

Libros de **Cátedra**

Protección vegetal

Una mirada hacia el cuidado del ambiente
y la salud humana

Susana Beatriz Padin - Silvia Alicia Passalacqua
(coordinadoras)

n
naturales

FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

PROTECCIÓN VEGETAL

UNA MIRADA HACIA EL CUIDADO DEL AMBIENTE
Y LA SALUD HUMANA

Susana Beatríz Padín
Silvia Alicia Passalacqua
(coordinadoras)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



Si destruimos la Creación, la Creación nos destruirá a nosotros

La humanidad está llamada a tomar conciencia de la necesidad de realizar cambios de estilos de vida, de producción y de consumo.....

PAPA FRANCISCO

Índice

Prólogo _____	5
<i>Silvia Alicia Passalacqua</i>	
Capítulo 1. Productos fitosanitarios, formulaciones, etiquetado, registro, productos naturales, _____	6
<i>Gladys Laporte & Susana Beatriz Padín.</i>	
Capítulo 2. Aplicación de productos fitosanitarios, _____	23
<i>Cecilia Abramoff.</i>	
Capítulo 3. Uso seguro y responsable de productos fitosanitarios. _____	41
<i>Gladys Lampugnani.</i>	
Capítulo 4. Resistencias de las plagas a los productos fitosanitarios, _____	57
<i>Silvia Alicia Passalacqua.</i>	
Capítulo 5. Biotecnología moderna, su aporte a la protección vegetal, _____	72
<i>Silvia Alicia Passalacqua.</i>	
Los autores _____	86

PRÓLOGO

Desde épocas remotas las plagas de los vegetales en cultivo y en la post-cosecha han sido una preocupación para investigadores, experimentadores y agricultores, perseverando el objetivo de optimizar los rendimientos a través de un manejo de bajo impacto para el ambiente y la salud humana. Así fue como se mejoró la calidad de las formulaciones de productos fitosanitarios (PF), se restringieron y prohibieron principios activos de alta toxicidad, los registros nacionales e internacionales se volvieron cada vez más exigentes sobre todo en aspectos relacionados a la toxicología y ecotoxicología. Se incorporaron los avances tecnológicos en maquinaria agrícola de alta precisión especialmente para la aplicación de PF, se adoptó gradualmente la siembra directa como sistema conservacionista, la biotecnología aplicada a la agricultura, la adecuación a mercados de exportación entre otros. Acompañando esta tendencia a mediados del siglo XX, el sector productivo en su conjunto experimentó una transformación al acceder a las innovaciones tecnológicas que lograron un aumento de la productividad. En el dictado del curso de grado para esta temática, los tiempos no son suficientes para su desarrollo, la bibliografía está en general dispersa y existe valioso material de difícil acceso. Por tal motivo se presentan cinco capítulos que reflejan aspectos novedosos para el manejo de las plagas siguiendo los lineamientos de la buena práctica agrícola, como así también la prevención de efectos no deseables como es la generación de resistencia.

CAPÍTULO 1

Productos fitosanitarios, formulaciones, etiquetado, registro, productos naturales

Gladys Laporte - Susana Beatríz Padín

Introducción

En el presente capítulo se presentan definiciones de utilidad en Terapéutica Vegetal, la clasificación de los fitosanitarios, descripción y normas de etiquetado, clasificación toxicológica, registro de productos sintéticos y naturales que facilitarán la comprensión del libro en los próximos capítulos.

Plaga es cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal, o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, CASAFE, 2015 - 2017, 93).

Plaguicida es toda sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos. El término incluye las sustancias destinadas a utilizarse como reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de fruta o agentes para evitar la caída prematura de la fruta y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto contra el deterioro durante el almacenamiento y transporte (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, 1990).

Agroquímico es toda sustancia de origen químico cuyo ingrediente/s activo/s han sido diseñados para que cumpla una función específica en el entorno agrícola, actualmente llamados fitosanitarios, los cuales se expenden formulados para su aplicación, logrando el objetivo biológico, según las normas de seguridad e higiene vigentes.

Formulación es la combinación de una o más sustancias activas (también llamadas principios activos, ingrediente activo o droga grado técnico), con sustancias auxiliares que determinarán el estado físico en que se comercializa el producto.

Se denomina **sustancia activa o principio activo (p. a)** a todos los productos que tienen un grado de pureza inferior a las de uso químico y se utilizan para formular plaguicidas de uso agrícola (fitosanitarios), veterinario, hogareño, etc. Se las comercializa bajo especificaciones denominadas "standard" que indican la cantidad de droga pura y otras características físicas y químicas. La mayoría de los p.a. se importan de diferentes países, aunque algunas se sintetizan en empresas nacionales. Dentro de sus propiedades importantes se puede citar el estado físico, punto de fusión y de ebullición, densidad, peso molecular, solubilidad en distintos disolventes, tensión de vapor, estabilidad, entre otros. Se comercializan mediante normas ISO (International Organization for Standardization) para facilitar el comercio internacional. Existen p.a de diferente calidad y precio, dependiendo del fabricante y del país de origen.

Sustancias auxiliares

Las **sustancias auxiliares** son todas aquellas que acompañan a los p. a. en la formulación, pueden ser vehículos (minerales u orgánicos), disolventes, tensioactivos, adhesivos, deactivadores y colorantes.

Dentro de los vehículos minerales se puede mencionar, al talco, diatomea, celite, caolín, etc.; su función es absorber el p.a cuando se presenta como líquido o pastoso o darle volumen en el caso de formulaciones en polvo o granulado. Los vehículos orgánicos, tales como el aserrín de madera, semillas, cáscara de naranja, harina, afrechillo, etc. son utilizados en formulaciones especiales. Los disolventes o también llamados solventes, son sustancias derivadas de los hidrocarburos que poseen la función de disolver el p.a. Es importante en este caso que tengan determinadas características como el poder de disolución, punto de ebullición, punto de inflamación, densidad, fitotoxicidad, a fin de lograr un producto eficiente y seguro.

Tensioactivos: son sustancias que actúan sobre la tensión superficial de los líquidos, o sobre la tensión interfacial entre dos líquidos o entre un líquido y un sólido y un sólido o gas. En el caso de formulaciones sólidas permiten la suspensibilidad y mojabilidad de las partículas sólidas en agua (polvos mojables y granulados dispersables), siendo los más utilizados los dispersantes y humectantes.

Adhesivos: son componentes que mejoran la retención o tenacidad del depósito de plaguicida sobre la superficie vegetal, evitando o disminuyendo su pérdida por efecto de lluvia, viento, rocío.

Deactivadores: son sustancias que bloquean los sitios ácidos en aquellos vehículos minerales que presentan actividad superficial.

Colorantes: son sustancias de origen natural o sintético que se usa para dar coloración (CASAFE, 2015 - 2017, 86).

Marbetes

En nuestro país, los productos fitosanitarios se deben comercializar con sus etiquetas (marbetes), escritas en español, previa evaluación y aprobación para la venta en el Registro Nacional de Terapéutica Vegetal.

La etiqueta contiene información importante, reglamentada bajo normas internacionales, por lo tanto se recomienda realizar una correcta lectura.

Los marbetes poseen tres cuerpos o sectores:

- a) Cuerpo derecho: indica las instrucciones y recomendaciones de uso (cultivos a tratar, dosis y momento de aplicación) y las restricciones para evitar la presencia de residuos objetables.
- b) Centro de la etiqueta: figura la marca, composición química, fecha de vencimiento, empresa productora o importadora y número de registro en el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, SENASA.
- c) Cuerpo izquierdo: presenta precauciones de manipuleo, almacenamiento, primeros auxilios, antídotos, advertencias para el médico, la clase toxicológica y los solventes orgánicos en caso de poseerlos. Además aparecen los riesgos ambientales y los teléfonos de los Centros Toxicológicos (Figura 1).

PRECAUCIONES:
 -MANTENER ALEJADO DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS Y DE PERSONAS INEXPERTAS.
 -NO TRANSPORTAR NI ALMACENAR CON ALIMENTOS.
 -NUTILIZAR LOS ENVASES VACIOS PARA EVITAR OTROS USOS.
 -EN CASO DE INTOXICACION LLEVAR ESTA ETIQUETA AL MEDICO.
 -EL PRESENTE PRODUCTO DEBE SER COMERCIALIZADO Y APLICADO DANDO CUMPLIMIENTO A LAS NORMATIVAS PROVINCIALES Y MUNICIPALES VIGENTES.
 -PELIGRO. SU USO INCORRECTO PUEDE PROVOCAR DAÑOS A LA SALUD Y AL AMBIENTE. LEA ATENTAMENTE LA ETIQUETA.

MEDIDAS PRECAUTORIAS GENERALES:
 Evitar su inhalación, el contacto con piel y ojos y la contaminación de los alimentos. Durante su aplicación usar guantes, botas de goma y ropa protectora adecuada. Lavar con agua y jabón las partes del cuerpo que hayan tomado contacto con el producto, así como la indumentaria utilizada. No comer, beber ni fumar durante la aplicación. Enjuagar con agua el equipo de aplicación, luego de su utilización. No destapar los picos de las pulverizadoras con la boca.

RIESGOS AMBIENTALES:
 Producto moderadamente tóxico para aves. Moderadamente tóxico para peces. No contaminar fuentes de agua.
Altamente tóxico para abejas:
 Dar aviso a los apicultores antes de la aplicación para el cierre de las colmenas. No asperjar sobre colmenares en actividad. Si no puede trasladarlas, tapar la entrada de la piquera durante la aplicación con arpillera húmeda o espuma de goma. Asperjar durante la mañana o noche, fuera del horario de pecoreo.

TRATAMIENTO DE REMANENTES Y CALDOS DE APLICACION:
 Efectuar un prollajo lavado del remanente de los envases y equipo de aplicación. Vierta el líquido de enjuague en el tanque de la pulverizadora, junto con los restos del caldo y aplique sobre el cultivo. Los restos de producto puro no utilizado, puede almacenarse en su envase original cerrado.

TRATAMIENTO Y METODO DE DESTRUCCION DE ENVASES VACIOS:
 Efectuar un triple lavado antes de proceder a la destrucción de los envases. Los envases deben ser inutilizados por perforación y posteriormente eliminados mediante empresas habilitadas para tal fin. Seguir normas locales, asegurando no contaminar el ambiente.

INSECTICIDA
 GRUPO 3
 GRUPO 4

MARCA
 COMERCIAL

bifenthrin: (2-metil (1,1'-bifenil)-3-il) metil 3-(2-cloro-3,3 trifluoro-1-propenil) 2,2-dimetil ciclopropano carboxilato.....	3 g
imidacloprid: 1-(6-cloro-3-piridilmetil)- N-nitroimidazolidin-2-ilideneammina.....	10 g
coadyuvantes y agua c.s.p.....	100 cm ³

LEA INTEGRAMENTE ESTA ETIQUETA ANTES DE UTILIZAR EL PRODUCTO

Inscrito en el S.E.N.A.S.A. con el N° XXX

N° de Lote: Ver en el envase

Fecha de vencimiento: Ver en el envase

Origen: Argentina

No Inflamable

Contenido Neto: 1 litro

EMPRESA QUE LO
 COMERCIALIZA

NOTA: La firma XXX garantiza la calidad de este producto. Dado sin embargo que su aplicación y el manejo escapan del control de la Empresa, la firma no se responsabiliza por los daños y perjuicios que pudieran derivarse de un uso del producto, distinto al indicado en este marbete.

ALMACENAMIENTO:
 No almacenar junto con productos para alimentación humana y animal. Mantener el producto lejos de fuentes de calor, en lugar seco, fresco y bien ventilado.

DERRAMES:

En caso de derrames, cubrir con material absorbente (aserrín, arena, tierra, etc.), barrer y recoger el barrido disponiéndolo en recipientes adecuados para su incineración en condiciones controladas.

PRIMEROS AUXILIOS:

En caso de inhalación, llevar a la persona afectada hacia el aire fresco y procurar atención médica si se presentan síntomas de intoxicación. Si hay contacto con la piel lavar cuidadosamente con abundante agua y jabón. Si aparece irritación persistente realizar una consulta médica. Si entra en contacto con los ojos lavar con agua durante un mínimo de 15 minutos a párpado abierto. En caso de ingestión, **procurar asistencia médica de inmediato.**

Advertencia para el médico: Producto ligeramente peli-gro (Clase III)

Toxicidad inhalatoria: Categoría II (NOCIVO).

Irritación dérmica: No irritante dérmica.

Irritación ocular: Moderado irritante ocular (CUIDADO).

Categoría III. Causa irritación moderada a los ojos.

No sensibilizante dérmica.

Aplicar tratamiento sintomático y de recuperación.

SINTOMAS DE INTOXICACIÓN AGUDA:

Las manifestaciones pueden presentarse como malestar general, fatiga, contracción, debilidad muscular, calambres. Por contacto oral, dérmica e inhalatorio se pueden presentar sensaciones cutáneas anormales como: adormecimiento, picazón hormigueo y quemazón de la piel. El contacto ocular puede provocar dolor, ardor, irritación local. Por ingestión puede producirse dolor abdominal, náuseas, vómitos y diarrea.

CONSULTAS EN CASO DE INTOXICACION:

- Hospital de Niños R. Gutiérrez. Buenos Aires

- Tel. 011 4962-6666/2247

- Hospital de Clínicas de Buenos Aires.

- Tel. 011 5950-8804/06 int. 480.

- Centro Nacional de Intoxicaciones Policlínico Posadas.

- Tel. 011 4654-6648/011 4658-7777

- **TAS - Toxicología, Asesoramiento y Servicios - Rosario**

- Tel. 0341 4480077/0341 4242727



CUIDADO

Figura 1. Etiqueta o Marbete Fitosanitario

En su parte inferior todas las etiquetas tienen una banda de color que indica la categoría toxicológica del producto fitosanitario (Cuadro 1).

CLASIFICACION DE LA OMS SEGÚN LOS RIESGOS	CLASIFICACION	COLOR DE LA BANDA	LEYENDA DE LA BANDA
CLASE Ia Producto sumamente Peligroso	MUY TOXICO	ROJO	MUY TOXICO
CLASE Ib Producto muy Peligroso	TOXICO	ROJO	TOXICO
CLASE II Producto moderadamente Peligroso	NOCIVO	AMARILLO	NOCIVO
CLASE III Producto poco Peligroso	CUIDADO	AZUL	CUIDADO
CLASE IV Productos que normalmente no ofrecen peligro		VERDE	CUIDADO

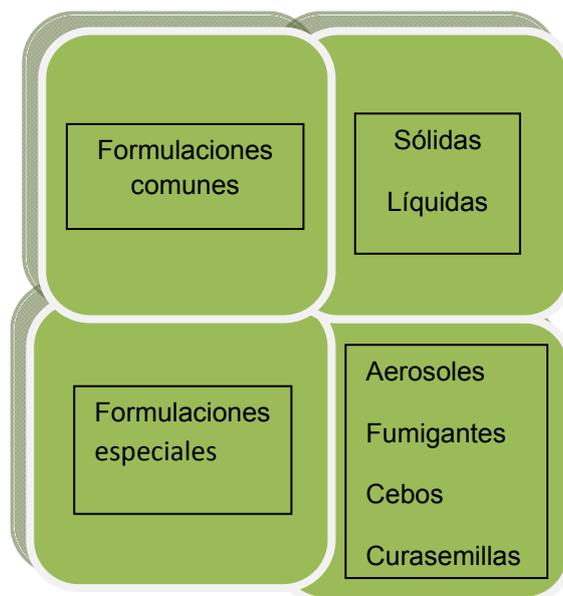
Cuadro 1. Clasificación Toxicológica de los Productos Fitosanitarios

Uso de pictogramas para productos fitosanitarios

La Global Crop Protection Federation (GCPT) en conjunto con la FAO elaboró una serie de pictogramas, en forma de símbolos, para ser incluidos en las etiquetas. Estos brindan información acerca de la seguridad y advierten a los usuarios en forma visual sobre: almacenamiento, manipuleo y aplicación, seguridad e higiene y riesgos ambientales según se observa en la Figura 1.

La Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes ha comenzado una campaña de divulgación de estos símbolos a fin de incorporarlos en forma voluntaria y sin contravenciones a la Reglamentación oficial sobre el rotulado (CASAFE, 2015 - 2017).

La siguiente clasificación de formulaciones de productos fitosanitarios es la adoptada por el Curso de Terapéutica Vegetal (Cuadro 2):



Cuadro 2. Clasificación de Formulaciones de Productos Fitosanitarios

Formulaciones comunes sólidas

Dentro de las formulaciones comunes sólidas se encuentran los *polvos para espolvoreo*, que se presentan comercialmente listos para usar. Su aspecto es un polvo fino, seco y suelto, usándose en la actualidad en lugares con poca disponibilidad de agua, en cultivos forestales o para aquellos casos en que no se desea agregar agua al cultivo. Entre las desventajas se debe tener en cuenta el tamaño pequeño de sus partículas, existiendo la posibilidad de ser arrastrado por el viento (deriva) y afectados por la lluvia, rocío y la humedad ambiente.

El *polvo soluble* no se encuentra muy difundido debido a que el p.a debe ser soluble en agua, siendo pocos los que tienen esta característica, formando soluciones verdaderas.

Los *polvos mojables* se usan en dispersión con el agua, no presentan riesgos de toxicidad ni de fitotoxicidad. Los polvos solubles y mojables se aplican con equipos pulverizadores comunes.

