

Aspectos toxicológicos y adecuación a las normativas internacionales actuales en seguridad alimentaria del mercado agrícola chileno

# El desafío del uso **seguro** de **plaguicidas** agrícolas

Iris Mangas imangas@umh.es  
Investigadora

El uso de plaguicidas es una necesidad en la agricultura moderna. Sin embargo, si no están estrictamente regulados pueden producir graves efectos a la salud humana y al medio ambiente. Existe un auge en las normativas chilenas que los regulan, pero todavía hay mucho camino por recorrer para conseguir la actualización constante y los estándares de las normativas más estrictas y así evitar los rechazos en la exportación. Esta es una labor necesaria para la conversión de Chile en potencia agroalimentaria mundial.

## Introducción

Los plaguicidas agrícolas están definidos como “cualquier sustancia destinada a prevenir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseadas de plantas, microorganismos o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos agrícolas





o alimentos para animales, o que pueda administrarse a los animales para combatir ectoparásitos”. Incluye cada producto y las sustancias activas con las que se formulan. El término incluye las sustancias destinadas a utilizarse como reguladores del crecimiento

de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de fruta o inhibidores de la germinación, y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto contra el deterioro y excluye los fertilizantes, nu-

trientes de origen vegetal o animal, aditivos alimentarios y medicamentos veterinarios. Los plaguicidas pueden clasificarse atendiendo a su acción específica, a la familia química o según el grado de toxicidad aguda o el grado de riesgo que presentan.



CLASIFICACIÓN PLAGUICIDAS según la familia química	
ORGANOCLORADOS	DDT, aldrín, endosulfán, endrin
ORGANOFOSFORADOS	Bromofos, diclorvos, malatión, clorpirifos, paratión
CARBAMATOS	Carbaryl, propoxur, methomyl
TIOCARBAMATOS	Ditiocarbamato, mancozeb, maneb
PIRETROIDES	Cypermethrin, fenvalerato, permethrin
DER. BIPYRIDILICOS	Cloromequat, diquat, paraquat
DER. DEL ÁCIDO FENOXIACÉTICO	Dicloroprop, picram, silvex
DER. CLORONITROFENÓLICOS	DNOC, dinoterb, dinocap
DER. DE TRIAZINAS	Atrazine, ametryn, desmetrin
COMPUESTOS ORGÁNICOS DE ESTAÑO	Cyhexatin, dowco, plictrán
COMPUESTOS INORGÁNICOS	Pentóxido arsénico, obpa, fosfito de magnesio, cloruro de mercurio
COMPUESTOS DE ORIGEN BOTÁNICO	Rotenona, nicotina, aceite de canola

CLASIFICACIÓN SEGÚN RIESGO DE LA OMS	INFORMACIÓN QUE DEBE APARECER EN LA ETIQUETA			
	* GRADO DE TOXICIDAD	PELIGRO	COLOR DE LA BANDA	SÍMBOLO DE PELIGRO
I a Sumamente peligroso	Muy tóxico	[Red]	[Skull and crossbones]	Paratión, dieldrín
I b Muy peligroso	Tóxico	[Red]	[Skull and crossbones]	Eldrín, diclorvos
II Moderadamente peligroso	Nocivo	[Yellow]	[X]	DDT, clordano
III Poco peligroso	Cuidado	[Blue]	CUIDADO	Malatión
IV Productos que normalmente no ofrecen peligro		[Green]	CUIDADO	

BENEFICIOS	RIESGOS
EFICAZ PROTECCIÓN DE LOS CULTIVOS	IMPACTOS EN EL MEDIO AMBIENTE Y ECOSISTEMAS
AYUDAN A LA PRESERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS	Efectos tóxicos en animales y humanos
AYUDAN A LA PROTECCIÓN DE LOS MATERIALES	Biocumulación en seres vivos
EFICAZ CONTROL DE LAS ENFERMEDADES	
PROTECCIÓN DE LOS ANIMALES Y SERES HUMANOS	
PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	
AUMENTAN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS DE MANERA FÁCIL, ABUNDANTE, ECONÓMICA Y EFICIENTE	

