryzalina y trifluralina inhiben el crecimiento de ciertas especies de hongos micorrizantes (Kelley y

South, 1978). Triclopyr también demostró ser tóxico a muchas especies de hongos que micorrizan con plantas (Chakravarty y Sidhu, 1987) y la oxadiazona redujo el número de esporas en hongos micorrizantes (Moorman, 1989).

Un gran problema que se plantea es la presencia de pesticidas, incluyendo aquellos de nueva generación, e.g., dacthal, chlorothalonil, chlorpyrifos, metachlor, terbufos y trifluralin en muestras ambientales de aire, niebla, agua y nieve de lugares tan alejados como el Ártico (Rice y Cherniak, 1997), y (Garbarino et al., 2002). Otros estudios han identificado la habilidad de algunos compuestos de realizar un corto transporte atmosférico (Muir et al., 2004) hasta regiones ecológicamente sensibles como la Bahía Chesapeake o las montañas de Sierra Nevada (LeNoir et al., 1999; McConnell et al., 1997; Harman-Fetcho et al., 2000) Thurman and Cromwell 2000).

Podemos comprobar que el uso de un producto químico, en un cultivo o en cualquier otro uso, supone muchos riesgos y que su presencia en el medio ambiente que nos rodea es real. Las consecuencias de este uso pueden llegar a ser devastadoras para lugares sensibles o simplemente alterar los ciclos biológicos que se estaban llevando a cabo en el ecosistema afectado.

El plaguicida ideal debería tener lo que se llama "acción restringida", es decir ser un producto que matara al organismo que forma la plaga sin dañar a las otras especies, ser de rápida descomposición, química o biológica, de forma que originara compuestos no peligrosos del tipo de agua, dióxido de carbono y oxígeno.

5.4. Actuaciones necesarias para evitar los procesos de degradación ambiental

Las actuaciones en España que se llevan a cabo actualmente buscan **prevenir** mediante; un control integrado de plagas, un uso de dosis mínimas de plaguicidas, una aplicación adecuada de plaguicidas, una selección de plaguicidas con escaso efecto y una alternancia en el uso de plaguicidas, además de **detoxificar** a través de la plantación de cultivos tolerantes, de la realización de prácticas agronómicas, del uso de métodos de bioremediación o adiciones químicas.

El uso de pesticidas en España se encuentra regulado bajo la Directiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo y del Consejo que establece el marco de actuación comunitaria

para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas, estableciendo una serie de medidas destinadas a conseguir una reducción de los riesgos y los efectos del uso de los plaguicidas en la salud humana y el medio ambiente, y al fomento de la gestión integrada de plagas y de planteamientos o técnicas alternativos, como las alternativas no químicas a los plaguicidas. Se contempla la **creación de Planes de acción nacionales, la formación y acreditación de todos los usuarios profesionales, y la información y sensibilización al público.**

También podemos encontrar medidas que regulan el uso de estos productos fitosanitarios en España como el Real Decreto 1311/2012 de 14 de septiembre que regula la formación y nivel de capacitación para los usuarios profesionales y vendedores de productos fitosanitarios. Así mismo, establece medidas para la protección del medio acuático y el agua potable, la reducción del riesgo en zonas específicas, la manipulación y almacenamiento de los productos fitosanitarios, envases y restos; este [Real Decreto 1311/2012 de 14 de septiembre, establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios](#) entre otras especificaciones.

Por último se podrían considerar las siguientes técnicas y actuaciones propuestas para evitar o disminuir el uso de fitosanitarios y facilitar que no se produzcan procesos de degradación ambiental:

- Un control integrado de plagas que se basa en la aplicación coordinada de diversos medios de combate de plagas, respetando la ecología del suelo y considerándolo como una unidad. Incluye aspectos tales como la lucha biológica, la rotación de cultivos, el empleo de variedades resistentes, etc.
- Uso de plaguicidas biológicos derivados directamente de vegetales, que no se sintetizan químicamente como lo son: la estricnina, nicotina, piretrinas, rotonona y componentes del ajo entre otros.
- Educación sobre un uso adecuado de plaguicidas.
- Aplicar dosis mínimas de plaguicidas, respetando así la dosis mínima recomendada, ya que no siempre es necesario un control total de la plaga.

- Debe contarse con los medios técnicos adecuados para una aplicación correcta del plaguicida, a fin de lograr una eficacia óptima.
- Selección de plaguicidas con escaso efecto residual. Es preferible aplicar compuestos específicos y poco persistentes.
- Alternancia de plaguicidas. Es aconsejable cambiar el principio activo aplicado, evitando así el desarrollo de variedades resistentes y la acumulación de residuos.