Los *granulados* al igual que los polvos se utilizan de la misma manera que se comercializan, su diferencia es el mayor tamaño de partículas, no presentan deriva, llegan a lugares de difícil acceso como el suelo o el agua cubierta por vegetación. Además poseen alto costo de fabricación, manipuleo y transporte.

Los *granulados dispersables en agua*, se aplican como los polvos mojables con equipos pulverizadores dando como resultado suspensiones o líquidos floables. Poseen la ventaja de que se mide volumen, no se transporta agua en consecuencia no se congelan, no posee disolventes inflamables o fitotóxicos entre otras (Padín *et al*, 2013).

Formulaciones comunes líquidas

Las formulaciones comunes líquidas se presentan para la venta en este estado pudiendo encontrarse envases desde 30 mL hasta de 200 L. Entre las registradas en el país se mencionan a los *líquidos solubles*, que tienen como característica principal que el p.a es soluble en agua, actualmente existen pocas formulaciones de este tipo debido a que pocos p.a. tienen esta propiedad.

Los *líquidos emulsionables* son una de las formulaciones más utilizadas en el país, forman una emulsión al mezclarse con el agua para su aplicación.

Los *líquidos emulsionados* o emulsiones preformadas son formulaciones de aceites insecticidas con emulsionantes del tipo aceites de pescado y agua en su composición, llamados comúnmente aceites blancos o pastas blancas.

Las *suspensiones* son pequeñas partículas de un polvo suspendido en un líquido, que puede ser agua, aceite u otro disolvente.

Con el objetivo de mejorar algunas características indeseables de las emulsiones se crean las *microemulsiones* las cuales poseen disolventes no contaminantes para el ambiente, usuarios, permitiendo utilizar envases de material plástico que resultan más económicos. En este sentido se formulan también los *microencapsulados* o suspensiones de microcápsulas, cubiertas por un polímero orgánico, estables sobre distintas superficies y disponibles para entrar en contacto por ejemplo con el insecto, actuando por contacto e ingestión. Los *ultra bajo volumen* (U L V) son líquidos listos para usar, se aplican con equipos especiales permitiendo la dispersión de bajos volúmenes al producir gotas muy pequeñas. Posee como característica una viscosidad y densidad mayor que el agua y baja volatilidad, posibilitando su utilización con equipos pulverizadores aéreos (Padín *et al*, 2013).

Formulaciones especiales

Son formulaciones que se utilizan para el control de plagas específicas, poseen componentes especiales tales como vehículos orgánicos, colorantes, atrayentes, repelentes, entre otros y se aplican de forma distinta a las comunes, entre ellos se encuentran los *aerosoles* que pueden ser líquidos o sólidos y de descarga total. Un aerosol es una dispersión de partículas sólidas o líquidas en el aire, se utilizan en lugares cerrados para lograr su eficiente aplicación. Como ejemplos más conocidos se mencionan a los espirales de uso doméstico (aerosol sólido) y a los desodorantes de ambiente, perfumes, insecticidas para control de insectos voladores, cucarachas y hormigas, entre otros (aerosol líquido).

Fumigantes son aquellas formulaciones que actúan en ambientes cerrados efectuando una dispersión a nivel molecular, se utilizan para desinfección de almacigos, silos, galpones, viviendas, etc.

Los *cebos* son formulaciones de uso habitual, las más utilizadas son para controlar hormigas (hormiguicidas), roedores (rodenticidas), babosas y caracoles (molusquicidas) y aves

(avicidas), pueden ser sólidos o líquidos con el agregado de sustancias atrayentes o repelentes.

La formulación especial *curasemillas* está constituida por uno o varios p.a. fungicidas o combinación de p.a. fungicidas e insecticidas cuya función es proteger de los patógenos de semillas y de suelo como también de los insectos, según los casos, con el objetivo de asegurar una correcta germinación e implantación; generalmente poseen un colorante para distinguir la semilla tratada (Padín *et al.*, 2013).

Productos naturales

El control convencional de adversidades biológicas se realiza generalmente con productos fitosanitarios químicos sintéticos cuyo uso continuo e indiscriminado ha generado problemas colaterales sobre la fauna benéfica, la contaminación del ambiente, genotipos de plagas resistentes, riesgos para la salud humana y animal.

La demanda de los consumidores por alimentos sanos y subproductos agrícolas seguros y de mejor calidad, ha generado la búsqueda de métodos de control no contaminantes y compatibles con la agricultura sustentable (Vianna *et al.*, 2012). Este motivo ha movilizó a los investigadores y la industria, a estudiar y trabajar en el desarrollo de productos alternativos, que resulten menos tóxicos y más amigables con el ambiente, explorando diferentes sustancias de origen natural como *polvos*, *aceites* y *extractos vegetales*, *tierras de diatomeas* (TD), *caolín*, *cenizas volcánicas* y *hongos entomopatógenos* (HE), entre otros.

Los productos naturales poseen propiedades insecticidas, fungicida, repelentes, atrayentes, inhibidores de la alimentación y de la reproducción, además pueden producir toxicidad aguda e interferencia en el crecimiento y desarrollo de los insectos. En general estos productos no generan fenómenos de resistencia ni ejercen el impacto ambiental de los insecticidas de síntesis (Ricci *et al.*, 2006; Stadler *et al.*, 2010; Ringuélet *et al.*, 2014).

Productos vegetales

Existen múltiples referencias sobre la utilización de *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae) “tabaco” en forma de polvo vegetal (PV) y extracto vegetal (EV) dentro del campo de los insecticidas naturales con buena efectividad (Arango, 2011). Estudios realizados por Padín *et al.*, (2002, 2007, 2012) para el control del áfido *Neotoxoptera formosana* (Takahashi) en cultivos de *Allium schoenoprasum* con PV de *Baccharis trimera*, *Brassica campestris*, *Myoporum acuminatum*, *Sorghum halepense* L., *Xanthium cavanillesii* S., *Matricaria chamomilla* L., *Viola tricolor* L., *Conium maculatum* L., *Artemisia vulgaris* L., determinaron valores de mortalidad cercanos al 92%. Asimismo comprobaron el efecto repelente de *Laurus nobilis* L. sobre *Myzus persicae* Sulz. y *Brevicoryne brassicae* L. en cultivos de repollo con resultados comprendidos entre 60 y 90%. Mwine *et al.*, (2013, 1582) registraron la reducción poblacional

de *B. brassicae* en cultivos de coles cuando se realizaban tratamientos con EV de *Euphorbia* sp. y *Phytolaca* sp.

Actualmente, existe una tendencia orientada hacia la revalorización y aprovechamiento de fitoterápicos de la flora autóctona como fuente de recursos biológicos con propiedades insecticidas y repelentes. Dentro de ella, las especies del Monte Ribereño del Partido de Magdalena (Pcia. de Buenos Aires) constituyen un inmenso recurso de diversidad biológica cuyo potencial insecticida ha sido escasamente estudiado. Vianna *et al.* (2013) investigaron el poder bioinsecticida de PV y EV, provenientes de dicha flora autóctona para el manejo agroecológico de insectos-plaga en granos almacenados. Se testearon polvos (5% p/p) y extractos metanólicos (10% p/v) de 29 especies vegetales. Los insectos blanco utilizados fueron adultos de “tribolio castano” *Tribolium castaneum* Herbst. (Tenebrionidae) y “taladrillo de los granos” *Rhyzoperta dominica* Fabr. (Bosctrichidae). Las especies vegetales investigadas produjeron valores de mortalidad cercanos al 100% con los PV de *Phytolacca tetramera*, *Mimosa pigra*, *Tagetes minuta*, *Wedelia glauca*, *Jodinia rhombifolia*, *Prosopis nigra* y *Senna corimbosa* y los EV de *Solidago chilensis*, *W. glauca*, *J. rhombifolia*, *P. nigra*, *Solanum sisymbriifolium*, y *S. corimbosa*. El trabajo realizado indica que los derivados de las plantas nativas son una herramienta promisoriosa para el biocontrol de coleópteros-plaga de granos almacenados, disminuyendo el impacto ambiental de los insecticidas de síntesis.

Geomateriales

Dentro de los geomateriales, se encuentran las zeolitas, caolín, tierras de diatomeas (TD), otros. Las *zeolitas* son aluminosilicatos alcalinos, en general derivadas de materiales volcánicos, que registran diferente composición química y características cristalográficas (Montalvo *et al.*, 2012; Sprynskyy *et al.*, 2005). Investigaciones realizadas por Haryadi *et al.*, (1994) y Kljajić *et al.*, (2010) demostraron el potencial insecticida de las zeolitas naturales para el control de coleópteros plaga.

Existen otras partículas minerales como el *caolín* cuyas formulaciones sólidas y líquidas han mostrado buenos resultados para el control de ciertos homópteros y lepidópteros en frutales.

Asimismo tratamientos realizados con caolín en cultivos hortícolas han confirmado su efectividad para el control de “polilla del tomate” *Tuta absoluta*, “minadores de la hoja” *Liriomyza* sp. y “mosca blanca” *Trialeurodes vaporariorum* (Díaz *et al.*, 2002; Karagounis *et al.*, 2006).

El caolín ejerce su control en diferentes tipos de artrópodos sobre todo en los estados ninfales y adultos debido a que estos polvos inertes, tienen la capacidad de absorber los lípidos cuticulares, deteriorando la cutícula de los insectos y provocando su deshidratación. Además, se ha evidenciado que estas partículas generan una barrera que impide la alimentación del insecto causando inanición (Nuñez López, 2014).

Las *tierras de diatomeas* son polvos inertes de origen sedimentario, compuestas por esqueletos de microscópicas algas acuáticas unicelulares, formando parte del fitoplancton existente en ríos y océanos (Korunic, 1998). Estos sedimentos contienen principalmente las paredes celulares de las diatomeas (frústulos), compuestas por sílice amorfa. Según la

clasificación de la Organización Mundial de la Salud, la TD amorfa pertenece a la Clase III (WHO, 2009), considerada no tóxica para mamíferos y su uso en alimentos almacenados está autorizado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USA Federal Register, 1981), así como por la Administración de Drogas y Alimentos de USA (FDA) y organismos de control de la Unión Europea (Fusé *et al.*, 2013)

Se ha verificado que existen grandes diferencias en cuanto a las colectas de especies de TD realizadas en distintas partes del mundo, especialmente en relación a sus propiedades físicas y a su eficiencia. La actividad insecticida dependería de características fisicoquímicas de las TDs, como el contenido de SiO₂, el tamaño de partícula, la capacidad de adsorción de lípidos y la presencia de impurezas (arcillas) y estos parámetros varían con el origen de la muestra.

Las TDs tienen múltiples usos, se emplean para filtrar y clarificar alimentos y bebidas, en compuestos desodorizantes, en moldes dentales, como antiaglomerante en alimentos para animales; las de menor calidad se usan como sanitario higiénico para gatos. El empleo de TDs en el control físico de insectos plaga posee alto valor agregado, están registradas como insecticida de bajo riesgo en diferentes países, principalmente, para el control de insectos en granos almacenados, para uso doméstico y también para plagas en cultivos protegidos (Korunic, 1998; Athanassiou *et al.*, 2007; Fusé *et al.*, 2013).

El mecanismo de acción insecticida de la TD es por abrasión y adsorción de los lípidos cuticulares del insecto que produce la muerte por desecación, similar al caolín. Los lípidos que recubren la superficie de los insectos no sólo regulan el balance de agua evitando la desecación que resulta letal, también tienen una participación relevante en la absorción de sustancias químicas e insecticidas, en la penetración de microorganismos y participan en procesos de comunicación química como feromonas de contacto (Juárez & Calderón Fernández, 2007; Pedrini *et al.*, 2007; Blomquist & Bagnères, 2010).

Fusé *et al.*, (2013) evaluaron la capacidad insecticida de TD de yacimientos argentinos ubicados en las provincias de Río Negro (RN) y San Juan (SJ) sobre *T. castaneum*, *R. dominica* y "gorgojo del arroz" *Sitophilus oryzae* L. (Curculionidae) a los 7 y 14 días de exposición a granos tratados con 700 ppm de TD. La especie más susceptible resultó *S. oryzae* con TD SJ con valores del 80% de mortalidad a los 7 días del tratamiento y 100% a los 14 días (Figura 3).

Asimismo Ulrichs *et al.*, (2001) destacaron la utilización de TD para el control de áfidos obteniendo resultados promisorios. Debido a su acción físico-mecánica, se hace imposible la aparición de resistencia en plazos previsibles (Casini & Santajuliana, 2008).

A diferencia de los insecticidas químicos, las TDs son de origen natural, de baja toxicidad, no tienen riesgo para personas y animales que estén en contacto con el producto y son insecticidas aptos para las producciones orgánicas (Ex -Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación, 1992).

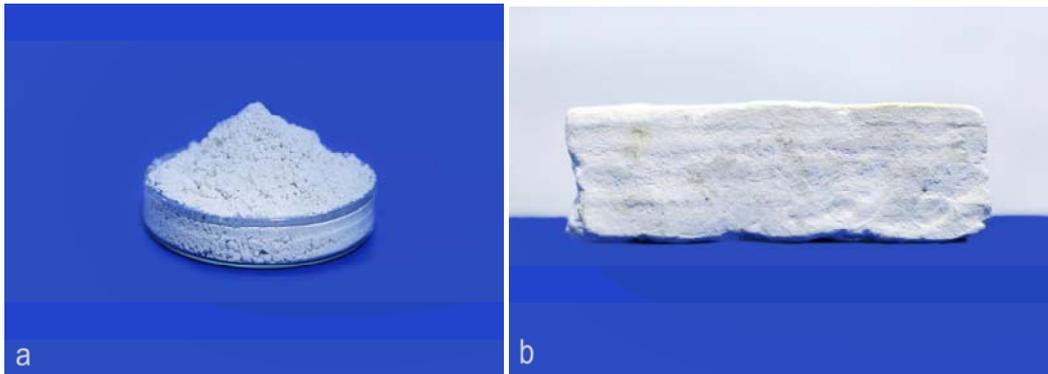


Figura 3. Tierras de diatomeas de la localidad de Ingeniero Jacobacci (Pcia. de Río Negro)
a. TD en polvo y b. bloque de TD

Hongos entomopatógenos

Los *hongos entomopatógenos* son importantes agentes de control biológico en todo el mundo y han sido objeto de intensa investigación desde hace más de 100 años (Vega *et al.*, 2012). Algunas de las ventajas que presentan estos organismos para ser utilizados en programas de control microbiano de insectos son: alta especificidad, fácil dispersión natural, cultivo *in vitro* con mantenimiento de la patogenicidad, inocuidad para vertebrados y la posibilidad de mantener un control permanente una vez establecidos en el ambiente. Además poseen la capacidad de multiplicarse y dispersarse en el ambiente, principalmente a través de insectos parasitados. Los HE tienen una desventaja respecto al control químico es que al tratarse de organismos vivos, son sensibles a las condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa, luminosidad, etc.) requiriendo mayores cuidados en el almacenamiento para evitar pérdidas de su patogenicidad o disminución de su virulencia. La variada especificidad de hospedadores hace posible que se puedan seleccionar cepas que presenten selectividad o baja mortalidad para otros enemigos naturales como parasitoides o predadores.

En el laboratorio el hongo *B. bassiana* se caracteriza por su apariencia algodonosa y de color blanco, tanto en medio de cultivo como sobre el insecto colonizado (Figura 4).

Los HE pueden encontrarse en distintas zonas geográfica y climáticas, tanto en suelos cultivados como naturales; tienen la particularidad de parasitar a diferentes artrópodos (insectos y ácaros) y producir la muerte del hospedador (Humber, 2009).

El ciclo del desarrollo de un HE, comienza cuando los conidios quedan retenidos en la cutícula del hospedador, se adhieren, germinan y penetran en el cuerpo del mismo y finaliza con la muerte del insecto.

El desarrollo del hongo se divide en distintas etapas:

- Adhesión
- Germinación
- Penetración
- Producción de toxinas
- Muerte del insecto
- Reproducción y diseminación

La salida del hongo a partir del cadáver del insecto ocurre generalmente por las partes más débiles de la cutícula como membranas intersegmentales, zonas de inserción de patas, ojos, mandíbulas, otras (Figura 5 a y b). Una vez fuera del hospedador se producen las esporas capaces de infectar otro hospedador (Nussenbaum, 2014).

Dentro de los HE los géneros más frecuentes en la naturaleza son *Beauveria*, *Metarhizium*, *Entomophthora*, *Paecilomyces* y *Verticillium*, que atacan principalmente ciertos grupos taxonómicos del orden Homoptera, Hymenoptera, Diptera y Coleoptera. Aislamientos de (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*) para el control de plagas en cultivos de “rábano” *Rhapanus sativus*, “cebolla” *Allium cepa* L., “repollo” *Brassica oleracea* var. capitata, “papa” *Solanum tuberosum* L. y “cilantro” *Coriandrum sativum* L. causaron mortalidades superiores al 80% a las 72 h, respecto al testigo. Los mejores resultados se obtuvieron para el control del “pulgón de las crucíferas” *B. brassicae*, *Trips* spp., “minador” *Liriomyza trifolii* y “mosca blanca” *Bemisia tabaco*, entre otros (García-Gutiérrez & González-Maldonado, 2010, 20). Asimismo hay otros antecedentes promisorios referidos al potencial insecticida de cepas nativas de *B. bassiana* para el control de coleópteros plagas en granos almacenados.



