

TEMA 61

PLAGUICIDAS: CLASIFICACIÓN, TOXICOLOGÍA DE LOS PLAGUICIDAS: ABSORCIÓN, TRANSPORTE, BIOTRANSFORMACIÓN Y ELIMINACIÓN, DAÑOS A LA SALUD. PLAGUICIDAS CANCERÍGENOS. LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL (LEP), PROTECCIÓN EN LA APLICACIÓN, ECOTOXICIDAD

INTRODUCCIÓN

Se conocen como plaguicidas aquellas sustancias que deliberadamente se introducen en el ambiente para controlar o eliminar determinados organismos vivos (plagas) considerados perjudiciales para los intereses del hombre. Las plagas pueden controlarse también mediante otros métodos, entre los cuales se encuentran el uso de agentes biológicos y físicos, pero desde hace más de cincuenta años la lucha contra las plagas se ha basado esencialmente en el uso de plaguicidas químicos sintéticos.

La Ley 43/2002 de sanidad vegetal, establece las siguientes definiciones:

- Plaga: Organismo nocivo de cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para los vegetales o los productos vegetales.
- Sustancias activas: Las sustancias o microorganismos, incluidos los virus, que ejerzan una acción general o específica contra las plagas o en vegetales, partes de vegetales o productos vegetales

Los plaguicidas se utilizan en muchos campos de la actividad humana, pero los de mayor importancia son la agricultura y la salud pública. Se calcula que aproximadamente el 85% de los plaguicidas sintéticos empleados en el mundo se dedica al sector agrario y el 10% a las campañas sanitarias.

La legislación europea sobre comercialización y uso sostenible de productos plaguicidas garantiza un alto nivel de protección de la salud humana y el medio ambiente, y entre sus ámbitos de interés se incluye la protección de las personas trabajadoras, complementando la legislación en materia de prevención de riesgos laborales.

1. CLASIFICACIÓN

Se consideran plaguicidas tanto los productos fitosanitarios (utilizados en la agricultura) como los biocidas (uso ambiental, en la industria alimentaria, higiene personal, desinfectantes de ambientes clínicos y quirúrgicos, etc.).

El Reglamento (CE) 1107/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a la comercialización de productos fitosanitarios (PPFF), los define como "productos, en la forma en que se suministren al usuario, que contengan o estén compuestos de sustancias activas, protectores o sinérgicos, y que estén destinados a uno de los usos siguientes:

- proteger los vegetales o los productos vegetales de todos los organismos nocivos o evitar la acción de estos, excepto cuando dichos productos se utilicen principalmente por motivos de higiene y no para la protección de vegetales o productos vegetales;

- influir en los procesos vitales de los vegetales como, por ejemplo, las sustancias que influyen en su crecimiento, pero de forma distinta de los nutrientes;
- mejorar la conservación de los productos vegetales, siempre y cuando las sustancias o productos de que se trata no estén sujetos a disposiciones comunitarias especiales sobre conservantes;
- destruir vegetales o partes de vegetales no deseados, excepto las algas, a menos que los productos sean aplicados en el suelo o el agua para proteger los vegetales;
- controlar o evitar el crecimiento no deseado de vegetales, excepto las algas, a menos que los productos sean aplicados en el suelo o el agua para proteger los vegetales".

Por su parte, el Reglamento (UE) nº 528/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a la comercialización y el uso de los biocidas, los define como:

- "toda sustancia o mezcla, en la forma en que se suministra al usuario, que esté compuesto por, o genere, una o más sustancias activas, con la finalidad de destruir, contrarrestar o neutralizar cualquier organismo nocivo, o de impedir su acción o ejercer sobre él un efecto de control de otro tipo, por cualquier medio que no sea una mera acción física o mecánica,
- toda sustancia o mezcla generada a partir de sustancias o mezclas distinta de las contempladas en el primer guion, destinada a ser utilizada con la intención de destruir, contrarrestar o neutralizar cualquier organismo nocivo, o de impedir su acción o ejercer sobre él un efecto de control de otro tipo, por cualquier medio que no sea una mera acción física o mecánica".