Los plaguicidas han aportado numerosos beneficios a la agricultura y a la salud pública del ser humano desde su auge en la década de los '40 del siglo XX, tras el descubrimiento de las propiedades insecticidas del DDT. Sin embargo, son sustancias que pueden

producir una serie de efectos tóxicos y medioambientales y por lo tanto su uso presenta un riesgo que debe ser rigurosamente evaluado. El uso masivo y sin control de los plaguicidas organoclorados dio lugar a intoxicaciones y daños en el medio ambiente en los años

60. Producto de esto se creó en Estados Unidos, en 1965, la Agencia para la Protección del Medio Ambiente (EPA), encargada desde entonces de evaluar los beneficios y peligros de los plaguicidas y prohibió el uso del DDT en los 70. Fue así que se comenzó a masifi-



car el uso de los organofosforados y siguen siendo unos de los principales insecticidas. Actualmente la situación es muy diferente a la de los años 70 y los plaguicidas son objeto de pruebas y evaluación de riesgos minuciosos antes de la aprobación para su uso. Además, existen una serie de regulaciones internacionales que aseguran un uso seguro para la salud y el medio ambiente. Ahora bien, el problema viene cuando estas normativas no se aplican correctamente, bien por desconocimiento o por negligencia. Es el ingeniero agrónomo quien debe asegurar que el trabajador agrícola recibe la capacitación adecuada y usa los plaguicidas según los principios de las buenas prácticas agrícolas (BPAs) minimizando el riesgo y previniendo la contaminación ambiental.

En Chile existen una serie de iniciativas de las autoridades de los últimos años enfocadas a la adecuación a las normativas internacionales del mercado agrícola chileno. Entre ellas la creación de la Achipia, Agencia Chilena para la Calidad e Inocuidad Alimentaria, en el 2005 y la elaboración del Programa Nacional Integrado de Plaguicidas de Uso Agrícola en el año 2011.

## Aspectos toxicológicos y de seguridad alimentaria sobre plaguicidas

### a. Evaluación de riesgos

La evaluación de riesgos es la forma de adoptar decisiones sobre la protección a la salud en vista de la incertidumbre científica en toxicología y consta de las siguientes etapas:

- 1. Identificación del peligro: Determinación de los agentes biológicos, químicos y físicos que pueden causar efectos nocivos para la salud.
- 2. Caracterización del peligro: Evaluación cualitativa o cuantitativa de la naturaleza de los efectos nocivos para la salud, a ser posible con la inclusión de una evaluación de la relación dosis-respuesta.
- 3. Evaluación de la exposición: Evaluación cualitativa o cuantitativa de la ingestión probable de peligros de transmisión alimentaria, teniendo en cuenta otras vías de exposición en población laboral.
- 4. Caracterización del riesgo: Estimación cualitativa o cuantitativa, incluidas las incertidumbres concomitantes, de la probabilidad de que

se produzca un efecto nocivo, conocido o potencial, y de su gravedad para la salud de una determinada población.

La caracterización del peligro se suele estudiar mediante un modelo animal definiendo un “nivel sin efectos adversos observables” (NOAEL), extrapolando la vía de exposición a través de distintas etapas de la cadena alimentaria y calculando la ingesta alimentaria probable. En evaluación de riesgos de plaguicidas la caracterización del riesgo guarda correlación con la estimación de una ingesta diaria admisible (IDA) extrapolada a partir del NOAEL e incluyendo “factores de inocuidad” arbitrarios como manera de reducir la incertidumbre inherente a cualquier modelo animal y su extrapolación a las personas. La IDA representa una estimación de la cantidad máxima de peligro que puede absorber a diario el consumidor durante toda su vida sin riesgo para la salud. Para los casos de los plaguicidas se deben considerar los efectos para la salud tanto agudos como crónicos.

### b. Peligros principales

- 1. Algunos plaguicidas son muy persistentes en el medioambiente y se bioacumulan, es decir aumentan su acumulación en la cadena trófica son los Compuestos Orgánicos Persistentes (COP), por ejemplo, algunos organoclorados.
- 2. Algunos efectos tóxicos agudos específicos, se muestran en la Tabla 1.
- 3. Efectos crónicos de la exposición a niveles que no producen efectos agudos han sido sugeridos para algunos plaguicidas como efectos en el desarrollo, efectos neurológicos o inmunotoxicidad.
- 4. Algunos plaguicidas producen toxicidad a la reproducción.