Figura 4. Colonias de *B. bassiana* en medio de cultivo Sabouraud

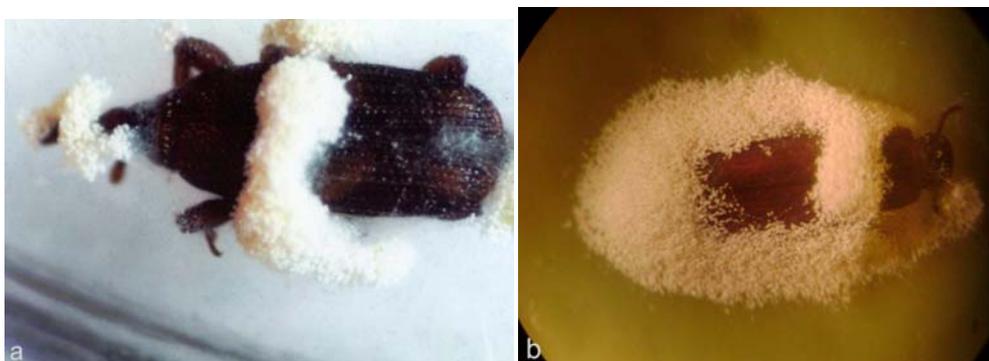


Figura 5. Insectos plaga de granos almacenados colonizados por *B. bassiana*
a. *Sitophilus oryzae* y b. *Tribolium castaneum*

En el desarrollo de bioplaguicidas los HE constituyen una opción viable para disminuir el deterioro del medio ambiente.

La utilización de productos naturales se presenta como una alternativa compatible con otras opciones de bajo riesgo para el control de insectos tales como feromonas, extractos, aceites, hongos entomopatógenos, depredadores y parasitoides, entre otros, posibilitando de este modo su integración en los Programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

Registro de productos fitosanitarios

Los productos fitosanitarios que se utilizan en Argentina deben ser registrados en el Registro Nacional de Terapéutica Vegetal del SENASA; procedimiento que consiste en un proceso científico, legal y administrativo mediante el cual se evalúan las propiedades físico-químicas, la eficacia agronómica, la toxicidad, los efectos ambientales, como también el etiquetado y embalaje.

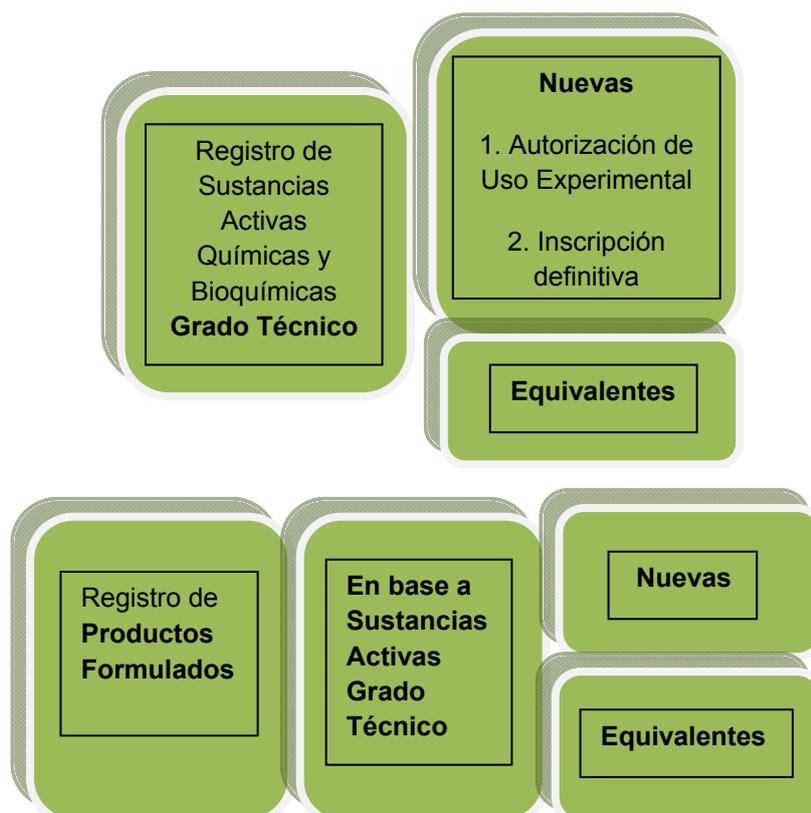
La Resolución 350/99 de la Ex Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA) y sus modificaciones Res. 371/03 y Res. 302/2012, que integran el Manual de Procedimiento, Criterios y Alcances para el Registro de Productos Fitosanitarios en la República Argentina con el fin de aprobar su venta y utilización previa evaluación de datos científicos suficientes que demuestren que el producto es eficaz para el fin que se destina y no entraña riesgos indebidos para la salud y el ambiente. Están sujetos a registro los productos fitosanitarios, las personas físicas o jurídicas que los comercialicen y/o importen para uso directo y los establecimientos que sintetizen o formulen. Los registros de PF serán válidos indefinidamente, pudiendo ser cancelados por la Autoridad Competente ante el no cumplimiento de lo establecido en el presente Manual o por los motivos determinados en la normativa vigente o a solicitud de la persona física o jurídica responsable del registro.

El proceso del registro requiere diferentes determinaciones como propiedades físicas y químicas, datos toxicológicos, ecotoxicológicos y de residuos a partir de antecedentes provenientes de ensayos o estudios realizados sobre los Productos Fitosanitarios a ser registrados o sus equivalentes. Los estudios mencionados podrán ser realizados por Empresas, Profesionales, Universidades, Organismos Registrantes Nacionales, Regionales e Internacionales, Instituciones y Asociaciones idóneas siguiendo protocolos específicos.

Se pueden registrar productos de síntesis química y de origen natural. A los efectos de los procedimientos necesarios para la obtención del Registro de Productos Fitosanitarios de síntesis química se establecen cuatro categorías (Cuadro 3).

1. Registro de sustancias activas grado técnico nuevas: son aquellas aún no registradas en el país.
2. Registro de sustancias activas grado técnico equivalentes: son aquellas cuya equivalencia ha sido demostrada respecto de otras ya registradas en el país.
3. Registro de productos formulados en base a sustancias activas grado técnico nuevas.

4. Registro de productos formulados en base a sustancias activas grado técnico equivalentes.



Cuadro 3. Registro de productos fitosanitarios

Dentro del Registro de Productos Naturales se encuentra los requisitos para el Registro de Agentes de Control Biológico Microbiano (ACBM), Productos Técnicos Microbianos (PTM) y Productos Microbianos Formulados (PMF) con registro experimental y posteriormente el definitivo (Ex - SAGyP,1999).

Bioinsumos

Se considera bioinsumo a aquel producto biológico que consista o haya sido producido por microorganismos o macroorganismos, extractos o compuestos bioactivos derivados de ellos y que esté destinado a ser aplicado como insumo en la producción agropecuaria, agroalimentaria, agroindustrial, agroenergética. Incluye, pero no se limita a: biofertilizantes, fitoestimulantes y/o fitorreguladores, biocontroladores y agentes fitosanitarios (de origen fúngico, viral, bacteriano, vegetal o animal, biotransformadores para el tratamiento de subproductos agropecuarios y bioinsumos para la producción de bioenergía (Ministerio de Agroindustria, 2016).

Para fomentar el uso de los bioinsumos fue creado el Comité Asesor en Bioinsumos de Uso Agropecuario (CABUA) mediante la Resolución SAGyP 7/2013, en el ámbito de la Comisión

Nacional Asesora de Biotecnología (CONABIA). El CABUA brinda asesoramiento técnico sobre los requisitos de calidad, eficacia y bioseguridad que deben tener los bioinsumos agropecuarios, así como también para establecer un marco normativo adecuado a sus usos, manejo y disposición en el agroecosistema. Asimismo es el órgano asesor intersectorial de gestión, concertación y formulación de propuestas, integrado por representantes de instituciones públicas y privadas y en el año 2015 se estableció el Programa de Fomento del Uso de Bioinsumos Agropecuarios (PROFOBIO).

Referencias

- Arango, W. M. (2011). Tendencias verdes en la agricultura para el manejo y control de plagas. *Revista Tumbaga*, Vol. 1 (6), 63-92.
- Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., Meletsisc, C. M. (2007). Insecticidal effect of three diatomaceous earth formulations, applied alone or in combination, against three stored-product beetle species on wheat and maize. *J. of Stored Prod. Res.* 43 (4): 330-334.
- Blomquist, G. J., Bagnères, A. G. (2010). History and overview of insect hydrocarbons. pp 3-18. En: *Insect Hydrocarbons: Biology, Biochemistry and Chemical Ecology*, Cambridge Press. G. J. Blomquist and A. G. Bagnères (Eds.).
- Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes Argentina, CASAFE (2015/2017) *Guía de productos fitosanitarios*. 17º Edición. Buenos Aires.
- Casini, C. & Santajuliana, M. (2008). Control de plagas en granos almacenados. INTA EEA Manfredi. Recuperado de <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/postcosecha/ControlPlagasGranosAlmacenados.asp>
- Díaz, B., Garzo, E., Duque, M., González, P., Fereres, A. (2002) Partículas de caolín: efecto sobre la mortalidad y desarrollo de *Trichoplusia ni* Hubner B. Bol. San. Veg. Plagas, 28:177-183.
- Ex-Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, SAGYP (1992). Resol. N° 423 y complementarias. Recuperado de <http://www.infoleg.gob.ar>
- Ex-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación, SAGPyA (1999). Resol. N° 350 y sus modificatorias Res. 371/03 y Res. 302/2012. Recuperado de <http://www.infoleg.gob.ar>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO (1990). *Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas*, Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/W1604S/w1604s04.htm#TopOfPage>
- Federal Register USA (1981). Recuperado de <https://www.federalregister.gov/>
- Fusé, C. B., Villaverde, M. L., Padín, S. B., De Giusto, M., Juárez, M. P. (2013). Evaluación de la actividad insecticida de tierras de diatomeas de yacimientos argentinos. *Revista RIA*, Vol 39 (2): 207 – 213.

- García-Gutiérrez, C., González-Maldonado, M. B. (2010). Uso de bioinsecticidas para el control de plagas de hortícolas en comunidades rurales. *Ra Ximhai* Vol. 6 (1): 17-22.
- Humber, R.A. (2009). Fungi: Entomogenous fungi. In: *Encyclopedia of Microbiology*, 3rd ed. (M. Schaechter, ed.), pp. 443-456. San Diego: Elsevier.
- Haryadi, Y., Syarief, R., Hubeis, M. & Herawati, I. (1994). Effect of zeolite on the development of *Sitophilus zeamais* Motsch, In: Highley E., Wright, E. J., Banks, H. J., Champ, B. R. (Eds), Stored Products Protection. *Proceedings of the Sixth International Working Conference on Stored-product Protection*, 17-23, Canberra, Australia, CAB International, Wallingford, UK.
- Juárez, M. P., Calderón Fernández, G. (2007). Cuticular hydrocarbons of triatomines. *Comp. Biochem. and Physiol. Molecular and Integrative Physiology* 147: 711-130.
- Karagounis, C., Kourdoumbalos, A. K., Margaritopoulos, J. T., Nanos G. D. & Tsitsipis J. A. (2006). Organic farming-compatible insecticides against the aphid *Myzus persicae* Sulzer in peach orchards. *Journal of Applied Entomology*, Vol. 130, (3): 150-154.
- Kljajić, P., Andrić, G., Adamović, M., Bodroža-Solarov, M., Marković, M. & Perić. I. (2010). Laboratory assessment of insecticidal effectiveness of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against three storedproduct beetle pests. *J. of Stored Prod. Res.* 46: 1-6.
- Korunic, Z. (1998). Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *J. of Stored Prod. Res.* 34 (2/3), 87-97.
- Ministerio de Agroindustria (2016). Secretaría de Agregado de Valor (SAV), Resolución N° 29 y Anexo. Recuperado de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/260000-264999/260125/norma.htm>
- Montalvo, S., Guerrero, L., Borja, R., Sánchez, E., Milán, Z., Cortés, I. & de Rubia, M. A. (2012). Application of natural zeolites in anaerobic digestion processes: A review. *Applied Clay Science*, 58, 125-133.
- Mwine, J., Ssekya C., Kalanzi K., Van Damme P. (2013). Evaluation of selected pesticidal plant extract against major cabbage insects in the field. *Journal of Medicinal Plants Research*. (J. Med. Plants Res.) Vol. 7(22), pp. 1580-1586.
- Núñez López, D. C. (2014). *Influencia de caolín (partículas inertes) sobre poblaciones de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) y la interacción fisiológica en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*)* (Tesis de Maestría) Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.
- Nussenbaum, A. L. (2014). *Aislamientos de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* virulentos para el control del picudo del algodón, *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae)* (Tesis doctoral) Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Padín, S., Ricci, E., Kahan, A., Ré, M. & Henning, C. (2002). Comportamiento repelente del aceite esencial de *Laurus nobilis* L. sobre *Brevicoryne brassicae* L. y *Myzus persicae* Sulz. (Homoptera: Aphididae) en repollo. *Ceiba* 43 (2): 23-34.
- Padín S., Ricci, E. M., Henning, C., Ré, M.S., Ringuélet, J. & Cerimele, E. (2007). Insecticidas botánicos para el control de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) en *Brassica oleracea* var. capitata. *Bol. San. Veg. Plagas.* 33: 187 – 193.

- Padín, S., Chicaré, N., Gnerre, Y., Urrutia, M. I., Vasicek, A. (2012). Control alternativo de *Neotoxoptera formosana* (Takahashi) con polvos vegetales XXXIV Congreso Argentino de Horticultura, Corrientes, Argentina. Resumen N° 124. *Rev. Horticultura Argentina* 31(76):52.
- Padín, S., Lampugnani, G., Abramoff, C., Laporte, G. (2013). Guía de Trabajos Prácticos de Terapéutica Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.
- Pedrini, N., Juárez, M. P., Crespo, R. (2007). Biochemistry of insect epicuticle degradation by entomopathogenic fungi. *Comp. Biochem. and Physiol. Toxicology & Farmacology* 146, 124-137.
- Ricci, M., Padín, S., Ringuelet, J., Kahan A. (2006). Utilización de Aceite Esencial de Lemongrass (*Cymbopogon citratus* Stapf) como Repelente de *Diuraphis noxia* Kurdj. (Hemiptera: Aphididae) en Trigo. *Agricultura Técnica*, Chile. 66 (30): 256-263.
- Ringuelet, J. A., Ocampo R., Henning C., Padín S., Urrutia M. I., Dal Bello, G. (2014). Actividad insecticida del aceite esencial de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown sobre *Tribolium castaneum* Herbst. en granos de trigo (*Triticum aestivum* L.). *Revista Brasileira de Agroecología*. 9 (2): 214-222.
- Sprynskyy, M., Lebedynets, M., Terzyk, A. P., Kowalczyk, P., Namiesnik, J. & Buszewski, B. (2005). Ammonium sorption from aqueous solutions by the natural zeolite Transcarpathian clinoptilolite studied under dynamic conditions. *J. Colloid Interface Sci.*, 284: 408-415.
- Stadler, T., Buteler, M., Weaver, D. K. (2010). Nanoinsecticidas: Nuevas perspectivas para el control de plagas. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, Vol. 69, no 3-4, pp. 149-156.
- Ulrichs, C. H., Mewis, I. & Schnitzler, W. H. (2001). Efficacy of neem and diatomaceous earth against cowpea aphids and their deleterious effect on predating Coccinelidae. *Journal of Applied Entomology*, Vol. 125, no 9-10, pp. 571-575.
- Vianna, F., Padín, S., Fusé, C., Vicente, J., Dal Bello, G. (2012). Hongos Entomopatógenos: alternativa ecológica para el control de coleópteros-plaga en granos almacenados. Trabajo inédito. Presentado en VII Encuentro Anual de Biólogos en Red. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, p 48.
- Vianna, M. F., Dal Bello, G., Vicente J. I., Fusé, C., Padín S. (2013). Utilización de polvos y extractos vegetales de la flora nativa bonaerense para el biocontrol de coleópteros-plaga en granos almacenados. VIII Encuentro de Biólogos en Red. Facultad de Ciencias exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, p 125.
- Vega, F. E., Meyling N. V., Luangsa-ard, J. J. & Blackwell, M. (2012). Fungal Entomopathogens. En: *Insect Pathology* 2da edición.
- World Health Organization (2009). The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification; IPCS-IOMC: 81pp.

CAPÍTULO 2

Aplicación de productos fitosanitarios

Cecilia Abramoff

Introducción

Desde 1962 en que Rachel Carson (La primavera silenciosa) brinda una visión apocalíptica sobre el uso de los plaguicidas, distintos autores vienen alertando sobre las consecuencias que puede ocasionar el uso de los productos fitosanitarios, y es a partir de ese momento en que comienza un debate más profundo. Pero sólo en las últimas décadas la preocupación por parte de la población y de los organismos gubernamentales ha ido aumentando. Es así que tanto las indicaciones de uso como las consecuencias ambientales ocasionadas, actualmente cuentan con una mayor atención y cuidado por parte de organismos ambientales nacionales e internacionales. Hay que reconocer que estos productos utilizados para controlar las plagas de la agricultura, seguirán utilizándose en grandes cantidades en los próximos años, si bien existen y en algunos casos se emplean, otros métodos. Entonces es fundamental, desde nuestro lugar, hacer un aporte para contribuir hacia la capacitación en el buen uso y manejo de los agroquímicos, y en su correcta aplicación. Esta aplicación debe hacerse de manera responsable, siguiendo las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), con personal idóneo y teniendo en cuenta una serie de variables que van a influir en forma directa sobre la calidad y eficiencia de la misma. En términos generales estas variables se pueden resumir en: importancia de las condiciones ambientales, precauciones en cuanto a la protección personal y el manipuleo de los productos en todas las instancias (transporte, almacenamiento, preparación, aplicación, post- aplicación), estado del cultivo, la/s plaga/s que se van a controlar, equipo apropiado y calibrado, producto (elección, lectura del marbete, dosis, toxicología, etc.), calidad del agua que se va a emplear y coadyuvantes.