Este Reglamento (UE) Nº 528/2012, clasifica a los biocidas en cuatro grupos:

- Desinfectantes
 - Tipo de producto 1: Higiene humana
 - Tipo de producto 2: Desinfectantes y alguicidas no destinados a la aplicación directa a personas o animales
 - Tipo de producto 3: Higiene veterinaria
 - Tipo de producto 4: Alimentos y piensos
 - Tipo de producto 5: Agua potable
- Conservantes
 - Tipo de producto 6: Conservantes para los productos durante su almacenamiento
 - Tipo de producto 7: Conservantes para películas
 - Tipo de producto 8: Protectores para maderas
 - Tipo de producto 9: Protectores de fibras, cuero, caucho y materiales polimerizados
 - Tipo de producto 10: Conservantes de materiales de construcción
 - Tipo de producto 11: Protectores para líquidos utilizados en sistemas de refrigeración y en procesos industriales

- Tipo de producto 12: Productos antimoho
- Tipo de producto 13: Protectores de líquidos empleados para trabajar o cortar materiales
- Plaguicidas
 - Tipo de producto 14: Rodenticidas
 - Tipo de producto 15: Avicidas
 - Tipo de producto 16: Molusquicidas, vermícidias y productos para controlar otros invertebrados
 - Tipo de producto 17: Piscicidas
 - Tipo de producto 18: Insecticidas, acaricidas y productos para controlar otros artrópodos
 - Tipo de producto 19: Repelentes y atrayentes
 - Tipo de producto 20: Control de otros animales vertebrados
- Otros biocidas
 - Tipo de producto 21: Productos antiincrustantes
 - Tipo de producto 22: Líquidos para embalsamamiento y taxidermia

Salvo algunas excepciones, en las que es posible aplicar la propia sustancia activa, en la mayoría de los casos es preciso recurrir a la formulación de la sustancia con otros compuestos para aprovechar adecuadamente su utilidad plaguicida.

El o los ingredientes activos juegan un papel primordial en los formulados fitosanitarios, pero no menos importante es el resto de los productos que le acompañan ya que ellos determinarán la eficacia del primero, su adherencia a la planta, su disipación, etc., y en gran proporción, la exposición de las personas trabajadoras durante su utilización y durante la posterior entrada a las áreas tratadas.

Toda formulación plaguicida está compuesta de una o varias sustancias o ingredientes activo-técnicos y, en su caso, ingredientes inertes, coadyuvantes y aditivos, en proporción fija¹.

¹ La Reglamentación Técnico-Sanitaria para la fabricación, comercialización y utilización de plaguicidas, aprobada por Real Decreto 3349/1983, contiene las siguientes definiciones:

- **Formulación o preparado:** Todo plaguicida compuesto de una o varias sustancias o ingredientes activo-técnicos y, en su caso, ingredientes inertes, coadyuvantes y aditivos, en proporción fija.
- **Ingrediente activo-técnico:** Todo producto orgánico o inorgánico, natural, sintético o biológico, con determinada actividad plaguicida, con un grado de pureza establecido.
- **Coadyuvantes:** Las sustancias tales como tensioactivos, fluidificantes, estabilizantes y demás, que sean útiles en la elaboración de plaguicidas por su capacidad de modificar adecuadamente las propiedades físicas y químicas de los ingredientes activos.
- **Aditivos:** Aquellas sustancias tales como colorantes, repulsivos, eméticos y demás que, sin tener influencia en la eficacia de los plaguicidas, sean utilizadas en la elaboración de los mismos con objeto de cumplir prescripciones reglamentarias u otras finalidades.
- **Ingredientes inertes:** Aquellas sustancias o materiales que, unidos a los ingredientes activos para la preparación de formulaciones, permiten modificar sus características de dosificación o de aplicación.

Entre las formulaciones sólidas se pueden destacar los polvos espolvoreables, gránulos, polvos solubles, polvos mojables, microencapsulados, cebos tabletas, etc. Entre las líquidas se encuentran las emulsiones concentradas, suspensiones concentradas, soluciones, etc.

El tipo de formulación puede condicionar el nivel de exposición durante su manejo. Por ejemplo, las formulaciones en polvo pueden provocar una exposición mayor que los gránulos. Actualmente se están comercializando formulaciones de liberación controlada que eliminan o reducen significativamente la exposición durante su manejo. Asimismo, la concentración del ingrediente activo es determinante en el nivel de exposición, siendo en algunos casos mayor, tal como ocurre generalmente con los polvos solubles y mojables que se diluyen antes de su aplicación, que, en otros, como los polvos espolvoreables y gránulos, en los que la concentración suele ser inferior y no se diluyen.

Los plaguicidas pueden clasificarse de muchas formas, pero las más importantes son: según su acción específica, sus propiedades toxicológicas, y el grupo químico a que pertenecen.