### c. Evaluación de la exposición a plaguicidas

El medio ambiente es la fuente primordial de exposición a plaguicidas, seguida de la exposición laboral en



trabajadores que formulan, manufacturan, mezclan, transportan, cargan, almacenan o aplican plaguicidas y sus familias. El nivel de exposición y la probabilidad de intoxicaciones agudas en estos grupos son sustancialmente mayores mientras que la exposición en alimentos que afecta a la población general es ubicua y tiende a ser crónica.

La biodisponibilidad en el organismo va a depender de su toxicocinética (absorción, distribución, metabolismo y eliminación). Estos procesos están influenciados tanto por los patrones de exposición (temperatura ambiental, tipo de plaguicida, duración de la exposición, etc.) como por factores inherentes al individuo (edad, sexo, dotación genética, estado de salud, estado nutricional, etc.). Es por ello que medir la exposición a plaguicidas en un individuo o en una población determinada es complejo y está influenciada por múltiples factores.

Algunas de las herramientas de medición son:

- 1. Colección y análisis de la historia de la exposición.
- 2. Evaluación de expertos: del uso y manejo de plaguicidas en trabajadores.
- 3. Monitorización ambiental: Medición cuantitativa de los plaguicidas en muestras de alimentos, agua, aire y suelo. Los datos resultantes de la monitorización ambiental se utilizan para estimar de forma indirecta los posibles niveles de contaminación interna en el ser humano.
- 4. Biomonitorización: Es el método más preciso de estimación de la dosis interna y consiste en la determinación de las concentraciones específicas de plaguicidas o de sus metabolitos, llamados biomarcadores, directamente en diversos tejidos o fluidos del cuerpo humano. Los biomarcadores pueden ser de exposición, de efecto o de susceptibilidad. Algunos biomarcadores de plaguicidas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1:

PLAGUICIDA	EFFECTOS AGUDOS	BIOMARCADOR
ORGANOFOSFORADOS Clorpyrifos, Diazinon, Azinphos, Paration	Inhibición "irreversible" de colinesterasas, crisis colinérgica: náuseas, vómitos, hipersecreción, miosis, fasciculaciones, paro respiratorio, coma, muerte.	Niveles bajos de colinesterasa sérica (RBC)
CARBAMATOS Carbaryl, propoxur, methomyl	Inhibición "reversible" de colinesterasas, crisis colinérgica.	Niveles bajos de colinesterasa sérica (RBC)
CARBAMATOS	Tremor, ataxia, irritabilidad	3-phenoxybenzoico ácido urinario (en estudios)
PIRETROIDES Tipo I: Allethrin, Permethrin, Tetramethrin	Salivación, parestesia temporal, convulsiones	3-phenoxybenzoico ácido urinario (en estudios)
ORGANOCLORADOS Lindano, Endosulfan	Bloqueo GABA: Tremors, dizziness, seizures	Compuestos detectables en la sangre
COMPUESTOS CLOROFENOXIDOS 2,4 Diclorofenoxido	Náuseas, vómitos, acidosis, fiebre miálgica, neuropatía, miopatía	Niveles detectables en la sangre y orina
COMPUESTOS BIPIRIDINICOS Paraquat	Vómitos, lesiones corrosivas, hepatotoxicidad, necrosis tubular aguda, fibrosis pulmonar	Test de ditionito en la orina
RODENTICIDAS ANTICOAGULANTES Warfarina, Brodifacoum y Difetialona	Hemorragia (son antagonistas de la vitamina K)	Elevado tiempo de protrombina

#### d. Medición de la exposición a plaguicidas en alimentos

En la medición de la exposición En la caracterización de la exposición se describen la vía de exposición al peligro y las previsiones de la ingesta alimentaria. En la población general es fundamental la medición en el agua, los alimentos y el aire, especialmente los alimentos que representan su principal fuente de exposición. Para los residuos químicos se establecen límites máximos de residuos (LMR), de manera que la ingesta diaria máxima teórica de residuos sea inferior a la permisible en la IDA calculados en la evaluación del riesgo.

El LMR es la concentración máxima de un residuo de plaguicida (expresada en mg/kg) que se permite o reconoce legalmente como aceptable en o sobre un alimento, producto agrícola o alimento para animales.