Diferentes formas de aplicación de los productos fitosanitarios

Los productos fitosanitarios, de acuerdo a su estado físico, pueden presentarse ya sea como sólidos, líquidos o al estado gaseoso. Para su venta y posterior aplicación se realiza un proceso por el cual se obtienen las "formulaciones". Una formulación es una mezcla de un principio activo (droga que ejerce la acción biológica deseada, eficaz para el control de una plaga) con varios ingredientes (llamados sustancias auxiliares), mezclados para obtener un producto apropiado para su venta, distribución y utilización, cuyas funciones son diluir al

principio activo, mejorar su acción biológica y otras características de interés para favorecer su acción sobre el objetivo. Cuando se dispone de la posibilidad de elegir el tipo de formulación, dependiendo del objetivo que tengamos, se deberá tener en cuenta la categoría toxicológica, la residualidad, la disponibilidad de equipos y costo entre otros factores, pero sobre todo la seguridad del operario y el respeto por el medio ambiente.

A estas formulaciones tenemos que aplicarlas, es decir, lograr que se depositen en el objetivo y controlen la/s plagas que está/n afectando al cultivo. Hay diferentes formas de hacerlo. En el caso de los Granulados se hace por medio de la “dispersión de gránulos”. En el caso de los Polvos secos el sistema es el espolvoreo. Para el resto de las formulaciones que se encuentran en el mercado, independientemente de en qué estado físico se presenten, el sistema de aplicación es la pulverización. En este punto es conveniente diferenciar entre dos conceptos que muy comúnmente se confunden: aplicación y pulverización. Aplicar es depositar el producto con el agua (o el vehículo que se utilice para tal fin) sobre el área objetivo en cantidad suficiente para que cumpla con su objetivo biológico de controlar a la/s plaga/s. El objetivo puede ser el agua en algunos casos particulares, el suelo, el cultivo que se quiere proteger de plagas y enfermedades o las plantas que se quieren controlar (malezas). El agua es el solvente (vehículo) que se agrega a la gran mayoría de los productos en las aplicaciones agrícolas, si bien pueden usarse otros líquidos. Una excepción, son las llamadas Ultra Bajo Volumen que se aplican en forma directa, con equipos especiales, sin el agregado de agua. Los objetivos básicos al realizar una aplicación de un producto fitosanitario son: 1) Aplicar el producto en la dosis exacta, en el lugar preciso y en el momento adecuado; 2) Reducir las pérdidas de producto depositado fuera del objetivo; 3) Minimizar la contaminación y el riesgo para los operarios. Pulverizar es dividir una masa líquida en gotas de diferentes tamaños y uniformidad, según la forma en que se obtengan. Estas gotas contienen a la formulación comercial, y se transportan usando en general el agua. Este proceso es realizado por un equipo o maquinaria específicos. De ahí que es de gran importancia conocer las técnicas que pueden utilizarse para la subdivisión de los líquidos. Existen diversas maneras en que las gotas pueden ser obtenidas y transportadas hacia el objetivo, dependiendo de la energía que se utilice. Ambos procesos están en relación con el equipo y el tipo de energía. Teniendo en cuenta la energía utilizada para romper el líquido en gotas, los métodos de obtención a partir de una masa de líquido (agua con el producto) pueden ser: presión hidráulica (presión del líquido más pastilla), presión hidráulica más neumática (presión de líquido más pastilla y corriente de aire que produce una segunda ruptura de las gotas), presión centrífuga (rotación de uno o más discos o cilindros), energía electrodinámica (electrodos de alta tensión) y energía térmica. El transporte hacia el objetivo puede ser por: energía cinética (con la que queda cargada la gota), energía neumática (flujo de aire), energía eléctrica (atracción por diferencia de cargas entre la gota y el cultivo) y energía térmica (gas caliente). Los equipos de aplicación pueden clasificarse teniendo en cuenta diferentes criterios como la forma en que se presenta el producto (tipo de formulación), el volumen de aplicación por unidad de superficie, el tamaño de gota y la forma en que se obtienen y transportan al objetivo, el tipo de cultivo a tratar (no será el mismo tipo de equipo si se trata de un monte frutal, árboles forestales, un cultivo extensivo o un cultivo intensivo), o la forma de desplazamiento del equipo.

Factores que inciden en la aplicación eficiente de los productos fitosanitarios

La aplicación de productos fitosanitarios es un proceso complejo, y el más ineficiente en los sistemas productivos, un eslabón débil de una cadena que podría mejorarse con un cambio de actitud del usuario si tiene en cuenta tanto el buen uso y manejo de los productos utilizados como si se logra regular las variables o factores que causan la ineficiencia. De esta manera seguramente se podrán obtener mejores resultados, o dicho de otra manera, mayor calidad de la aplicación. Se considera que la efectividad de un producto es influenciada en un porcentaje cercano al 70 % por la correcta aplicación.

La **eficiencia** es la relación que existe entre la cantidad de producto que efectivamente llega al objetivo (producto depositado) y la cantidad de caldo (producto más agua) aplicado; se expresa en porcentaje y cuanto más cercana a 1 (uno) sea esta relación, mayor será la eficiencia lograda.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producto sobre el objetivo} \times 100}{\text{Producto total aplicado}}$$

En el período que va desde la preparación del producto hasta que ejerce su acción en las plagas, hay una serie de pérdidas y transformaciones que impactan en forma negativa en la efectividad de los productos fitosanitarios y también sobre la salud humana y el agroecosistema. Es así que la eficiencia se ve afectada por una cadena de factores o variables que interactúan y que se pueden agrupar en: momento oportuno (desde el punto de vista tanto de la plaga como del cultivo), producto adecuado, condiciones meteorológicas, maquinaria (Tecnología de aplicación) e idoneidad del operario (encargado de hacer la aplicación). Considerando que sólo un bajo porcentaje del producto aplicado efectivamente toma contacto con las plagas y ejerce su acción, es de gran relevancia controlar este proceso en el que inciden negativamente los factores mencionados; manejándolos en forma adecuada, podrían minimizarse las pérdidas. Sería ideal que el producto llegara al objetivo en su totalidad, pero resulta casi imposible de lograr.

Se describen a continuación en forma más detallada las variables o factores que condicionan la eficiencia en la aplicación de los productos fitosanitarios, distribuidas en forma arbitraria (Figura 7).

1 - Momento oportuno: Está relacionado tanto con el cultivo como con la plaga. Es imprescindible hacer la aplicación en el momento oportuno (“timing”) (Jalil Maluf *et al.*, 2015) y que el producto sea distribuido lo más uniformemente posible sobre la superficie a tratar. En cuanto al cultivo, es necesario conocer su fisiología, disposición de las hojas, volumen del canopeo y el estado fenológico, para decidir el momento más apropiado de aplicación. En referencia a la/s plaga/s, es preciso conocer las características y estado de desarrollo de la plaga, su localización, su momento de mayor vulnerabilidad, y los Umbrales y Niveles de daño Económico (UDE y NDE). Errores de diagnóstico en los UDE, falta de conocimiento del momento de mayor vulnerabilidad de las plagas y momento adecuado del cultivo pueden inducir a graves errores. En este sentido, una ayuda clave y de la cual no se puede ni debe prescindir, es el monitoreo.

2 - Producto: La cantidad de sustancia activa requerida por unidad de superficie es muy pequeña en la mayoría de los casos, por lo tanto resultaría casi imposible, en la práctica, lograr una distribución adecuada; es por eso que los productos se diluyen. Hay que tener en cuenta:

- ✓ Tipo y composición del agroquímico en cuanto a sus activos y aditivos.
- ✓ Dosis adecuada según recomendaciones: sub dosificación o sobre dosificación conllevan problemas como un control deficiente y resistencia de las plagas en el primer caso, y fitotoxicidad, desequilibrios en el agroecosistema y una relación inadecuada costo-beneficio en el segundo.
- ✓ Rotación de principios activos y modos de acción.
- ✓ Fecha de vencimiento.
- ✓ Otras características como: banda toxicológica, residualidad, compatibilidad, etc.

Nunca se debe perder de vista que la mayoría de los productos son eficientes; el problema es cómo se aplican, y generalmente se aplican mal ya que no se suelen tener en cuenta las indicaciones realizadas por el profesional a cargo. El control eficiente no sólo depende del producto fitosanitario sino también de su interacción con el agua y el coadyuvante que se agregue (de estas sustancias hablaremos en detalle más adelante).

3 - Condiciones meteorológicas adecuadas: Las condiciones imperantes en el momento de hacer la aplicación son fundamentales, sobre todo cuando son extremas, como por ejemplo si se aplica en horarios con altas temperaturas y baja humedad relativa. El viento, las lluvias y la inversión térmica son otros factores adversos que afectan la efectividad. Dependiendo de los casos, el efecto del viento puede corregirse con coadyuvantes antideriva, o evitar directamente la aplicación. Las temperaturas óptimas no deberían ser mayores de 25 - 30°C y la Humedad Relativa no menor de 35 %, con velocidades de viento ideales entre 5 – 10 Km/h. Asimismo, hay que tener en cuenta los horarios convenientes para efectuar la aplicación como por ejemplo, y sobre todo en verano, antes de las 10 de la mañana y luego de las 16 horas; no se deben hacer aplicaciones con lluvia. Usualmente esto no se cumple por la gran demanda de trabajo que tienen los contratistas (aplicadores) en un determinado momento y entonces, como el “negocio” para ellos es “hacer hectáreas”, no tienen en cuenta si las condiciones son las adecuadas. En el verano es cuando se registran mayormente altas temperaturas y baja humedad relativa, y es justamente el período en el que se hacen más aplicaciones. En cambio en invierno, las mayores dificultades de aplicación se dan con rocíos o heladas. En términos generales podemos concluir que baja humedad relativa acompañada de altas temperaturas aumentan la evaporación o volatilización del producto aplicado; altas velocidades de viento llevan al producto fuera del objetivo (aumentan la deriva), y las lluvias pueden lavar el producto.

La inversión térmica es un concepto que está relacionado con la gota y que se produce cuando la velocidad del viento tiende a cero, es decir de 0 a 5 km/h. Ascende una capa de aire caliente y por debajo ingresa una capa de aire frío. Al invertirse estas dos zonas de aire las gotitas con el producto fitosanitario quedan suspendidas en la capa de aire caliente y no llegan al blanco. Se puede detectar visualmente porque se observa como si fuera una nube de tierra suspendida en el aire y se da al amanecer o al atardecer. En esta situación la recomendación

es no aplicar ya que puede generar derivas imposibles de manejar que podrían llegar hasta varios kilómetros del lugar de aplicación (Figuras 1, 2 y 3).



Figura 1

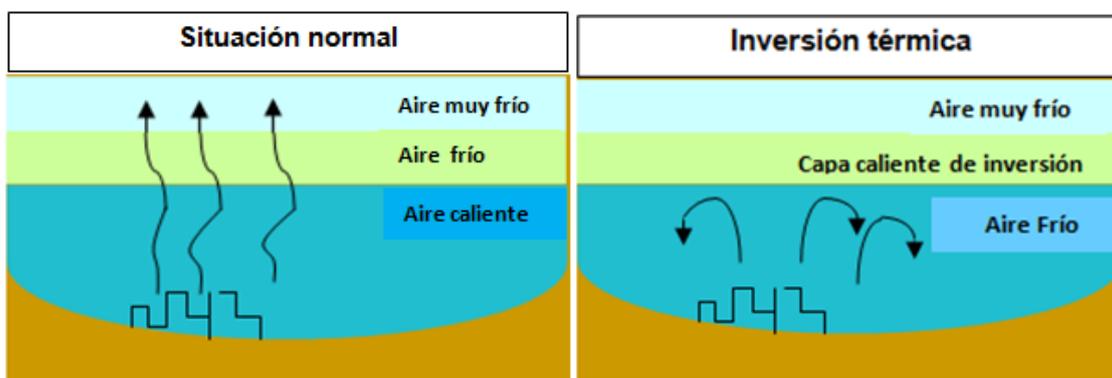


Figura 2

Figura 3

4 - Idoneidad del operario: La maquinaria está estrechamente vinculada con la capacitación del operario, ya que cuanto mayor sea el conocimiento mayor será la responsabilidad e idoneidad para hacer el tratamiento y como consecuencia disminuirán los posibles errores que afectarían la eficiencia. Asimismo, cuando se va a hacer una aplicación, resulta necesaria la supervisión por parte de un profesional ingeniero Agrónomo, situación que en la mayoría de los casos no se cumple. Por otra parte, el manejo responsable de los productos fitosanitarios ayuda a la protección del medio ambiente y a la prevención de accidentes, evitando daños en la salud de las personas que trabajan con agroquímicos en forma directa y de aquellas que se encuentren en zonas cercanas a las aplicaciones.

5 - Maquinaria: El proceso de aplicación de un producto implica una amplia cadena de cuestiones técnicas que van desde la limpieza del tanque a la mezcla de los productos que se decidan aplicar, la aplicación, el transporte hasta el blanco, el ingreso al blanco del producto (impactos o número de gotas/cm²) y finalmente la acción biológica del/los producto/s. En relación con la maquinaria, se deben considerar un conjunto de factores a la hora de lograr que una pulverización sea eficiente. Entre los más significativas podemos nombrar:

- ✓ Pulverizadora y técnica de aplicación adecuada según el producto y cultivo a tratar.
- ✓ Control y preparación del equipo: estado general, revisión de todos los componentes, filtros en buen estado y limpios, limpieza del tanque, correcta elección de las pastillas, control del caudal que arrojan y de la presión efectiva que llega al pico.
- ✓ Calibración del equipo: es necesario calcular cuánto gasta nuestro equipo (volumen/ha o Kg/ha) en cada situación particular.
- ✓ Calidad del agua: dada su relevancia, este tema merece que se le preste especial atención, por lo que se dedicará un apartado especial. No se le suele dar la suficiente importancia por ser un elemento barato y que se encuentra en forma abundante, pero si no se tienen en cuenta los valores de dureza, pH y la turbidez, la efectividad de un producto fitosanitario puede verse afectada.
- ✓ Mezcla de productos fitosanitarios: la mayoría de los productos se desarrollaron para ser aplicados solos y no combinados con otros. Sin embargo, se empezaron a utilizar las mezclas por diferentes razones: para ampliar el espectro de control, para bajar el número de aplicaciones lo cual baja los costos (mezclando un fungicida con un herbicida y un insecticida), para obtener sinergismo en algunos productos o para lograr mayor residualidad. Por ejemplo, a partir de la resistencia de algunas malezas al Glifosato se empezó, desde hace alrededor de 7 a 8 años atrás, a hacer mezclas de herbicidas para aumentar el espectro de control. La calidad del caldo de aspersión (producto/s más agua más coadyuvante/s) está influenciada tanto por la compatibilidad entre los diferentes productos fitosanitarios como por el orden en que se vayan agregando. El orden sugerido de mezcla, a modo orientativo, siempre y cuando el marbete no indique lo contrario, es: gránulos dispersables, polvos mojables, suspensiones concentradas, suspoemulsiones, gránulos solubles, líquidos solubles, polvos solubles y concentrados emulsionables. Si no se posee información específica y confiable, se sugiere una prueba con volúmenes reducidos, simulando la mezcla en las mismas proporciones.
- ✓ Tamaño y uniformidad de gotas: Según estudios realizados por equipos técnicos del INTA, una de las variables que mayormente afecta a los resultados de una aplicación es la regulación del tamaño de gotas, sobre todo en los casos de alto caudal (Cricco, 2010). Al aplicar el producto normalmente llega al lugar preciso mediante la **gota** pulverizada. Y es precisamente ese momento de formación de esta gota donde comienza el proceso de pérdidas, ya que no se forman todas gotas de tamaño uniforme, y las más pequeñas - del orden de los 10 a 20 μ - , no son manejables, produciendo efectos de deriva.
- ✓ Uso de coadyuvantes: dada su relevancia, este tema merece que se le preste especial atención, por lo que se dedicará un apartado especial. Independientemente de los coadyuvantes que forman parte integrante de las formulaciones de productos fitosanitarios, en este capítulo se hará referencia a aquellos que se agregan a las mezclas en el tanque. Se puede decir que se usan tanto para optimizar el desempeño del Ingrediente Activo del producto fitosanitario como para eliminar o disminuir al máximo posible los problemas de aplicación, modificando las características físicas y

químicas del caldo. Para seleccionar en forma correcta el coadyuvante adecuado según el caso, se deben leer las recomendaciones del marbete donde se indica si se aconseja, se requiere o prohíbe su uso de para aplicar un determinado producto.

- ✓ Mínimas derivas: existen muchas definiciones pero la deriva se puede explicar diciendo que es el movimiento de gotas que, por diferentes factores, caen fuera del área a tratar o dentro del área pero no en el blanco, provocando daño a la vegetación en algunos casos, al hombre, a la vida silvestre como también al ecosistema y disminuyendo la eficiencia del control.