Atendiendo a su acción específica

Pueden efectuarse múltiples clasificaciones de este tipo y algunas sustancias tienen varias actividades plaguicidas. Pueden ser: acaricidas (elimina ácaros), alguicidas (elimina algas), avicidas (elimina o repele aves), bactericidas (elimina bacterias), fungicidas (elimina hongos), herbicidas (elimina malas hierbas), insecticidas (elimina insectos), larvicidas (elimina larvas), molusquicidas (elimina moluscos), nematocidas (elimina nematodos), ovicida (destruye huevos), pediculicida (elimina piojos), piscicidas (elimina peces), predicidas (elimina depredadores), rodenticida (elimina roedores), silvicidas (elimina árboles y matorrales), y termiticidas (elimina termitas). También pueden ser atrayentes (atrae insectos), defoliantes (desprende las hojas), desecantes (acelera la desecación de las plantas), desinfectantes (destruye o inactiva microorganismos nocivos), feromonas (atrae insectos o vertebrados), quimioesterilizantes (esteriliza insectos o vertebrados), reguladores del crecimiento (estimula o retarda el crecimiento de plantas o insectos), y repelentes (repele insectos, ácaros o vertebrados).

Según las propiedades toxicológicas

El Reglamento CE 1272/2008 (CLP) recoge en el Anexo I los siguientes peligros para la salud:

- Toxicidad aguda: se refiere a los efectos adversos que se manifiestan tras la administración por vía oral o cutánea de una sola dosis de una sustancia o mezcla, de

Por su parte, el citado Reglamento (CE) nº 1107/2009, incluye las siguientes definiciones:

- Protectores: Sustancias o preparados que se añadan a un producto fitosanitario para eliminar o reducir los efectos fitotóxicos del producto fitosanitario en determinadas plantas.
- Sinergistas: Sustancias o preparados que puedan aumentar la actividad de las sustancias activas de un producto fitosanitario.
- Coformulantes: Sustancias o preparados que se usen o estén destinados a usarse en un producto fitosanitario o en un adyuvante, pero que no sean sustancias activas ni protectores o sinergistas.
- Adyuvantes: Sustancias o preparados que consistan en coformulantes, o preparados que contengan uno o varios coformulantes, en la forma en que se suministren al usuario y se comercialicen para que el usuario los mezcle con un producto fitosanitario, y que mejoren su eficacia u otras propiedades plaguicidas.

dosis múltiples administradas a lo largo de 24 horas o como consecuencia de una exposición por inhalación durante 4 horas.

- Corrosión o irritación cutáneas: por corrosión cutánea se entiende la aparición de una lesión irreversible en la piel, esto es, una necrosis visible a través de la epidermis que alcanza la dermis, como consecuencia de la aplicación de una sustancia de ensayo durante un período de hasta 4 horas. Irritación cutánea es la aparición de una lesión reversible de la piel como consecuencia de la aplicación de una sustancia de ensayo durante un período de hasta 4 horas.
- Lesiones oculares graves o irritación ocular: lesión ocular grave es un daño en los tejidos del ojo o un deterioro físico importante de la visión, como consecuencia de la aplicación de una sustancia de ensayo en la superficie anterior del ojo, no completamente reversible en los 21 días siguientes a la aplicación. Irritación ocular es la producción de alteraciones oculares como consecuencia de la aplicación de una sustancia de ensayo en la superficie anterior del ojo, totalmente reversible en los 21 días siguientes a la aplicación.
- Sensibilización respiratoria o cutánea: sensibilizante respiratorio es una sustancia cuya inhalación induce hipersensibilidad de las vías respiratorias. Sensibilizante cutáneo es una sustancia que induce una respuesta alérgica por contacto con la piel.
- Mutagenicidad en células germinales: una mutación es un cambio permanente en la cantidad o en la estructura del material genético de una célula.
- Carcinogenicidad: carcinógeno es una sustancia o mezcla de sustancias que induce cáncer o aumenta su incidencia.
- Toxicidad para la reproducción: la toxicidad para la reproducción incluye los efectos adversos sobre la función sexual y la fertilidad de hombres y mujeres adultos, y los efectos adversos sobre el desarrollo de los descendientes.
- Toxicidad específica en determinados órganos (exposición única): es la toxicidad no letal que se produce en determinados órganos tras una única exposición a una sustancia o mezcla.
- Toxicidad específica en determinados órganos (exposiciones repetidas): es la toxicidad específica que se produce en determinados órganos tras una exposición repetida a una sustancia o mezcla.
- Peligro por aspiración: sustancias o mezclas que pueden presentar un peligro de toxicidad por aspiración para el hombre.