6. CONCLUSIONES

- Los fitosanitarios son compuestos químicos que han aportado beneficios al ser humano, pero también han provocado efectos adversos tanto en la salud del ser humano como en el medio ambiente derivado del uso excesivo y en muchos casos poco cauteloso.
 - Las interacciones de los productos fitosanitarios y el suelo son múltiples y diversas, viéndose afectados todos los componentes del suelo, así como los microorganismos, plantas y animales que se encuentran en el ecosistema. Produciendo consecuencias negativas que llevan a un posterior deterioro y degradación del suelo contaminado.
- El estudio de sus características y propiedades nos permite conocer su comportamiento en el medio, lo que es imprescindible para elegir el más adecuado y evitar efectos adversos y transferencia a otros sistemas.
- La gran variedad en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y la diversidad de ambientes en que se encuentran y en los que los fitosanitarios son utilizados, hace que sean necesarios grandes esfuerzos en investigación multidisciplinar del medio ambiente para desarrollar técnicas que permitan un conocimiento específico de cada cultivo y así conseguir mantenerlos sanos con el mínimo uso de fitosanitarios; siendo estas técnicas efectivas, rentables y con bajo riesgo ambiental.
- Es necesario mejorar el control ambiental, mediante monitorización adecuada y sistemática que nos permita detectar los riesgos ambientales de forma precoz.

- Se debe fomentar la aplicación de técnicas agrícolas que desarrollen los principios ecológicos de manera que se eviten procesos de degradación ambiental y se favorezca la conservación de un recurso vulnerable como es el suelo.

7. BIBLIOGRAFIA

- BRIGGS SA, R. (1992). *Basic guide to pesticides. Their characteristics and hazards*. Washington: Taylor & Francis publishers.
- LÓPEZ CL. (1993). *Exposición a plaguicidas organofosforados. Perspectivas en Salud Pública N.o 18*. México: Instituto Nacional de Salud Pública.
- OMS/OPS (1990). *Serie Vigilancia, 9. Plaguicidas organoclorados*. México: OMS/OPS.
- AL-SALEH I A (1994). *Pesticides: a review article*; 13:151-161. Biological and Medical Research Department, King Faisal Specialist Hospital and Research Centre, Riyadh, Saudi Arabia.
- OMS/OPS (1993). *Plaguicidas y salud en las Américas*. Washington: OMS/OPS.
 - FAO (1986). *International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides*. Roma: FAO.
 - AUQUILLA GONZALEZ, B. (2015). *Efectos colinesterasicos y contaminación del agua causados por el uso de plaguicidas en zonas agrícolas del cantón Santa Isabel*. Cuenca, Magíster en Toxicología Industrial y Ambiental.
 - RENATO GARCÍA MONTOYA, S. (2015). *Análisis de la contaminación por el uso de plaguicidas en los suelos agrícolas de la provincia de Carchi, bioacumulación y propuesta de un modelos productivo sostenible*. Carchi, Universidad Internacional SEK.

- RAMÍREZ J. A., LACASAÑA, M. (2001). *Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición*. EE.UU, Arch Prev Riesgos Labor.
- SÁNCHEZ MARTÍN, M. J., SÁNCHEZ CAMAZANO, M. (1984). *Los plaguicidas. Adsorción y Evolución en el suelo*. Salamanca, CeresNet.
- GONZÁLEZ, P. (2004). *Riesgos químicos por el uso de plaguicidas en el medio ambiente*. Barcelona, FSAP.
- GONZÁLEZ. M.L., CAPOTE, B., RODRÍGUEZ, E. (2001). *Mortalidad por Intoxicaciones Agudas Causadas por Plaguicidas*. *Rev Cubana Hig Epidemiol*. Ciudad de la Habana, Centro Nacional de Toxicología.
- SÁNCHEZ, J.B., BERENGER SUBILS, M.J., (1989). *NTP 143: Pesticidas: clasificación y riesgos principales*. Barcelona, Centro de Investigación y Asistencia Técnica.
- ARIAS ESTÉVEZA, M., et al. (2007). *The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources*. España, Elsevier B.V.
- JILANI, S. (2013). *Comparative assessment of growth and biodegradation potential of soil isolate in the presence of pesticides*. Pakista, King Saud University.
- DIAOA, J., et al. (2013). *Carboxylesterase from Spodoptera Litura: Immobilization and use for the degradation of pesticides*. China, Creative Commons.
- WASIM AKTAR, M.D., SENGUPTA, D., CHOWDHURY, A. (200). *Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards*. India, Interdisciplinary Toxicology.