Entrando específicamente en la etapa de aplicación, es decir “poner en el blanco objetivo el ingrediente activo que se está aplicando” (*Transporte hasta el blanco*), si el equipo pulverizador está bien regulado, las gotas salen y se transportan; no solamente son pulverizadas sino aplicadas. Para que este proceso sea eficiente, es necesario *proteger* a la gota de la evaporación y la deriva (tanto por viento como por volatilización) ya que las pérdidas se inician desde el momento en que se forma la gota. Los procesos de deriva están asociados a las características del cultivo, el tamaño de gota, la acción del viento y otras condiciones climáticas como humedad relativa y temperatura.

En términos generales los tipos de deriva se pueden clasificar en:

- 1) Evaporación: un porcentaje del caldo pulverizado no llega al objetivo. Esta situación está directamente asociada con la volatilización, el estado físico del producto y las altas temperaturas. Se presenta con gotas de tamaño pequeño y la baja humedad relativa favorece el proceso, tanto durante como después de la aplicación.
- 2) Exoderiva: parte de la pulverización es derivada por el viento fuera del objetivo. En general se trata de gotas pequeñas.
- 3) Endoderiva: el producto cae en la zona del objetivo, pero las gotas van cayendo, pocas quedan adheridas y algunas llegan al suelo. Se trata de gotas de tamaño grande.

En todos los casos intervienen otros factores además del tamaño de las gotas, ya sea relacionados con las condiciones ambientales, el tipo de superficie foliar, la tensión superficial del líquido que se está pulverizando como el ángulo y la velocidad con que impactan las gotas en las plantas.

La Figura 4 muestra el comportamiento de gotas de diferentes tamaños cuando llegan al blanco, y los factores que afectan la retención del producto.

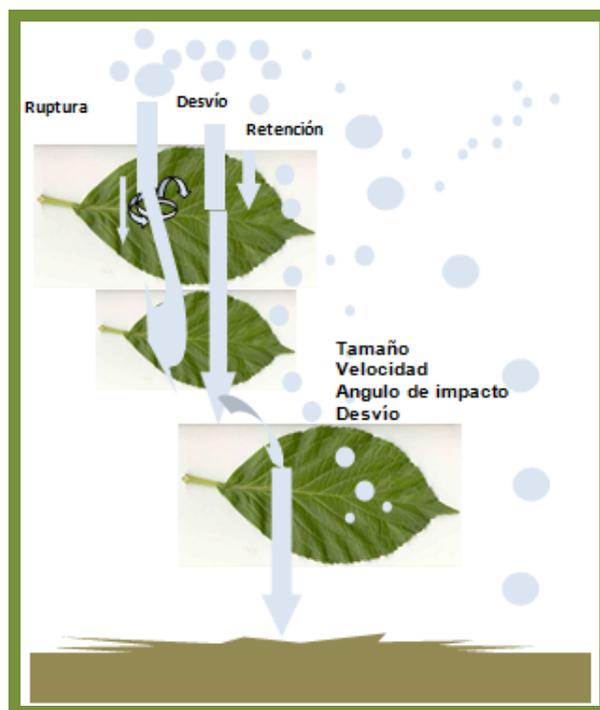


Figura 4

Finalmente, se presentan los pasos a seguir cuando se va a aplicar uno o más productos fitosanitarios, y el ordenamiento en el tanque del equipo pulverizador:

- 1 – Leer marbete/s, compatibilidad de las mezclas
- 2 – Un factor que no se suele tener en cuenta es su limpieza antes de volver a utilizarlo, ya que es frecuente que queden residuos de un producto que se aplicó anteriormente, y al usar el siguiente los remanentes dañen al cultivo, produciendo un perjuicio económico considerable. Llenar el tanque con agua hasta la mitad.
- 3 – Conectar el sistema de agitación de la pulverizadora
- 4 – Agitar los envases antes de incorporar el producto al tanque
- 5 – Añadir los coadyuvantes en el orden correcto
 - a) reguladores de pH
 - b) antiespumantes
 - c) secuestrantes
- 6 – Agregar los productos fitosanitarios del más insoluble al más soluble, en el orden mencionado
- 7 – Completar el llenado del tanque con agua
- 8 – Realizar el triple lavado de los envases, volcando el agua del lavado en el tanque de la pulverizadora
- 8 – Aplicar inmediatamente

6 - Cultivo: con las gotas formadas por el equipo y transportadas, llegamos al **blanco**. Si definimos nuevamente, pero en forma más sencilla a la aplicación como *colocar en el blanco objetivo al ingrediente activo que se está aplicando*, es esencial el transporte y el ingreso de la gota. Es ineludible tener claro cuál es el blanco: tierra, envés de la planta, el insecto que esté

ubicado en la parte superior, media o inferior, enfermedad fúngica que se desarrolla de abajo hacia arriba o que esté en la parte superior, enfermedades que se localizan en el tercio medio o inferior del tallo, etc. para poder *mojar* la zona requerida. Asimismo, los vegetales presentan barreras para la penetración del principio activo como pilosidad, cutícula con mayor o menor serosidad y otras.

En el proceso de eficiencia de aplicación la forma de obtención y transporte de las gotas, el tamaño, la cantidad que se obtengan y lleguen al cultivo son factores decisivos. Además, la distribución debe ser uniforme, con buena penetración, cobertura, depósito y persistencia en el vegetal.

La formación de gotas se da por el paso a presión del agua con el producto y los coadyuvantes a través de los picos o pastillas. La presión de trabajo y el tipo de pastilla seleccionada, determinan el tamaño de las gotas y el volumen a aplicar. Si bien las gotas de una pulverización no son todas de igual tamaño, se definen diámetros estandarizados según el tipo de producto y plaga a controlar. El número de gotas/cm² (número de impactos) óptimo varía de acuerdo a las características del producto (contacto o sistémico) y a su uso (funguicida, herbicida o insecticida).

Un concepto general a considerar es que para un mismo volumen de líquido, a medida que disminuye el tamaño de gota, se obtiene un mayor número de gotas y, por lo tanto, una mejor cobertura. Si dividimos una gota de 240 μ a la mitad de su diámetro obtendremos ocho gotas de 120 μ y así en forma sucesiva. Esto significa que con el mismo volumen, reduciendo el diámetro de las gotas se tendrán mayor cantidad de menor diámetro y en consecuencia la cobertura será mayor (Figura 5). Las gotas grandes tienen la ventaja de descender rápidamente y estar menos expuestas a las derivas por viento y evaporación. Pero la falta de depósito y de adherencia en el vegetal es una desventaja; se puede observar en la Figura 4 que algunas rebotan contra las hojas y caen al suelo en forma directa, y a veces se deslizan y unen a otras gotas formando gotas más grandes. A igualdad de volumen, con gotas grandes habrá menor número de impactos. Las gotas pequeñas generan mejor penetración y cobertura junto a la posibilidad de alcanzar la cara inferior de las hojas, tallos, etc. El menor peso hace que estén más expuestas a ser transportadas por el viento (deriva) y por su elevada superficie expuesta en relación al volumen, a sufrir una intensa evaporación antes de depositarse

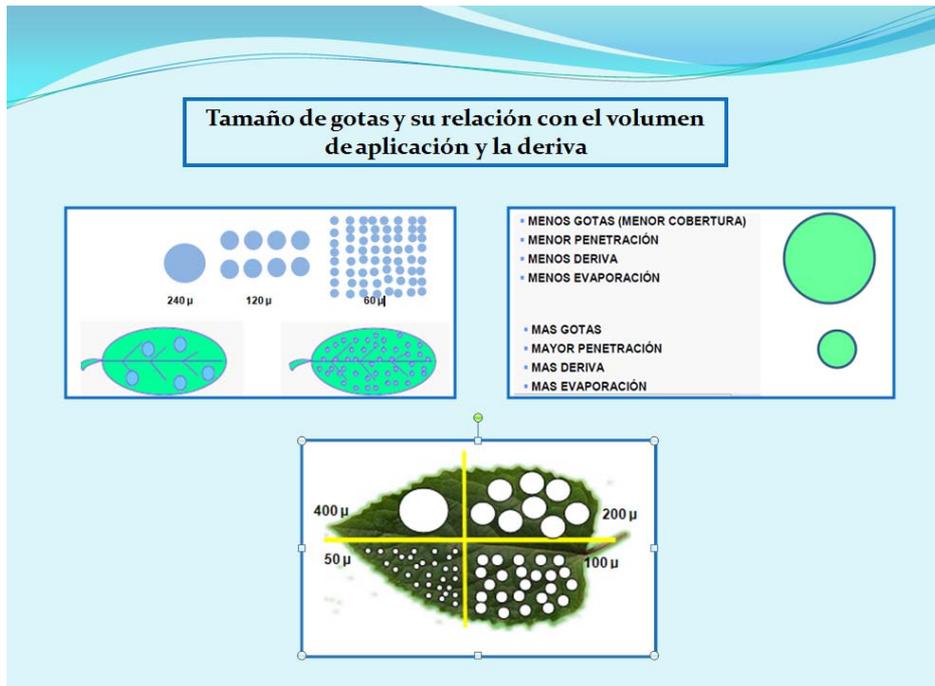


Figura 5 :Tamaño de gotas

En cualquier caso, el desafío en los procesos desde que se forman las gotas hasta la llegada al blanco es *proteger a la gota*, particularmente de la evaporación y de la deriva por volatilización o por el viento. Para esta finalidad existe una amplia gama de coadyuvantes.

El tamaño y número de gotas que llegan al blanco puede ser evaluado, en diferentes profundidades del cultivo y superficie a cubrir, mediante el uso de las tarjetas hidrosensibles. Esto indicará la cobertura lograda y por lo tanto la calidad de la aplicación obtenida. Existen en el mercado tarjetas que miden el impacto de la gota en el objetivo; cambian a color azul al contacto con la gota de agua; se colocan sobre el blanco a evaluar o en un porta tarjeta en lugares claves y en cantidad suficiente para poder realizar una evaluación adecuada. Se recomienda utilizarlas antes de comenzar una aplicación (Figura 6). De su análisis se pueden obtener datos cuantitativos: cobertura (impactos/cm²) y tamaño de gota, y cualitativos: factor de dispersión (uniformidad de impactos), amplitud relativa (uniformidad de tamaño de gotas), eficiencia (en %) y cobertura (en %).



Figura 6

Como se infiere del análisis realizado, ni la correcta elección del producto fitosanitario a aplicar ni la dosis adecuada significan garantía de que se logre una aplicación eficiente. Con un trabajo integral considerando cada factor y variable, se pueden lograr los resultados esperados de control.

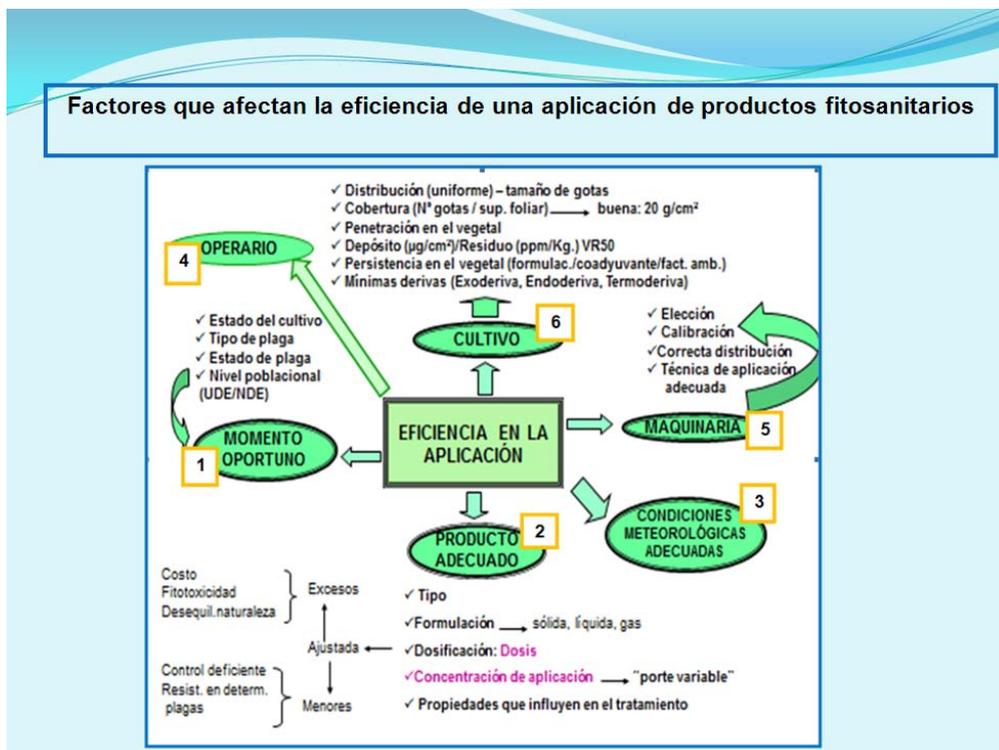


Figura 7

En la Figura 7 se observa que la distribución de las variables o factores que se incluyen en cada uno de los seis puntos, se realizó en forma relativamente arbitraria. Esto significa que algunos de los temas que se describen en “Cultivo” (6), podrían también haberse tratado en “Maquinaria” (5) por ejemplo, ya que están todos íntimamente relacionados.

Calidad del agua

El agua es un factor que no siempre se considera con el grado de importancia que tiene. Sin embargo, es uno de los secretos en el proceso de aplicación y su eficiencia, ya que puede alterar la estabilidad y eficacia de los productos fitosanitarios. La mayoría de los productos registrados en Argentina se aplican agregando agua al tanque del equipo, por lo que este medio no debe desintegrar la estructura de los principios activos (debe ser estable) ni producir reacciones químicas que los inactiven. Debe ser limpia (evitar la que posea arcilla, materia orgánica o tierra), lo más cercana a la neutralidad, estar a temperatura ambiente y poseer bajo contenido salino. Algunos herbicidas, como el glifosato, son adsorbidos por la tierra y arcilla reduciendo la cantidad de principio activo libre y por lo tanto el control de las malezas que se desean controlar. Un producto fitosanitario, al mezclarlo con agua, de acuerdo a las circunstancias, altera su efectividad en horas o días, pero en su envase original se puede conservar sin alteraciones hasta aproximadamente 36 meses (Leiva, 2011). Previo a la utilización del agua para una aplicación agrícola, se debe hacer una determinación de su calidad mediante análisis en un laboratorio especializado, que determine tanto su apariencia como cantidad y calidad de sales, dureza y pH. Las muestras hay que tomarlas de las fuentes de provisión de agua (pozo, tanque australiano, arroyo, etc.). Otras recomendaciones a tener en cuenta para preparar el caldo son: reducir el volumen de aplicación/ha (sin afectar la cobertura), que el agua esté a temperatura ambiente, usar coadyuvantes cuando sea necesario (de buena calidad), y preparar la solución/suspensión del producto lo más próximo posible a su aplicación. En la Figura 8 se muestran los parámetros más importantes a tener en cuenta.

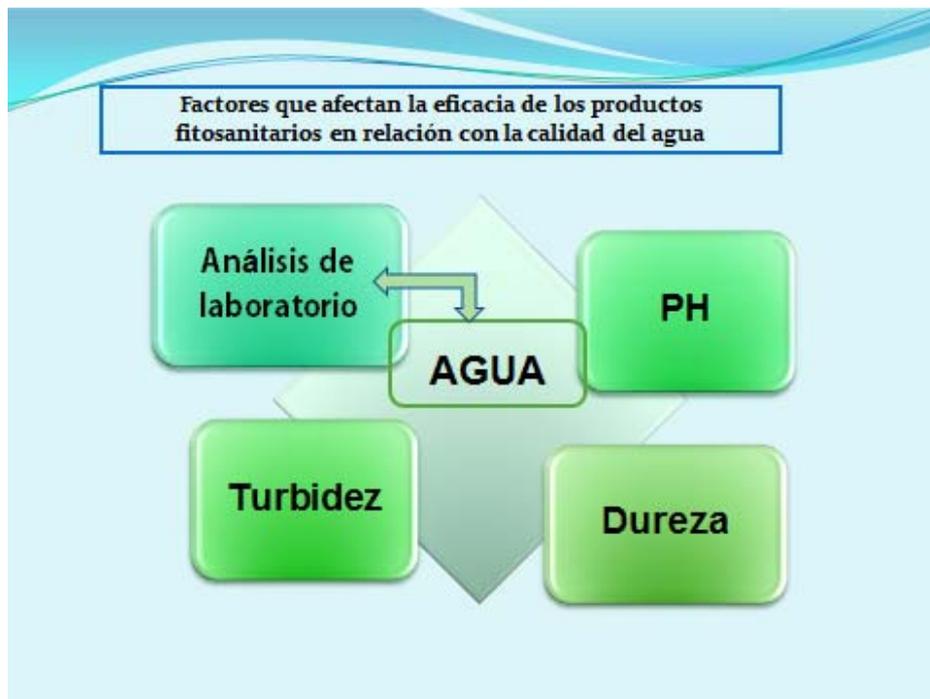


Figura 8

- ✓ pH: es el grado de acidez o alcalinidad, que se mide con una escala que va de 0 a 14. Los sólidos disueltos que tienen las aguas, ya sean subterráneas como superficiales, están en forma de sales y su calidad va a depender de los cationes y aniones que las componen. De acuerdo a la combinación de sales disueltas que tengan pueden ser neutras, alcalinas o ácidas. En la República Argentina, el pH promedio es similar en todas las zonas, con un valor de 8,2; esto significa que la mayoría del agua utilizada para aplicaciones fitosanitarias es alcalina. Los pH por encima de 6,5 generan hidrólisis alcalina y aquellos por debajo de 4,5 hidrólisis ácida; ambas situaciones son problemáticas porque pueden producir la descomposición del producto. Cada principio activo tiene un pH diferente. Como recomendación general, lo ideal es que se tienda a obtener un valor entre 4,5 a 6,5. En caso de utilizar mezcla de productos, es aconsejable que se respete ese rango como valor final de la misma. No obstante, en algunos casos, por ejemplo, se recomienda un pH ligeramente ácido (5 - 6).
- ✓ Dureza: si bien en el campo se dice, en forma empírica, que un agua es dura cuando deja sarro o *no corta al jabón*, en realidad es la suma de los cationes calcio (Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}), expresados en mg/L (ó ppm) de carbonato de calcio; estos cationes son los más abundantes entre los que generan problemas en las aplicaciones. No expresa el contenido total de minerales del agua. Con fines prácticos se usa la siguiente fórmula: $\text{CO}_3\text{Ca ppm (mg/L)} = 2,5 \times \text{mg/L Ca} + 4 \times \text{mg/L Mg}$. En la República Argentina, los valores de dureza promedio son de 340 ppm pero casi no hay zonas que tengan menos de 180 ppm. Hasta 200 ppm se considera que un agua utilizada para aplicaciones es *manejeable*, aunque igual conviene corregirla. Por encima de los valores aceptables es necesario corregir la dureza usando los denominados secuestrantes (a

la dureza hay que *secuestrarla*, no precipitarla como se hace en muchos casos). Algunos de los problemas que genera la dureza son: impedir una buena emulsionabilidad de las mezclas en los tanques, formar sales insolubles con algunos herbicidas ácidos débiles inactivándolos, entre otros. Las aguas se clasifican según las ppm de CO₃Ca de la siguiente manera (Tabla 1):

Ppm CO ₃ Ca	Tipo de agua
0 – 60	Blanda
61 – 120	Moderadamente dura
121 – 180	Dura
+ 181	Muy dura

Tabla 1

- ✓ Turbidez: está dada por la presencia de arcillas, materia orgánica en suspensión y partículas minerales; el agua se observa a simple vista sucia y de color más oscuro. Se adsorben fuertemente a la parte aniónica de algunos productos fitosanitarios disminuyendo su disponibilidad en el caldo del tanque y consecuentemente el control. Sucede en particular con algunos herbicidas que son desactivados. No existen hasta el momento productos para corregir la turbidez; es conveniente elegir otra calidad de agua, si se tiene la posibilidad, o hacer flocular todas las arcillas para lo cual se pueden emplear los productos utilizados para las piletas.