Según grupos químicos

La clasificación por grupos químicos es fundamental, puesto que los aspectos relacionados con la toxicología e higiene laboral suelen ser similares para los plaguicidas pertenecientes al mismo grupo. Tradicionalmente se utilizaba la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS):

- Organoclorados: Generalmente se consideran plaguicidas organoclorados a los compuestos orgánicos de tipo cíclico que contienen átomos de cloro en la molécula y son liposolubles, persistentes en el ambiente y se acumulan en el organismo y en la

cadena alimentaria. Comprenden derivados clorados del etano (DDT y análogos), ciclodienos, compuestos relacionados con el hexaclorociclohexano y terpenos.

- **Organofosforados:** Constituidos por ésteres de diversos ácidos oxifosforados con distintos grados de sustitución. Los tipos más importantes son: fosfatos, fosfonatos, tiolo-fosfatos, tiono-fosfatos, tiol-tiono-fosfatos, tionofosfonatos, amido-fosfatos y tiol-tiono-fosfonatos.
- **Carbamatos:** Compuestos derivados del ácido carbámico, en su mayoría N-metil-carbamatos.
- **Piretroides:** Las piretrinas son mezclas de compuestos de origen vegetal. Se han sintetizado productos similares a ellas, por condensación de ácidos crisantémicos con alcoholes primarios, llamados piretroides.
- **Bipiridilos:** Sustancias formadas por la unión de dos anillos piridílicos.
- **Clorofenoxiácidos:** Derivados de los ácidos 4-clorofenoxi-acético, -propiónico o -butírico; generalmente se comercializan como sales, ésteres o aminas.
- **Cloro/Nitrofenoles:** Diversos clorofenoles y nitrofenoles se utilizan como plaguicidas.
- **Organomercuriales:** Átomos de mercurio enlazados a radicales orgánicos de tipo alquil, aril o alcoxi.
- **Tiocarbamatos:** Compuestos derivados de los ácidos tiocarbámico y ditiocarbámico.
- **Triazinas:** Compuestos con el núcleo de triazina, la mayoría derivados de la 2,4-diamino-1,3,5-triazina (guanamina).
- **Organoestánicos:** Átomos de estaño enlazados a varios tipos de radicales orgánicos.
- **Otros:** Existen otras muchas familias químicas, de las que algunos representantes se utilizan como plaguicidas. Algunas de ellas son:
 - Sustancias inorgánicas.
 - Hidrocarburos halogenados.
 - Ureas sustituidas.
 - Ftalimidas.
 - Diazinas.
 - Dinitroanilinas.
 - Benzonitrilos.
 - Amidas y anilidas.
 - Hidroxicumarinas.
 - Heterociclos nitrogenados (bencimidazoles, imidazoles, triazoles, pirimidinas, quinoleínas, morfolinás).

A causa de los rigurosos requisitos para la autorización de los PPFF², el tipo de plaguicidas utilizados en la actualidad ha cambiado radicalmente y se han incorporado nuevas sustancias activas no pertenecientes a los grupos citados anteriormente. En la base de datos europea de plaguicidas³ pueden consultarse las sustancias activas existentes utilizando diferentes criterios de búsqueda, en función de su clasificación toxicológica, su acción específica, el estado de aprobación y otros criterios relacionados con la legislación relativa a la autorización de estas.

En la página web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación⁴ se pueden consultar los productos autorizados en España en función de su número de registro y/o nombre, la sustancia activa, la plaga contra la que actúan o su ámbito de utilización, etc.

2. TOXICOLOGÍA DE LOS PLAGUICIDAS: ABSORCIÓN, TRANSPORTE, BIOTRANSFORMACIÓN Y ELIMINACIÓN, DAÑOS A LA SALUD

Entre las diversas circunstancias laborales y extralaborales en las que puede tener lugar una intoxicación por los plaguicidas, las personas que manejan productos concentrados, son las que tienen mayor posibilidad de sufrir intoxicaciones agudas. También se han puesto de manifiesto intoxicaciones de personas trabajadoras durante la realización de tareas sobre un cultivo tratado.

Frecuentemente las intoxicaciones por plaguicidas se manifiestan precozmente por síntomas inespecíficos como son trastornos intestinales, cefaleas, mareos, anorexia, apatía, debilidad, nerviosismo e insomnio, que contribuyen poco al diagnóstico.

De forma genérica, puede indicarse el siguiente orden de toxicidad: insecticidas > defoliantes > desecantes > herbicidas > fungicidas. Dentro de la clase más tóxica, los insecticidas, el orden general de su riesgo por vía dérmica para el hombre es: organofosforados > carbamatos > ciclodienos > análogos al DDT > botánicos > inorgánicos.