El LMRE es la concentración máxima de residuo de un plaguicida que ha sido prohibido para uso agrícola, que

puede derivar de la contaminación del medio ambiente o de la utilización de estos compuestos en usos distintos a los usos agrícolas.

#### e. Normativas internacionales vigentes que regulan los plaguicidas

La medición de la exposición a plaguicidas en la alimentación está controlada por una serie de convenios y protocolos internacionales, entre estos destacan:

- 1. Protocolo de Montreal para disminuir y eliminar el uso de las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono (SAO), entre ellas el plaguicida Bromuro de Metilo (BrMe). En 1997 se estableció el calendario para la eliminación progresiva de éste, hasta llegar a su eliminación total el año 2005 en los países desarrollados y el año 2015 en los países en desarrollo. Para el caso de Chile, su uso quedó prohibido a partir del 1 de enero de 2015
- 2. Convenio de Rotterdam que re-



gula el comercio internacional de productos químicos, entre ellos los plaguicidas.

- 3. El Convenio Estocolmo del 2001. Este convenio obliga a los países a la eliminación de todos los COPs.
- 4. El Convenio de Basilea para el control de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación.
- 5. Los convenios de la Organización Internacional del Trabajo sobre el uso de productos químicos y la seguridad y salud en la agricultura.

#### f. El riguroso control actual de los residuos de plaguicidas

Además del cumplimiento de las normativas internacionales, cada país cuenta con su propia normativa nacional, su programa de monitoreo de plaguicidas y una serie de medidas locales para el control en el uso de plaguicidas,

Algunas de las normativas a considerar son:

**USA:** El Pesticide Data Program es un programa nacional anual de monitoreo de plaguicidas en productos agrícolas que se realiza desde 1991. Los plaguicidas y productos analizados los selecciona anualmente la EPA y con énfasis en aquellos productos de alto consumo infantil. Los informes se publican en [www.ams.usda.gov](http://www.ams.usda.gov) y el resto de información relevante en <http://www.epa.gov/pesticides>. En el último informe publicado para el año 2014 se analizaron 10.619 muestras siendo un 80,8% frutas y vegetales y siendo el 75,5 % de los analizados productos domésticos y el resto importados. El 99% de las muestras analizadas tenían residuos por debajo de los niveles tolerables exigidos por la EPA tras un lavado de 15-20 segundos en agua fría. De las muestras que superaban los niveles exigidos, el 50% eran importadas en su mayoría de México o Chile. Se analizan 457 plaguicidas, metabolitos, productos de degradación o isómeros y 22 contaminantes ambientales por métodos multi-residuos.

## LOCAL

- Manejo integrado de plagas (MIP)
- Implementación y seguimiento de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)
- Actividades de formación: credencial de aplicadores de plaguicidas del SAG

## NACIONAL

- Educación poblacional
- Programa nacional integrado de plaguicidas de uso agrícola (Achipia) establecimiento y monitorización de los LMR, vigilancia epidemiológica de trabajadores y resto de población

## INTERNACIONAL

- Convenio de Estocolmo: persistent organic pollutants (POP)
- Convenio de Rotterdam: Hazardous chemical and pesticides
- Convenio de Basilea
- Codex alimentarius: LMR
- Protocolo de Montreal

**Europa:** El uso de plaguicidas en la Unión Europea está regulado por la normativa Regulation (EC) No 1107/2009 y los MRLs están cubiertos en la regulación (EC) No 396/2005. La comisión establece en un programa plurianual los plaguicidas y muestras que deben analizarse. La máxima autoridad europea en la materia (la EFSA, European Food Safety Authority) en su último informe publicado, en 2013, analizo 80.967 muestras de frutas, verduras, cereales, carnes, leche, miel, vino. Siendo el 68,2 % de los analizados productos domésticos y el resto importados. El 97,4% de las muestras analizadas tenían residuos por debajo de los niveles tolerables exigidos, un 1,5% excedían claramente los niveles y en las muestras importadas un 5,7%. Se analizan 685 plaguicidas, metabolitos, productos de degradación o isómeros. Los informes se publican en <http://www.efsa.europa.eu> y el resto de información relevante está disponible en <http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/pesticides>.