Coadyuvantes

Algunos de los factores descritos que influyen negativamente en la eficiencia de aplicación pueden mejorarse o minimizarse con el uso de los coadyuvantes. Coadyuvante es un término amplio que incluye tanto sustancias que forman parte de las formulaciones de productos fitosanitarios (constituidos por el/los principio/s activo/s más los coadyuvantes que determinan la formulación comercial e influyen en su calidad), como aquellas que se agregan en el momento de preparar el caldo de aplicación. Existen numerosas definiciones: “Sustancias que se adicionan al formulado, o posteriormente al tanque de la pulverizadora, con el objetivo de mejorar la actividad de los agroquímicos o de facilitar su aplicación a través de la modificación de las características del spray o de la solución”. “Producto utilizado en mezcla con los formulados para mejorar la aplicación y/o eficacia de éstos” (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, CASAFE, 2015 - 2017). Sin embargo, la más sencilla y abarcadora dice que: “Son sustancias que contribuyen con la actividad del producto fitosanitario, facilitando el mezclado, la aplicación o mejorando la eficacia del plaguicida” (Puricelli & March, 2014). En definitiva, son herramientas que ayudan a mejorar el desempeño de los productos fitosanitarios compensando algunas variables que afectan su comportamiento, y a eliminar o disminuir al máximo posible los problemas de aplicación, modificando las características físicas y químicas

del caldo, y de esta manera a optimizar los resultados. Del análisis de estas definiciones, queda claro que – salvo excepciones - ya no alcanza con el tensioactivo que está formando parte de los componentes de las formulaciones ni con el sólo agregado de agua para realizar una aplicación de calidad; hay que agregar en el tanque coadyuvante/s de acuerdo a la necesidad (Figura 9), ya que contribuyen a vencer la barrera de la aplicación (por ejemplo los antiderivas y antievaporantes), la barrera de la absorción (caso de los tensioactivos y penetrantes), y de la degradación (los correctores de pH, secuestrantes de cationes y carriers), entre otros procesos.

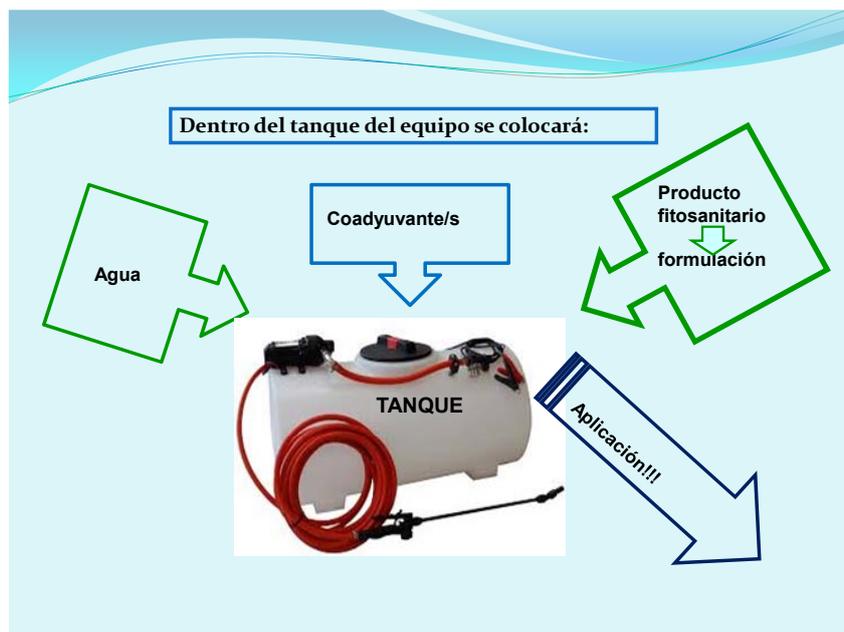


Figura 9

Hace algunos años se consideraba que todos los coadyuvantes eran tensioactivos. Este concepto ha ido cambiando. Un solo coadyuvante, en general, no cumple todas las funciones; sólo un pequeño número posee más de una característica. Es frecuente la necesidad de utilizar una combinación de ellos, que sean complementarios y compatibles entre sí. Es cada vez más habitual que las empresas fabricantes de agroquímicos aconsejen el uso de uno o más, en mezcla con sus productos. Sin embargo, no siempre son necesarios. Toda incorporación en el tanque de una pulverizadora implica una reacción química, por lo que es preciso ser muy cuidadoso en su utilización. Las características del producto fitosanitario que se vaya a aplicar, de la plaga a controlar, del cultivo, y las condiciones ambientales van a condicionar el tipo de coadyuvante que sea necesario agregar al caldo. La tecnología de los coadyuvantes ha progresado y el mercado ha ido evolucionando hasta llegar a los de última generación, cobrando cada vez mayor protagonismo, ya que la creación de nuevas moléculas de productos fitosanitarios es de costo muy elevado y no se prevé que por un buen tiempo vayan a “aparecer” nuevos productos desarrollados; es así que se opta por la mezcla de principios activos existentes con diferentes mecanismos de acción y/o el agregado de coadyuvantes para aumentar la eficacia de los productos ya existentes. Pero es común observar que se hace una mala selección al momento de elegir cuál utilizar; se deben analizar las limitantes que puedan afectar a una aplicación en particular, y tener en cuenta qué es lo que se desea mejorar o

corregir (por ejemplo el tipo de maleza, cultivo a pulverizar, equipo de aplicación y calidad de agua, y si se quiere lograr una excelente cobertura, humectación, corregir pH y secuestrar cationes), como así también leer los marbetes, donde se encuentran indicaciones de compatibilidades, concentraciones, datos sobre algunos efectos negativos como incompatibilidad, toxicidad o fitotoxicidad, y otras consideraciones que se deberán respetar.

Algunos de los efectos proporcionados por los coadyuvantes, ya sea de manera individual o combinados, son:

- ✓ Modificar la compatibilidad de diferentes ingredientes en la mezcla a aplicar y contribuir a la estabilidad de la misma.
- ✓ Modificar los procesos de evaporación y secado de la gota y disminuir la deriva.
- ✓ Modificar los procesos de adherencia y retención de las gotas.
- ✓ Influenciar tanto en la penetración en la planta mediante solubilización de ceras, ruptura de membranas, en el comportamiento de absorción en membranas y paredes celulares, como en el transporte sistémico y penetración en las células del hongo.
- ✓ Disminuir el número y frecuencia de las aplicaciones.
- ✓ Disminuir el efecto de los factores ambientales sobre los productos, la mezcla y/o la aplicación de agroquímicos.
- ✓ Ofrecer beneficios económicos y al medio ambiente por la posibilidad de optimizar al máximo la acción de los principios activos.
- ✓ Contribuir a una efectiva aplicación (cobertura de gota, humectación, deposición, retención; penetración y translocación) para disminuir el margen de error.

En el proceso de aplicación de un producto fitosanitario intervienen las siguientes etapas, que se deberán realizar de manera responsable y eficiente. En cada una de ellas pueden actuar los coadyuvantes:

- 1) Mezcla en el tanque
- 2) Formación de las gotas (pulverización)
- 3) Aplicación – transporte al blanco
- 4) Mojado y esparcido
- 5) Penetración al blanco
- 6) Retención/ adherencia
- 7) Pérdida de agua por evaporación y formación del depósito
- 8) Translocación del producto – Acción biológica

Existen diferentes clasificaciones. Para ordenar de alguna manera los productos que en este momento se comercializan, se adoptará la más utilizada por diferentes autores, que se grafica en la Figura 10:

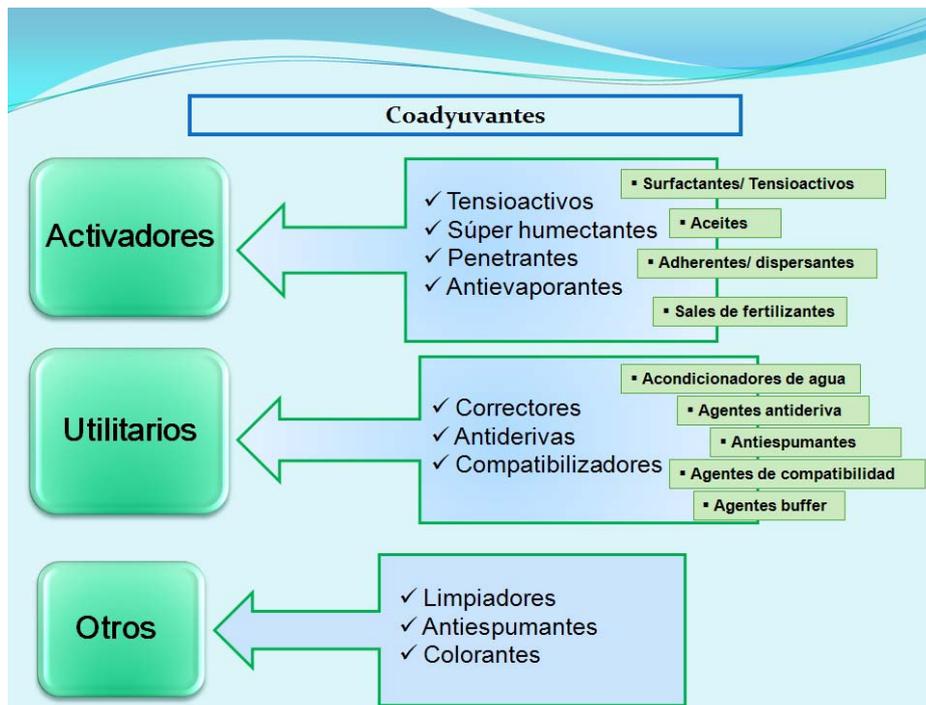


Figura 10

Por su función

a – Activadores: mejoradores de la performance del producto fitosanitario. O dicho de otra manera, ayudan a mejorar la eficacia de los mismos.

b – Utilitarios: considerados, en forma general, como minimizadores de los problemas de manejo y aplicación. Tienen propósitos específicos. En definitiva, cambian las propiedades físicas y químicas del caldo, y de esta manera facilitan la aplicación, minimizan los efectos no deseados y amplían los rangos de las condiciones bajo las cuales puede ser eficaz un producto.

c – Otros: los limpiadores son productos que tienen la propiedad de remover los depósitos de agroquímicos del tanque, cañerías, filtros, pastillas y, en general, de todos los componentes del circuito hidráulico. Su uso debe seguir estrictamente las instrucciones del fabricante. Muchas veces contienen amonio cuaternario, bicarbonato, amoníaco y cloro diluido. Los antiespumantes previenen, suprimen y controlan la formación de espuma no deseada causada en general por los tensioactivos y el sistema de agitación. Los colorantes permiten detectar fallas (*chanchos*), superposiciones y la llegada al blanco. Su uso es más frecuente en trabajos de investigación o ensayos científicos para determinar la calidad de la aplicación de un producto, pero no en el campo.

No se describen las características de los productos incluidos en a y b ya que, por lo extenso del tema correspondería la inclusión de otro capítulo.

Por su estructura química

Está muy relacionada con la funcionalidad de los coadyuvantes. Ejemplo: organosiliconados, clatratos, aceites, etc.

Por su origen

Existen de origen vegetal, derivados del petróleo y sintéticos. Actualmente no hay todavía de origen biológico.

Referencias

Carson, R. (1994). *Silent Spring*. Editorial Houghton Mifflin Company.

Cricco, J. (2010). Tamaño de gota, una variable que marca la diferencia. Recuperado de:
<http://www.engormix.com/MA-agricultura/maiz/articulos/aplicacion-de-fitosanitarios-t3148/417-p0>.

Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. CASAFE (2015 - 2017). Guía de Productos Fitosanitarios. Editorial Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. 17° Ed. Buenos aires, Argentina.

Jalil Maluf, E., Ianone, N. & Etchegoyen, J. (2015). Gota protegida. Aplicaciones eficientes. Aplicaciones agrícolas de calidad y uso de coadyuvantes de última generación. Recuperado de:
<http://www.gotaprotegida.com.ar/wp-content/uploads/2015/04/gotaprotegida.pdf>

Leiva, P. D. (2011). Mezcla de tanque y prueba de compatibilidad. Grupo Protección Vegetal - INTA, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Pergamino (BA). Recuperado de:
<http://inta.gob.ar/documentos/mezclas-de-tanque-y-prueba-de-compatibilidad>

Puricelli, E. & March, H. D. (2014). Formulaciones de Productos Fitosanitarios para Sanidad Vegetal. Editorial Rosario: Rosario, Argentina.

CAPÍTULO 3

Uso seguro y responsable de Productos Fitosanitarios

Gladys A. Lampugnani

Los Productos Fitosanitarios deben manejarse con cuidado, dado que es un proceso que se inicia con la compra, continúa con la aplicación en el cultivo y termina con la eliminación del envase vacío. Aunque el producto tenga baja toxicidad, siempre hay que tomar precaución. Se debe considerar el riesgo a los que se someten los operarios ya que pueden ser afectados por el producto utilizado, sistema de aplicación y condiciones ambientales entre otros. Existe coincidencia en que el momento de mayor riesgo de accidentes con agroquímicos se da en el momento de preparación del caldo. “El uso de equipos de protección personal, así como la consideración de las condiciones adecuadas de aplicación, especialmente velocidad del viento y deriva; resultan fundamentales para disminuir los riesgos de contaminación y toxicidad” (Martens, 2012, 19). Durante todas las etapas de manipulación el personal deberá utilizar ropa protectora, para lo cual es importante saber de qué manera pueden penetrar los productos en el organismo.

Vías de penetración del fitosanitario

Existen cuatro vías de penetración (Figura 1) por boca (oral), a través de la piel (dermal), al respirar por la nariz o boca (inhalación) y por los ojos (ocular). La contaminación más frecuente es por la piel expuesta, cuando se derrama un producto, por medio de goteras, salpicaduras o el rocío del pulverizador. “El riesgo de inhalación puede ocurrir debido a que algunos productos fitosanitarios son volátiles o porque el método de aplicación produce partículas líquidas o sólidas, bastante fina para que se puedan inhalar “(Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, CASAFE, 2015-2017, 67).



Figura1. Vías de penetración del fitosanitario al organismo

1.- Vía oral: llamada también ingestión, es la vía que generalmente produce las consecuencias más graves. Se presenta en intoxicaciones accidentales y por diversas causas como son:

- Comer, beber o fumar con las manos o los guantes con restos de plaguicidas
- Consumir alimentos contaminados: en el almacenamiento o transporte, (por no tener en cuenta los plazos recomendados entre la última aplicación del plaguicida y la cosecha)¹
- Guardar alimentos, agua u otras bebidas en recipientes que han contenido agroquímicos.
- Por re envasar plaguicidas en recipientes de alimentos o bebidas, por ejemplo en una botella de cerveza o gaseosa, un polvo blanco en un tarro de leche en polvo, etc.