Usualmente existen excepciones en cada grupo, siendo múltiples los factores susceptibles de modificar la toxicidad de una sustancia, es decir la capacidad inherente a un ingrediente activo para causar daños a la salud, de manera que el riesgo de intoxicación que surge en la práctica es muy variable. Entre ellos se pueden citar:

- Propiedades fisicoquímicas de la sustancia: Solubilidad, volatilidad, estabilidad, pureza y el tamaño de partícula;
- Condiciones de exposición: Vía de entrada o absorción por el organismo, concentración, tiempo de exposición, condiciones ambientales, absorción simultánea de varias sustancias, momento de la exposición, estado de reposo o ejercicio físico, etc.;
- Factores individuales: La respuesta individual a un tóxico varía con la especie, raza, sexo, edad, peso, estado nutricional y de salud, estado inmunológico, etc.

Los plaguicidas son absorbidos por las vías respiratoria, dérmica y oral.

² Véase: Reglamento (CE) nº 1107/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, relativo a la comercialización de productos fitosanitarios y por el que se derogan las Directivas 79/117/CEE y 91/414/CEE del Consejo

³ Véase: https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en

⁴ Véase: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/fitos.asp>

Los factores que determinan la importancia de la absorción por vía respiratoria en una exposición en particular son las características físicas del ingrediente activo (Ej. volatilidad), la formulación y la técnica de aplicación cuando proceda. Los plaguicidas pueden ser inhalados como gases, vapores o aerosoles de pequeño diámetro. Así, las formulaciones secas tales como gránulos, polvos mojables, polvos solubles y cebos pueden originar riesgos por inhalación de polvos y todos los fumigantes, tanto líquidos como gases, pueden ser absorbidos por esta vía. La exposición respiratoria puede ser importante en los espacios cerrados tales como plantas de fabricación y formulación, invernaderos, etc.

En algunas ocasiones puede producirse una entrada por vía oral. Probablemente la exposición oral más importante ocurre como consecuencia de salpicaduras accidentales de plaguicida líquido dentro de la boca, frotamiento de la zona bucal con las manos sucias o del hecho de comer o fumar con las manos contaminadas de estos productos. Asimismo, las sustancias inhaladas pueden ser absorbidas secundariamente por vía digestiva como consecuencia de los mecanismos de defensa del sistema respiratorio.

La absorción a través de la piel puede ser debida a contactos directos con el plaguicida o a consecuencia de su vehiculización a través del aire. Las diferentes partes de la piel son penetradas a distinta velocidad según el disolvente o material activo de que se trate. La penetración es más fácil si la piel está caliente o dañada, así como con las formulaciones líquidas o concentradas. Generalmente, los plaguicidas son absorbidos sin quemar la piel, sin irritación local, sin dolor y sin ninguna otra indicación de su penetración.

La vía dérmica se considera la más importante durante la mayoría de las situaciones de mezcla/carga y aplicación de plaguicidas en el campo, corte y recolección de los vegetales tratados, y probablemente representa un papel considerable en ciertas actividades en plantas de fabricación y formulación de plaguicidas.

Según diversos estudios de evaluación de la exposición a plaguicidas donde se ha determinado la exposición potencial dérmica y respiratoria, la primera presenta valores superiores. Sin embargo, hay que tener en cuenta el hecho de que, a dosis equivalentes, el producto se absorbe más rápida y completamente a través del tracto respiratorio que a través de la piel.

Los efectos derivados de la exposición dérmica a los plaguicidas pueden ser locales, provocando trastornos sobre la piel, tales como irritaciones, dermatitis, sensibilización o cáncer, o sistémicos, causando alteraciones o daños en órganos o sistemas específicos (hígado, riñón, etc.) una vez absorbidos y distribuidos por el organismo. Los efectos locales originan enfermedades de la piel de origen laboral, que constituyen un alto porcentaje de las enfermedades profesionales.

Algunos de los efectos cutáneos producidos por los plaguicidas son:

- Dermatitis de contacto: paraquat, captafol, mancozeb, 2,4-D.
- Sensibilización cutánea: benomilo, DDT, malation y lindano.
- Reacciones fotoalérgicas: HCH, benomilo y zineb.
- Cloroacné: HCH y PCBs.
- Porfiria tóxica: HCH.

El mecanismo de toxicidad de los plaguicidas en mamíferos sólo se ha caracterizado bien en algunos grupos de compuestos como son los organofosforados y carbamatos que inhiben la acción de la colinesterasa y los nitrofenoles y fenoles clorados que inhiben la fosforilación

oxidativa. También se ha demostrado que existen plaguicidas capaces de inducir determinados enzimas, como los organoclorados.