**Chile:** Entre los años 2006-2007, se llevó a cabo en Chile el primer Programa de Monitoreo de Residuos de Plaguicidas y en 2011 se presentó el Programa nacional integrado de plaguicidas de uso agrícola. El programa y los análisis anuales se elaboran por la mesa de plaguicidas de la ACHIPIA, en coordinación con el ISP, el SAG y SERNA-PESCA. La norma vigente en Chile que "Fija tolerancias máximas de residuos de plaguicidas en alimentos" es la Resolución 33/10 del Ministerio de Salud, actualizada y complementada por la Resolución 762 de 2011. Los LMR que establece esta resolución, son adoptados principalmente del Codex Alimentarius o, en su defecto, los establecidos por la UE o la EPA. El SAG establece las normas para la evaluación y la autorización del uso de plaguicidas y realiza la evaluación de riesgos y el registro de plaguicidas en Chile. Los plaguicidas autorizados actualizados a 22 de enero de 2016 se muestran en la Tabla 3 y el listado completo está disponible en <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/>

evaluacion-y-autorizacion-de-plaguicidas/1367/registros junto con su clasificación toxicológica según la OMS. La Norma establece límites para 147 Ingredientes Activos en 60 alimentos, con un total de 9.000 LMRs. El programa anual de monitoreo de plaguicidas del SAG comenzó en el año 2011. En los últimos datos publicados del año 2012 donde se analizaron 2538 muestras de 60 frutas y vegetales distintos y se analizan 180 plaguicidas, metabolitos, productos de degradación. Un 1% de las frutas, un 6% de las hortalizas y un 19% de las muestras importadas excedían los niveles permitidos.

### Situación de Chile en el mundo, actuales desafíos

En un mundo en el que los consumidores son cada vez más exigentes para obtener productos saludables e inocuos, además de un aumento de la información toxicológica sobre plaguicidas y de las posibilidades científicas en cuanto a las mediciones de los residuos y otros factores socioeconómicos, nos encontramos ante un escenario de normas cada vez más restrictivas en continua actualización y modernización. Entre los principales desafíos de Chile para ser potencia agroalimentaria mundial están en mantener un marco normativo y armonizado con la normativa internacional en plaguicidas.

Tabla 2:

PLAGUICIDAS AUTORIZADOS, ENERO 2016	PRODUCTOS FORMULADOS	SUSTANCIAS ACTIVAS
SERIE 1000	Insecticidas	116
SERIE 2000	Funguicidas	133
SERIE 3000	Herbicidas	112
SERIE 4000	Misceláneos	51
TOTAL		412

Se debe conseguir una disminución sostenida en la detección de residuos de plaguicidas en alimentos que exceden los límites tanto para exportación como para consumo nacional, aumentando la seguridad alimentaria y eliminando los rechazos para los productos de exportación. Las principales prioridades son:

- 1. La actualización y modernización constante del marco normativo integrado y armonizado respecto a referencias internacionales en aspectos de autorización, uso, manejo y límites máximos de residuos de plaguicidas.
- 2. La ausencia de LMR para determinadas combinaciones de plaguicida/alimento.
- 3. Conseguir un mayor control en las actividades y trazabilidad de las muestras para disminuir las muestras que no cumplen los LMR.
- 4. Conseguir un mayor control en las muestras importadas.
- 5. La implementación total de las BPAs en pequeños agricultores y en la

agricultura para el mercado chileno.

- 6. Mejorar la capacidad analítica para residuos de plaguicidas en el país.
- 7. Disponer de programas de capacitación y difusión de estudios y temas relativos al uso y manejo de plaguicidas en la agricultura y su alcance en alimentos.

Con la creación del Programa Nacional Integrado de Plaguicidas de Uso Agrícola y el resto de medidas cabe esperar que Chile consiga superar estos desafíos en los próximos años. Pero debemos recordar que es también responsabilidad de todo ingeniero agrónomo el conocimiento y aplicación de estas normativas y de la actualización en la evaluación toxicológica de los plaguicidas, además de asegurar que se usen según los principios de las BPA y la trazabilidad de sus productos consiguiendo así la inocuidad y seguridad alimentaria de nuestros productos al nivel de máxima exigencia. 