2.- Vía inhalatoria: a través de las vías respiratorias. Pueden presentarse por causas tales como:

- Preparar mezclas con plaguicidas volátiles en ambientes cerrados o con baja ventilación, especialmente en climas cálidos.
- Preparar mezclas o cargas de los equipos con productos en polvo y con condiciones ventosas.
- Aspirar la nube de aspersión. Esta circunstancia se da especialmente al hacer aplicaciones en ambientes cerrados como bodegas o invernaderos.
- Aspirar la nube de polvo al aplicar polvos para espolvoreo.
- Aspirar los vapores o gases de productos fumigantes, al momento de la aplicación o después.
- Aspirar nieblas finas producidas por aerosoles o termonebulizadores.
- Usar respiradores inadecuados o filtros contaminados.

La vía inhalatoria es la que presenta el efecto más rápido y grave. Las partículas más pequeñas quedan suspendidas en el aire y penetran más fácilmente y en profundidad.

¹ Llamado Tiempo de carencia (TC)

Partículas menores de 10 micras pueden llegar hasta el alveolo pulmonar y las de 50 a 100 micras son retenidas por la cavidad nasal y se absorben por las mucosas.

3.- Vía dermal: es la vía más frecuente de intoxicación con plaguicidas. Se estima que un 90% de las que se presentan por esta vía, pueden ser causadas por:

- Derrames o salpicaduras en la piel con productos concentrados o diluidos.
- Exposición continua a la nube de aspersión.
- Uso de ropas o elementos de protección contaminados, rotos o inapropiados.
- Tocarse la piel con los elementos contaminados (por ej. para limpiarse el sudor o quitarse el respirador).
- Malos hábitos de higiene o carencia de ellos.

La piel es una buena barrera contra algunas sustancias y otras la puede absorber (un ejemplo son las pomadas que nos aplicamos para golpes o dolores musculares), no todas las zonas del cuerpo humano tienen la misma capacidad de absorción. En ensayos realizados con productos organofosforados se encontró que la parte externa del antebrazo era la de menor absorción, en comparación con la cara y el cuero cabelludo que es cuatro veces mayor, siendo por el abdomen dos veces mayor y 12 veces más en la región genital.

4.- Vía ocular: Los ojos tienen también una gran capacidad absorbente, puede provocar ardor, irritación y acuosidad de las membranas mucosas de los ojos, por esa razón se deberá usar anteojos durante todo el proceso de manipulación de fitosanitarios.

Efecto de los plaguicidas

Los plaguicidas pueden provocar dos tipos de intoxicaciones: aguda y crónica.

1.- Intoxicación aguda: en ella la aparición del síntoma es rápida, con una sola exposición se manifiesta en poco tiempo (minutos u horas) después que el tóxico ingresó en el organismo. Puede causar la muerte en forma inmediata.

Síntomas:

- Excesiva sudoración
- Mareos
- Confusión
- Irritación de la piel
- Dolor abdominal, diarreas
- Visión borrosa
- Desmayos
- Vómitos

- Dolor de cabeza
- Dificultad respiratoria
- Ardor en los ojos
- Excesiva salivación
- Dolores y contracciones musculares

2.- Intoxicación crónica: es una intoxicación a largo plazo, con repetidas exposiciones al tóxico, aún a bajas dosis, pero en forma continua y prolongada en el tiempo. Tiene efectos irreversibles, provocando la muerte, dado que se fijan en las grasas del cuerpo humano.

Síntomas:

- Anorexia o pérdida de apetito
- Alteración del sueño
- Depresión
- Temblor
- Cánceres o tumores (próstata, huesos, mama, ovario y útero)
- Cefaleas y migrañas
- Problemas en el embrión (hidrocefalia, labios leporinos, fibrosis quística)

Como medidas de prevención y para evitar los efectos provocados por las intoxicaciones, se recomienda el uso de equipos de protección personal (EPP)

Equipos de Protección personal (EPP)

La lectura del marbete y la hoja de seguridad del producto brindan una referencia necesaria para tener en cuenta las medidas de precaución y elementos de protección personal a utilizarse en cada producto, en cada situación, tipo de aplicación o puesto de trabajo, se sugiere una lectura minuciosa.



Figura 2 : Anteojos, mascarar y guantes **Figura 3:** Vestimenta del personal

La Figura 2 muestra algunos elementos de protección a utilizar como: máscaras, anteojos, barbijos y guantes, mientras que la Figura 3 indica la vestimenta correctamente del operario. La ropa de trabajo debe ser cómoda y a la vez brindar la protección necesaria durante las labores agrícolas. El requisito mínimo para todo tipo de aplicación de productos utilizados en la protección de cultivos es llevar ropa ligera que cubra la mayor parte del cuerpo. Esto significa mangas largas, pantalones largos, botas o zapatos y un sombrero. Generalmente la ropa de trabajo es de algodón o poliéster.

De acuerdo con la actividad a realizar (operario en general, preparador y mezclador, banderillero, aplicador), en invernáculo, con mochila, equipo aéreo, equipo terrestre y si es al aire libre o bajo cubierta, deberá protegerse de distinta manera.

Existen cuatro niveles de protección:

- **Nivel A:** nivel máximo de protección respiratoria y de la piel. Se utiliza un traje totalmente encapsulado, hermético (una sola pieza y sin costuras) y multilaminado, botas y sobreguantes exteriores adecuados al riesgo químico y equipo de respiración autónomo interno de presión positiva. Se considera el uso de EPP² Nivel A en caso de presencia de gases o vapores tóxicos en lugares cerrados, por ejemplo, fosfina o vapores de organofosforados.
- **Nivel B:** nivel máximo de protección respiratoria con menor nivel de protección de piel. Se utilizan trajes de una sola pieza con orificios elastizados, equipo de respiración autónomo de presión positiva, guantes y botas impermeables, adecuados al riesgo químico. Se considera el uso de EPP Nivel B para casos de derrames o fugas de gases o vapores en lugares abiertos, o cuando existe riesgo de salpicaduras de sustancias químicas, por ejemplo, organofosforados.
- **Nivel C:** menor nivel de protección respiratoria y de protección de la piel. Se utiliza equipo de protección respiratoria dependiente del ambiente (máscara con filtro), guantes y botas impermeables, adecuados al riesgo químico. Este nivel se considera cuando existe riesgo de salpicaduras de sustancias químicas de baja toxicidad y en espacios abiertos o no confinados.

² Equipo de Protección Personal.

• **Nivel D:** nivel más bajo de protección química. Se utiliza pantalón y camisa confeccionados en tela sintética, antiparras, guantes de protección química y calzado impermeable.

Todos los elementos deben ser conservados en condiciones adecuadas que aseguren su correcto estado y funcionamiento. Aquellos elementos reutilizables del EPP, deben ser higienizados antes de volver a usarse. El lavado se realiza en forma separada de la ropa normal, utilizando guantes, jabón neutro y dejándolo secar en un lugar fresco y a la sombra. Los materiales descartables, luego de ser utilizados, deben ser desechados (García & Lazorki, 2011, 31).

Cuidados en la preparación de mezclas

Existen diversas formulaciones de productos fitosanitarios: de uso directo como los polvos secos, granulados y UBV³ y otras que requieren diluirse en agua como los polvos mojables, concentrados emulsionables y solubles, emulsiones concentradas y suspensiones concentradas.

Para la preparación de las mezclas se debe tener ciertas precauciones:

- Al abrir un envase, hacerlo cuidadosamente para no sufrir salpicaduras o derrames sobre el cuerpo.
- Nunca perforar el envase.
- Utilizar probetas, vasos graduados, balanzas, filtros, baldes, embudos y otros utensilios recomendados para la preparación de mezclas, que deben ser utilizados para ese fin.
- Nunca utilizar utensilios domésticos.
- No manipular los productos fitosanitarios sin guantes.
- No agitar las mezclas con las manos.
- Después de preparar la mezcla, lavar los utensilios.
- Utilizar siempre agua limpia, si es necesario, filtrarla para eliminar las impurezas que puedan contener ya que pueden tapar los picos.
- Manejar los polvos secos, mojables⁴ o solubles de manera tal de evitar desprendimiento de partículas.
- No preparar mezclas en el interior de viviendas, escuelas o donde haya animales. Si se realiza en un galpón verificar que haya buena ventilación.
- Alejar a los niños y personas ajenas a la tarea del lugar de preparación de las mezclas.
- Tomar las precauciones necesarias para evitar la contaminación de pozos, fuentes o curso de agua.
- Respetar las dosis recomendadas en los marbetes (CASAFE, 2000, 72-73).

³ Ultra Bajo Volumen (UBV)

⁴ Algunos Polvos mojables vienen formulados como bolsas hidrosolubles.

Aplicación responsable

El manejo responsable en la aplicación de fitosanitarios es importante ya que es el momento donde se produce la liberación al medio ambiente del producto, se aumenta el riesgo de contacto con el operario y las poblaciones. Es importante la intervención del ingeniero agrónomo, quien debe asegurar el cumplimiento de la legislación vigente, la disminución del riesgo químico, el uso de la protección personal del trabajador rural, el cuidado del ambiente y la sociedad en su conjunto. Para lograrlo, de manera segura se recomienda seguir las siguientes indicaciones:

- El aplicador es el responsable de la correcta utilización de los fitosanitarios.
- Se debe contar con un asistente técnico, quien asesorará sobre los productos y la dosis a aplicar (en la mayoría de las legislaciones provinciales se requiere la receta agronómica).
- El aplicador deberá estar capacitado y contar con la credencial habilitante otorgada por la autoridad competente.
- Cuarenta y ocho horas previas a la aplicación se comunicará a la población adyacente, respecto al día, el lugar, la hora de inicio y de finalización de la intervención.
- Al momento de la compra, la receta queda archivada y las dosis indicadas deben ser respetadas por el aplicador.
- El acceso al área a tratar, durante la aplicación, debe estar limitado a los aplicadores.
- Si existen instalaciones en las cercanías del área, las puertas y ventanas deberán permanecer cerradas para evitar su contaminación.
- La protección de la salud humana, animal y ambiental durante las aplicaciones de los fitosanitarios es responsabilidad del productor agropecuario, del piloto (en el caso de las aplicaciones aéreas), y de los directores o asesores técnicos, ingenieros agrónomos.
- Se deberá respetar el momento adecuado de aplicación, es decir, las condiciones ambientales de temperatura, humedad, vientos, etc. indicados en la etiqueta y hoja de seguridad del producto. Se recomienda la presencia de un ingeniero agrónomo para evaluar las condiciones climáticas antes de la aplicación.
- No se deben aplicar productos fitosanitarios cerca de viviendas, escuelas, centros de salud, instalaciones de abastecimiento de agua, tanto para consumo humano como animal, fuentes de aguas naturales u otros lugares que requieran protección. La distancia a zonas urbanas o fuentes de agua debe estar determinada por las características físico-químicas del producto, el tipo

de aplicación y las necesidades sanitarias correspondientes, sin perjuicio de las restricciones que establezcan las normas locales en la materia.

- Para evitar el desperdicio del resto del producto en los envases que se utilizan, se deben cumplir las indicaciones de la etiqueta y realizar el lavado a presión o triple lavado.
- Si se realizan aplicaciones aérea (AA) se debe tener en cuenta:
 - a) Las AA deben estar indicadas y certificadas por la receta de un Ingeniero Agrónomo.
 - b) Las empresas que realizan AA tienen que estar registradas y autorizadas para esta actividad por la autoridad competente.
 - c) En AA cercanas a zonas urbanas es necesario contar con autorización escrita de la autoridad competente y adjuntar un croquis con el lugar exacto de aplicación y las franjas de seguridad a considerar, según la normativa local vigente.
 - d) Comunicar con 48 hs. de anticipación a la población de la zona que se procederá a la aplicación del producto, informando el día, el lugar, hora de inicio y término del procedimiento, el producto a aplicar, un teléfono de emergencia y las medidas de prevención (Rivero, 2012, 59-60).

Lavado y disposición final de envases vacíos

En Argentina se liberan al mercado 265 mil toneladas de plásticos de todo tipo (sillas, mesas, carcasas de computadoras, peines, etc). De esa cantidad, sólo el 5% corresponde a envases de plásticos rígidos de fitosanitarios (13 mil toneladas), llegándose a recolectar un total de 4.200 toneladas (32%) a través del programa AGROLIMPIO. Este programa de responsabilidad social y ambiental está destinado a concientizar y colaborar en la elaboración de un sistema de recolección y transformación de envases en conjunto con entidades civiles, públicas y privadas del sector agropecuario. Su objetivo es reciclar envases rígidos vacíos de productos fitosanitarios con triple lavado o lavado a presión (Norma IRAM 12.069) y perforados para su inutilización (CASAFE, 2015 - 2017, 38).

La mayoría de los productos fitosanitarios vienen en envases de plástico, su eliminación comprende dos etapas: durante y después de la aplicación. En la primera etapa, durante la aplicación, la recomendación más importante es realizar, el triple lavado de los envases vacíos. La inutilización, almacenamiento provisorio y eliminación de los envases corresponde a una segunda etapa. La técnica de triple lavado o lavado a presión de envases de plástico rígido posibilita la reducción de la concentración del producto activo en este tipo de envases, tal como lo establece la norma IRAM 12069.

El triple lavado o lavado a presión de envases vacíos se fundamenta en tres pilares:

- a) Seguridad social: en lo que respecta al manipuleo y disposición posterior de los envases siempre y cuando se utilice el Equipo de Protección Personal (EPP)

b) Sustentabilidad ambiental: al permitir el reciclado de los envases minimizando los efectos adversos sobre el ambiente.

c) Económico: ya que permite aprovechar el total del producto haciendo un uso eficiente del mismo.

Procedimiento de triple lavado o lavado a presión



Figura 4. Triple lavado Fuente: CASAFE

El procedimiento debe realizarse para envases de plástico rígido de productos fitosanitarios (Figura 4). El momento adecuado para realizar la operación de lavado es inmediatamente luego de terminado el contenido del envase, es decir, al momento de la preparación del caldo, previo a la aplicación, donde el agua de lavado pueda ser vertida nuevamente al tanque de la pulverizadora. De ninguna manera esta solución debe verterse sobre la tierra o fuentes de agua natural por lo cual es imprescindible realizar el lavado al momento de realizar la carga del equipo pulverizador.

El procedimiento correcto para lograr un adecuado triple lavado de los envases consiste en:

- 1) Agregar agua hasta llenar aproximadamente un cuarto de la cantidad del envase.
- 2) Cerrar el envase y agitar enérgicamente durante 30 segundos.
- 3) Verter la solución del lavado en el tanque de la pulverizadora.
- 4) Los puntos 1, 2 y 3 deben realizarse tres veces a fin de lograr eliminar los restos de producto que pudiesen haber quedado en el envase.

En cuanto a la técnica de *lavado a presión*, ésta consiste en sostener el envase hacia abajo, sobre la abertura del tanque pulverizador, para que el agua caiga dentro de éste y lavar el envase durante 30 segundos, moviendo la boquilla hacia los lados a fin de lograr el correcto enjuague.

Independientemente de cuál sea el procedimiento de lavado utilizado, se debe asegurar que el agua provenga de un depósito limpio, separado del caldo de pulverización. A su vez, resulta imprescindible utilizar el Equipo de Protección Personal (EPP) adecuado, indicado en las etiquetas de los productos. Posteriormente los envases deberán ser inutilizados mediante una perforación en su base, *sin dañar la etiqueta*.

Las técnicas de triple lavado o lavado a presión permiten eliminar del envase casi la totalidad del producto. Para aquellos envases menores a 20 L puede utilizarse tanto el triple lavado como el lavado a presión. Para envases de 20 L o mayores, se sugiere realizar el lavado a presión, el cual implica un menor gasto de energía al no ser necesario la agitación del envase, obteniendo el mismo resultado (Red de Buenas Prácticas Agrícolas, 2015,19).

IMPORTANTE



LOS ENVASES NUNCA DEBEN SER REUTILIZADOS. DEBEN SER INUTILIZADOS Y POSTERIORMENTE, DESTRUÍDOS.

EL TRIPLE LAVADO ELIMINA EL 99,9 % DE RESTOS DE PRODUCTOS.

Eliminación de envases vacíos

En la Figura 5 se puede observar la acumulación de envases vacíos



Figura 5

La eliminación de los envases vacíos depende de:

- **Envases de papel o cartón:** una vez vacío hay que romperlos y quemarlos en lugares abiertos, alejados de viviendas, depósitos, corrales, etc, teniendo en cuenta la velocidad y dirección del viento. Posteriormente las cenizas obtenidas se entierran.
- **Envases de plásticos:** se debe realizar el triple lavado y luego se almacenan en lugares cercados que se retirarán luego para su posterior eliminación/ó reciclado.
- **Envases de vidrio:** una vez realizado el triple lavado, el envase se rompe y se traslada al centro de acopio más cercano al lugar.⁵
- **Envases metálicos:** estos envases son lavados, perforados y aplastados, luego son llevados a fundición en hornos con temperaturas de aproximadamente 1.200°C.⁶

Se recomienda:

- a) No reutilizar los envases de los productos fitosanitarios, debido a que los mismos pueden contaminar su contenido.
- b) No quemar los envases de fitosanitarios a cielo abierto y en el lote. Este proceso de combustión puede desprender contaminantes orgánicos persistentes, como las dioxinas y furanos, a la atmósfera.
- c) No enterrar los envases en el predio, los que contienen restos del producto pueden migrar al suelo y a las aguas subterráneas.
- d) Se debe contar con un plan de gestión de envases residuales de productos fitosanitarios, adecuado a la normativa ambiental provincial (Rivero, 2012,75).