A continuación, se indican las principales características toxicocinéticas y toxicodinámicas de los plaguicidas más representativos de los principales grupos:

Los insecticidas organoclorados, ninguno autorizado actualmente, son sustancias lipofílicas que pueden ser absorbidas por todas las vías. El mecanismo de acción responsable de la toxicidad aguda es, en parte, desconocido. Clínicamente estimulan el sistema nervioso central, con aparición de convulsiones epileptiformes. La intoxicación en el hombre no ha sido claramente definida. Son muy persistentes y bioacumulables.

Como se ha comentado, los insecticidas organofosforados inhiben la colinesterasa. Algunos necesitan transformarse en el organismo para ser activos (ej. paratión). Contrariamente a los insecticidas organoclorados, estas sustancias son relativamente inestables. Los efectos agudos pueden comenzar por calambres, cefaleas o visión borrosa, desencadenándose efectos más graves como fibrilación muscular, ansiedad, convulsiones o incluso la parálisis del centro respiratorio. La exposición repetida a algunos esteres organofosforados puede tener efecto acumulativo, apareciendo síntomas análogos a los de intoxicación aguda.

Los insecticidas carbamatos poseen el mismo mecanismo de acción que los organofosforados siendo la inhibición enzimática más rápidamente reversible.

Los piretroides poseen una escasa toxicidad en mamíferos ya que se metabolizan rápidamente en el organismo. Penetran en el organismo por ingestión o por inhalación pudiendo producir alergias respiratorias, asma o incluso fibrilación y convulsiones. En la piel pueden provocar dermatitis de contacto e irritación.

Los herbicidas bipiridilos son muy tóxicos y pueden ser absorbidos por todas las vías, pero las intoxicaciones más graves suelen producirse por ingestión voluntaria. Por debajo de 20 mg/kg de peso corporal produce manifestaciones gastrointestinales ligeras, pero por encima de esta dosis, la mayoría de los pacientes mueren por insuficiencia respiratoria o daños en varios órganos (hígado, riñón, pulmón y miocardio).

Los herbicidas clorofenoxiácidos se absorben por todas las vías. Algunos se excretan no modificados por la orina. A dosis elevadas pueden producir vómitos, mialgias y coma como efectos agudos y trastornos neuropsíquicos y afectación nerviosa periférica como efectos crónicos. Algunos estudios los relacionan con efectos cancerígenos (sarcoma, enfermedad de Hodgkin y linfoma).

Los cloro y nitrofenoles estimulan el metabolismo por desdoblamiento de las fosforilaciones oxidativas. Se absorben rápidamente por todas las vías. Los síntomas de intoxicación pueden ser náuseas, vómitos, vértigo, taquicardia, etc., habiendo sido los causantes de numerosas intoxicaciones mortales. Suelen presentar efectos cutáneos como irritaciones o alergias.

3. PLAGUICIDAS CANCERÍGENOS

La contribución de la exposición a plaguicidas a la tasa de mortalidad por cáncer es desconocida, aunque la población la percibe como un riesgo importante, al igual que a los productos genotóxicos, tóxicos para la reproducción o con propiedades de alteración endocrina .

En España no hay autorizaciones de sustancias activas, protectores o sinergistas clasificados como carcinógeno de categoría 1A o 1B de conformidad con las disposiciones del Reglamento (CE) no 1272/2008.

Asimismo, solamente se encuentran disponibles un número muy limitado de sustancias clasificadas como carcinógenas de categoría 2, clasificándose, en cualquier caso, como candidatas a la sustitución, de acuerdo con el Reglamento (CE) nº 1107/2009.

Además de los estudios toxicológicos realizados durante el proceso de autorización, mencionados anteriormente, los estudios epidemiológicos en seres humanos pueden llegar a establecer una relación entre la exposición a plaguicidas y la aparición de cáncer, si bien frecuentemente son inconsistentes.

Un amplio informe (más de 1.000 páginas) del *Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale* (Inserm) ha actualizado el conocimiento sobre los efectos de los plaguicidas sobre la salud a partir de un análisis crítico de la literatura científica internacional publicada desde 2013. Al considerar estudios sobre poblaciones que manipulan o están en contacto regular con plaguicidas y que son a priori las más expuestas, la evaluación de los expertos confirma la fuerte presunción de un vínculo entre la exposición a plaguicidas y seis patologías: linfoma no Hodgkin (LNH), mieloma múltiple, cáncer de próstata, enfermedad de Parkinson, trastornos cognitivos, enfermedad pulmonar obstructiva crónica y bronquitis crónica.

4. LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL (VLA, VLB)

Los valores límite de exposición profesional (LEP) relativos a sustancias peligrosas (concentraciones en el aire de la zona de respiración del individuo o en medios biológicos tales como sangre, orina, aire exhalado, etc.) están basados en la información toxicológica de los compuestos químicos y constituyen una información importante para la evaluación y control de los riesgos inherentes a la exposición, principalmente por inhalación.

Sin embargo, en el caso de la evaluación de riesgos de los plaguicidas:

- Sólo se han fijado valor límite ambiental (VLA) para una cantidad muy limitada de PPFF (endosulfán, etileno, mevinfós, etc.);
- La principal vía de entrada en el organismo es la vía dérmica, para la que se presentan mayores dificultades en las mediciones y para la cual tampoco existen valores de referencia. Las listas de valores límite de exposición profesional contienen indicaciones sobre la contribución de la vía dérmica a la dosis total, la notación "vía dérmica".
- Existen pocos valores límite biológicos (VLB) y hay una gran variabilidad individual de los mismos. Por ejemplo, existen VLB para insecticidas organofosforados, y otros inhibidores de la acetilcolinesterasa, paratión y pentaclorofenol.

5. PROTECCIÓN EN LA APLICACIÓN

Al igual que ocurre con otras sustancias químicas, el riesgo por exposición laboral a PPFF depende de la toxicidad del preparado y de la exposición. Por tanto, para realizar la evaluación de riesgos se debe efectuar una evaluación detallada de la toxicidad del producto y la probabilidad de que se produzca algún efecto toxicológico en el hombre, y una estimación o medida de la exposición y/o cantidad absorbida como consecuencia de su uso.

La evaluación toxicológica⁵ que se realiza durante el proceso de autorización de los PPFF, basada en los estudios sobre la sustancia activa y los preparados, debe permitir la determinación del nivel de exposición admisible para el operario (AOEL), que es la cantidad máxima diaria de sustancia activa a la que el operario puede estar expuesto sin sufrir consecuencias nocivas para la salud, y el nivel de exposición aguda admisible para el operario AAOEL para evaluar los efectos agudos, es decir, tras una sola exposición. Estos límites se expresan en miligramos de sustancia química por kilogramo de peso.

Para la evaluación de la exposición durante el proceso de autorización, el Ministerio de Sanidad, a través de su Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral ha elaborado unos ["Criterios de evaluación de la estimación de la exposición a productos fitosanitarios de los operarios, trabajadores, residentes y transeúntes"](#) con la colaboración del Centro Nacional de Medios de Protección (CNMP) del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

La evaluación de riesgos desde el punto de vista laboral se efectuará de acuerdo con la normativa vigente recogida en el Artículo 3 del Capítulo II del Real Decreto 374/2001 sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, y en el Capítulo II del Real Decreto 39/1997 por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Para ello, se deberá tener en cuenta la información básica para la evaluación toxicológica que se encuentra recogida en la etiqueta y advierte a los usuarios tanto del peligro de intoxicaciones como de diversos efectos adversos a largo plazo. En la determinación de los pictogramas y las indicaciones de peligro (frases H) y consejos de prudencia (frases P) se tienen en cuenta las categorías de peligrosidad y la clasificación y etiquetado del resto de los componentes de la formulación (disolventes, estabilizantes, etc.). Las fichas de datos de seguridad contienen información suplementaria más amplia y normalizada con respecto a los efectos sobre la salud, el contenido del producto, las medidas de protección adecuadas y los equipos de protección personal que puedan ser necesarios. Existe un apartado específico sobre información toxicológica.

Por su parte, para la evaluación de la exposición a PPFF durante su uso, el INSST ha elaborado una metodología cualitativa⁶ a partir de la información recogida en la etiqueta y las condiciones de trabajo reales que se estén evaluando, con objeto de ayudar a los técnicos de prevención durante la evaluación del riesgo químico en las aplicaciones de PPFF.

Una vez conocido el nivel de riesgo, hay que determinar las medidas de prevención y protección que se deben aplicar, y planificarlas en función de la calificación de riesgo. La implementación debe ser más rápida cuanto mayor es el riesgo y en casos extremos puede ser necesario detener la actividad hasta que se tomen medidas de control y el nivel de riesgo se haya reducido. Las medidas preventivas deben adoptarse con el siguiente orden de prioridad, citando algunos ejemplos:

⁵ En los Reglamentos (UE) nº 283/2013 y nº 284/2013 se especifica la información que debe aportarse en los expedientes que deben presentarse para la aprobación de las sustancias activas y productos fitosanitarios, respectivamente, indicando que esta información debe ser suficiente para poder evaluar los riesgos previsibles, tanto inmediatos como a largo plazo. En particular, se indica que la información debe permitir evaluar la naturaleza y el grado de los riesgos para las personas y estimar la exposición de operarios, trabajadores, residentes y circunstantes, incluida, cuando proceda, la exposición acumulativa a más de una sustancia activa.

⁶ Véase: [Evaluación del riesgo por exposición a productos fitosanitarios](#)

- Eliminación de riesgo: Evitar el uso de PPFF utilizando un método alternativo de control de plagas, sustituir el plaguicida por otro menos tóxico, usar la formulación menos tóxica, etc.
- Reducción o control del riesgo:
 - Medidas de carácter técnico: Sistemas de carga abiertos o cerrados, envases de mayor seguridad, boquillas de baja deriva, pulverizadores apantallados, cabinas cerradas en tractores, equipos de aplicación más seguros y apropiados al tipo de trabajo, etc.
 - Buenas prácticas de trabajo: Prestar atención a la dirección del viento, minimizar el número de operaciones, utilizar envases de tamaño adecuado, agua limpia en el lugar de trabajo, etc.
- Protección de la persona trabajadora: Ropa y guantes de protección, equipo de protección respiratoria, gafas, pantallas faciales, gorras, botas, delantales, etc.

Para la selección de las medidas de prevención y protección, deben tenerse en cuenta las medidas contempladas en la etiqueta, derivadas de la evaluación del riesgo realizada durante el proceso de autorización, y las derivadas de la transposición de la Directiva 2009/128/CE.

Y es que a finales de 2009 la Comisión Europea aprobó un paquete de medidas legislativas que incluyó el Reglamento (CE) nº 1107/2009, relativo a la comercialización de PPFF, y la Directiva 2009/128/CE, por la que se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas. Ambas normativas modificaron profundamente las vigentes anteriormente en materia de comercialización y utilización de PPFF, incorporando los principios de la estrategia para el uso sostenible de plaguicidas y atendiendo a lo establecido en el VI Programa Comunitario de Acción Medioambiental. El paquete legislativo se complementó con el Reglamento (CE) nº 1185/2009, relativo a las estadísticas de plaguicidas, que estableció un marco común para la elaboración sistemática de estadísticas comunitarias relativas a la comercialización y utilización de PPFF. Este reglamento fue sustituido por el Reglamento (UE) 2022/2379 del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de noviembre de 2022 relativo a las estadísticas sobre insumos y producción agrícolas.

La Directiva 2009/128/CE ha sido transpuesta mediante el Real Decreto 1702/2011, de inspecciones periódicas de los equipos de aplicación de PPFF, junto con el Real Decreto 1311/2012, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los PPFF. Esta normativa es de aplicación en todas las actividades fitosanitarias, tanto en el ámbito agrario como en ámbitos profesionales distintos al mismo. Estos reales decretos contienen múltiples aspectos con influencia directa en la prevención de riesgos laborales, incluyendo las disposiciones relacionadas con la gestión integrada de plagas, la formación, información y sensibilización, los equipos de aplicación de productos fitosanitarios, las aplicaciones aéreas, las medidas específicas para zonas tratadas recientemente, el transporte, almacenamiento y manipulación de los productos, envases y restos, y el uso de productos fitosanitarios en ámbitos no agrarios.

6. ECOTOXICIDAD

Además de la protección de la salud humana, el Reglamento (CE) nº 1107/2009 (también persigue garantizar un nivel elevado de protección de la salud animal, así como del medio ambiente.

Por ello, entre los requisitos sobre datos aplicables a las sustancias activas y PPFF (Reglamento 283/2013 y Reglamento 284/2013) se deberá atender a las posibles repercusiones de la sustancia activa en la biodiversidad y el ecosistema (efectos en las aves y otros vertebrados terrestres, efectos en los organismos acuáticos, efectos en los artrópodos, efectos en la mesofauna y la macrofauna del suelo no objetivo, efectos en la transformación del nitrógeno del suelo, efectos en plantas superiores terrestres no objetivo, efectos en otros organismos terrestres (flora y fauna) y los efectos en los métodos biológicos de tratamiento de aguas residuales), incluidos los posibles efectos indirectos provocados por alteraciones de la red alimentaria.

Muchas de las medidas establecidas con objeto de proteger la salud animal y el medio ambiente contribuyen a garantizar un nivel elevado de protección de la salud humana, bien sean personas trabajadoras o personas ajenas a los tratamientos.