Centro de acopio

El uso de fitosanitarios en la actividad agrícola, genera envases vacíos, que requieren un manejo correcto y un destino final controlado, dado que producen contaminación o riesgo tóxico para el ser humano y medio ambiente.

Una vez realizado el proceso de lavado, deberán transportarse al centro de acopio más cercano. Los operarios provistos del EPP correspondiente verifican que todos los envases hayan llegado con el triple lavado o lavado a presión y con su base perforada.

La mayoría de los productores, realizan un manejo inadecuado de los envases, ya sea por ausencia de normativas o desconocimiento de información; es frecuente encontrar en el campo envases vacíos de fitosanitarios, que luego entierran, queman o reutilizan. Para que esto no ocurra, es importante la creación de Centros de Acopio Transitorios (CAT); capacitar a los productores y usuarios de plaguicidas sobre el uso seguro de los mismos, medidas de seguridad, difusión de la técnica de triple lavado y la inutilización de envases vacíos.

La normativa del Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) hace referencia al cumplimiento de la Norma IRAM 12.069, que indica el procedimiento del triple

⁵ y ⁶ En la actualidad ya no se elaboran en envases de vidrio o metal.

lavado o lavado a presión de los envases vacíos, generados por productores agropecuarios y establecimientos agroindustriales.

Los materiales a reciclar tienen como destino final la elaboración de:

- polietileno de alta densidad (HDPE) para la confección de tablas, postes o varillas para uso rural, baldes para envasar pinturas, caños para aguas de riego y cloacales (sistema tricapa).
- tereftalato de polietileno (PET) para elaboración de cerdas para escobas y sogas plásticas.
- polietileno de baja densidad (LDPE) para bolsas de residuos industriales o patológicos.

En septiembre de 2016 en el Congreso de la Nación se sancionó la “ley que regula el manejo de envases de agroquímicos”, que establece la obligatoriedad del triple lavado y la implementación de sistemas de recolección y destinos de los envases vacíos. Es la primera iniciativa parlamentaria impulsada por el Ministerio de Agroindustria que logra convertirse en ley, faltando el decreto reglamentario para que se promulgue definitivamente.

La norma establece la responsabilidad extendida a los fabricantes y, donde las empresas que registran productos en el mercado tendrían que hacerse cargo del destino de los envases vacíos. Con esta legislación se implementarán sistemas de recolección, lugares de destino de los envases vacíos y la obligatoriedad de realizar el triple lavado. En los centros de acopio transitorios se los clasificará en reciclables y los que irán a disposición final. Además comenzará a estar vigente el Principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP), en el cual cada uno de los registrantes de fitosanitarios deberá responsabilizarse por la gestión integral y el financiamiento de los envases.

Esta normativa es un compromiso social entre el sector productivo y empresarial, garantizando la gestión de los envases vacíos y el cuidado del medio ambiente.

Construcción de depósitos para productos fitosanitarios

Para la construcción de depósitos tener en cuenta los parámetros de Figura 6.



Figura 6

- **Ubicación:** deben situarse lejos de viviendas, hospitales, escuelas, estaciones de servicio, zonas urbanas, terrenos inundables, depósitos de alimentos, granos, forrajes, fertilizantes o semillas. Tener fácil acceso para la entrega y despacho de mercadería como también para el acceso de bomberos en caso de siniestro (se recomienda tener 10 m libres en el perímetro).
- **Construcción:** El material utilizado debe ser no combustible, con su interior protegido de temperatura y humedad extrema, con una resistencia mínima al fuego de 90 minutos.
 - a) Los pisos tienen que ser lisos, sin rajaduras e impermeables, las paredes pueden construirse de ladrillos o bloques de cementos.
 - b) Las rejillas de ventilación estarán ubicadas a 20 cm de altura desde el nivel del piso y otras cercas del techo para eliminar los olores o vapores que producen los productos fitosanitarios. Además es fundamental la presencia de detectores de humo y fuego.
 - c) El techo debe tener pendiente y estar protegido con pararrayos
 - d) Los portones de acceso deben ser de chapa de hierro y las ventanas proveer de luz suficiente como para leer las etiquetas.
 - e) Se recomienda también una instalación eléctrica antiexplosiva; tanto el tablero eléctrico como el tomacorriente no deben estar en el interior del depósito.
- **Saneamiento:** el personal tiene que tener acceso directo a duchas y lavajos, con abundante agua.
- **Almacenaje:** los productos fitosanitarios se guardarán bajo llave, evitando así el acceso a niños y personas no autorizadas. La carga, descarga y área de preparación de pedidos, se realizarán en zonas delimitadas para evitar golpes o caídas.

La mercadería que entra o sale debe estar correctamente identificada a través de las etiquetas y con los correspondientes precintos, identificándose número de lote y fecha de vencimiento. Los envases abiertos, deteriorados o con pérdidas NO pueden almacenarse.

Todos los productos tienen que estar almacenados bajo techo y los primeros que entran al depósito son los primeros que salen, de esa manera se evita tener productos vencidos.

- **Gestión operativa:** se refiere a la operatoria logística de carga y descarga, a la política de seguridad de la empresa, planos de distribución del depósito, incluyendo áreas de carga, vías de circulación, matafuegos, ducha descontaminante, botiquín de primeros auxilios y salida de emergencia a fin de permitir la correcta circulación y manejo por parte de los operarios. Es fundamental la continua capacitación de los empleados y operarios, en respuesta a los planes de emergencia, manipulación de mercancías peligrosas, primeros auxilios, lectura de la etiqueta de productos fitosanitarios y hoja de datos de seguridad.
- **Señalización:** Colocar carteles de advertencia como por ej.: “Prohibido fumar”, “Obligatorio utilizar elementos de protección personal”, “Salida de emergencia”, etc. Indicar con carteles aquellos productos peligrosos y señalar los lugares donde se almacenan los elementos de seguridad (extintores, baldes con arena).

La persona encargada del depósito tendrá las siguientes responsabilidades (Figura 7):



Figura 7

Recepción y almacenamiento de productos

Para la recepción y almacenamiento de productos tener en cuenta:

- Registrar todo movimiento de producto en el inventario de existencias, detallando vencimientos, stock y despachos.
- Controlar y mantener organizada la documentación referida a la recepción y despacho de productos que ingresen o salgan del depósito (remitos, facturas, etc).
- Verificar el buen estado del marbete. Todos los productos que ingresen deben estar correctamente etiquetados y poseer su correspondiente hoja de seguridad, provista por el proveedor, caso contrario, solicitarlas al responsable de la campaña.
- Controlar fechas de vencimiento y despachar los productos según su proximidad a la caducidad, evitar la obsolescencia de stock.
- Utilizar los elementos de protección personal y herramientas de manipulación según peligrosidad. Prevenir accidentes que comprometan su integridad física y la de terceros o puedan provocar roturas al envase y/o derrames de producto.
- Delimitar áreas de acceso según nivel de riesgo. Establecer restricciones de acceso a personal no autorizado.
- Clasificar, disponer e indicar con carteles a la vista de toda persona y en buen estado cada área de almacenamiento.
- Estibar los productos a una altura máxima de dos metros, respetar un espacio no inferior a un metro hasta el cielorraso y 50 cm hasta las paredes laterales. Realizar el

almacenamiento sobre tarimas de madera resistente con tratamiento ignífugo o estanterías adecuadas al peso y producto a estibar.

- Evitar que los productos almacenados queden a la intemperie expuestos a la radiación solar, sometidos a humedad, condiciones climáticas adversas que puedan afectar la estabilidad física y /o química.
- No estibar envases de menor capacidad sobre tambores o recipientes de mayor magnitud, aunque estén vacíos.
- Delimitar y demarcar las áreas de trabajo. Los residuos se almacenarán en un recinto separado, con una zona demarcada y carteles que indiquen la peligrosidad de la sustancia, su categoría de residuo peligroso, los riesgos ambientales y para la salud.
- Los líquidos siempre se almacenarán debajo de los sólidos.
- Adecuar el sector de productos líquidos para la contención de posibles derrames, disponer de un balde con arena o piedras absorbentes en las cercanías.
- Ubicar los productos muy inflamables en las zonas más aireadas del depósito y colocar cerca de ellos todo equipamiento necesario para el control del fuego.
- Los productos de mayor toxicidad se dispondrán en lugares más seguros.
- Mantener el orden y la higiene de las instalaciones de almacenamiento. No fumar ni comer dentro del depósito.
- Adoptar precauciones para el mantenimiento del etiquetado original de los envases.
- Respetar las medidas de prevención de incendios. Solicitar la Coordinación de Higiene y Seguridad el cálculo de carga de fuego y la provisión de matafuegos correspondiente.
- Los productos vencidos se someterán a un análisis por parte de la Dirección General de Laboratorios y Control Técnico para confirmar su integridad y capacidad de uso.

Plan de emergencia

Toda empresa que manipule productos fitosanitarios tendrá en cuenta el siguiente plan (Figura 8):



Figura 8. Datos a tener en cuenta para un plan de emergencia

Normas generales:

- Guardar siempre los productos fitosanitarios en sus envases originales con sus respectivas etiquetas.
- Intercalar productos inflamables con otros no inflamables, para que actúen de potencial barrera de fuego.
- Evitar la radiación solar directa.
- Estibar los envases adecuadamente en tarimas resistentes, colocando los productos pesados o líquidos en la parte inferior, dejando los productos en polvo en la parte superior.
- Los depósitos deberán estar cerrados con llave, con acceso restringido al personal autorizado y capacitado para el uso de los productos fitosanitarios.
- Todos los productos almacenados cuentan con hojas técnicas (MSDS – Material Safety Data Sheet), incluyendo información detallada del producto, su forma de uso y normativas para casos de contaminación accidental.
- En casos de accidentes leer el instructivo referido a teléfonos de instituciones que atienden posibles intoxicaciones.
- Como medida de seguridad ingresar dos personas al depósito de agroquímicos.

El uso responsable de los productos fitosanitarios es importante para garantizar la salud humana, animal y el cuidado del medio ambiente, su aplicación indica actuar con prudencia y no improvisadamente. La concientización y la adecuada capacitación para identificar y limitar los riesgos, permitirá el uso seguro y eficaz de los productos fitosanitarios.

Referencias

- Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, CASAFE (2000). *Uso Seguro de Productos Fitosanitarios y Disposición Final de Envases vacíos*. Editorial Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. Ed .Buenos Aires, Argentina.
- Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, CASAFE (2015 – 2017). *Guía de Productos Fitosanitarios* .Editorial Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes.17º Ed..Buenos Aires, Argentina.
- García, S. & Lazorki, J. (2011). *Guía de Uso Responsable de Agroquímicos*. Serie: Temas de Salud Ambiental N°7. Ministerio de Salud. Ciudad Autónoma Buenos Aires.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación, IRAM (2003). Norma 12.069.
- Martens, F. (2012). *Guía para el uso adecuado de plaguicidas y la correcta disposición de sus envases*. Boletín de divulgación N° 41. INTA Agencia de Extensión Rural Tandil.
- Red de Buenas Prácticas Agrícolas (2015). *Buenas Prácticas Agrícolas: Lineamientos de Base* Senasa. Resolución 45. Recuperado de [http://: www.redbpa.org.ar](http://www.redbpa.org.ar)
- Rivero, M. (2012). *Manual para la aplicación de fitosanitarios*. Departamento de Gestión Ambiental. Unidad de Presidencia. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. SENASA.

CAPÍTULO 4

Resistencia de las plagas a los productos fitosanitarios

Silvia Alicia Passalacqua

Introducción

Este capítulo pretende complementar los conocimientos de los productos fitosanitarios brindando lineamientos generales para la prevención, el manejo y la convivencia de la resistencia de las plagas; suceso que implica al mismo problema biológico, para insecticidas, fungicidas o herbicidas y que está relacionado a la capacidad natural de supervivencia de cada especie ante los cambios que se producen en su ambiente.

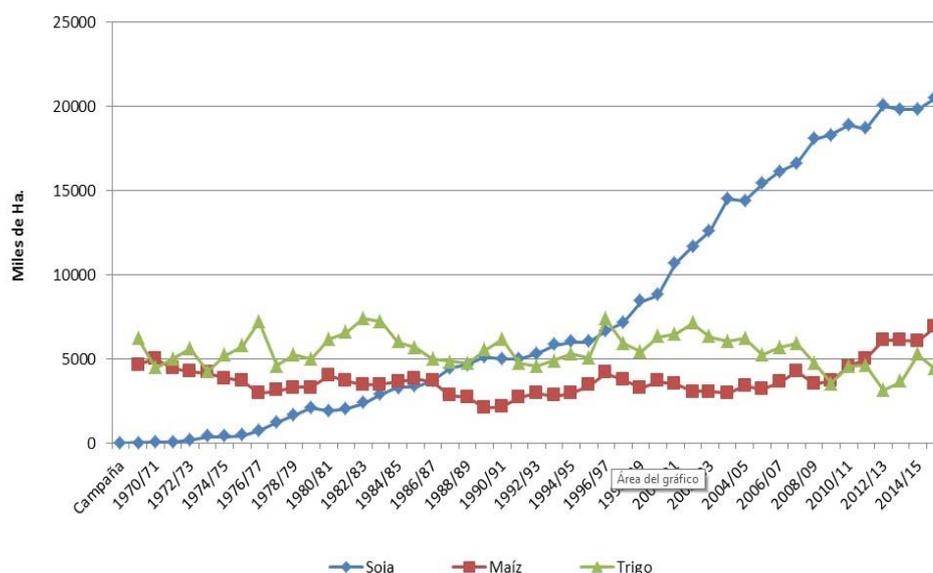
La resistencia se manifestó mucho antes a los insecticidas y fungicidas, que a los herbicidas, problemática que en su conjunto impacta negativamente en los sistemas productivos, disminuyendo rendimientos, aumentando costos de producción y consecuentemente reduciendo herramientas de manejo.

Dentro de las adversidades bióticas de los cultivos las malezas ocupan un papel preponderante y desde varias décadas la estrategia utilizada para su manejo descansa prácticamente en los herbicidas, que para el año 2013 representaron el 87% del mercado total de productos fitosanitarios de Argentina, correspondiendo un 65% al herbicida glifosato, (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, CASAFE, 2015 - 2017). Escenario que genera el compromiso de optimizar los factores agronómicos, ambientales y económicos asociados a su empleo.

A raíz de los cambios en los modelos productivos, la incidencia de las malezas ha ido modificándose a través de los años. Dentro de los sistemas de laboreo, se incrementó la superficie en labranza mínima y siembra directa, observándose una variación en la importancia relativa de los diferentes cultivos, con un aumento muy marcado de la superficie de la soja en las rotaciones. Consecuentemente las estrategias de manejo de malezas variaron lo que explica muchas de las modificaciones en su composición y abundancia.

La superficie dedicada a la agricultura tuvo en Argentina un marcado crecimiento desde fines del siglo pasado, registrándose para la campaña 2015 - 16 un total de 36 millones de hectáreas, (Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, 2016), con un manifiesto estancamiento de los cereales frente al aumento del cultivo de soja, como se observa en el Gráfico 1 para los principales cereales y oleaginosas:

Gráfico 1: Superficie sembrada (ha) - Total país



Fuente: elaboración propia en base a datos de estimaciones agrícolas Ministerio de Agroindustria

El crecimiento del área sembrada con soja a partir de la campaña 1996/97, fue consecuencia del cambio tecnológico que se produjo en el sector agropecuario a raíz del desarrollo de la biotecnología moderna. La rápida adopción de la soja RR tolerante al herbicida glifosato simplificó el manejo de malezas, los costos de producción bajaron, hubo una fuerte expansión de la frontera agrícola y el acople con la siembra directa permitió el progreso sustentable del sistema agrícola (Passalacqua, 2012). El elevado sinergismo entre la siembra directa, los avances en maquinaria agrícola nacional, la soja RR y el herbicida glifosato contribuyó marcadamente a la expansión de la soja (Satorre, 2005). Si bien el uso generalizado de herbicidas en la innovación de la agricultura ha contribuido al incremento de la producción de alimentos a nivel mundial (Powles & Yu, 2010), la excesiva simplificación de los métodos de control de malezas, dependiendo de un solo herbicida ha ocasionado problemas emergentes como la generación de resistencia en las malezas. Es importante resaltar que “tanto el mencionado evento de soja transgénica como la agricultura continuada no constituyen un problema en sí mismo; el peligro real radica en el monocultivo de soja que abarque ininterrumpidamente un área significativa (ausencia de parches sin cultivo o de otros cultivos) y que la opción de control se concentre en pocos principios activos, en general usados en forma masiva [...]” (Leguizamón, 2007).

El desarrollo del capítulo tendrá especial mención a la evolución de resistencia de las malezas a los herbicidas, fenómeno que se produce por la acción de selección ejercida por el empleo repetido en el tiempo de principios activos con el mismo mecanismo de acción.

Para comprender y prevenir las causas de la resistencia, es necesario especialmente conocer las características de las malezas que favorecen este proceso y entender como funcionan los herbicidas.

Herbicidas

Los herbicidas son productos fitosanitarios químicos o biológicos que se utilizan para controlar especies vegetales no deseadas, por su impacto negativo en la producción y rendimientos. Son capaces de alterar la fisiología de las plantas provocando la muerte o retardando significativamente su crecimiento. Los podemos agrupar por selectividad, especies objetivo, momento de aplicación, absorción, transporte en la planta, comportamiento en el suelo, y en función de los procesos metabólicos en el que ejercen su fitotoxicidad (Faccini, *et al.*, 2004).

Modo de acción de un herbicida

El modo de acción de un herbicida involucra la secuencia completa de procesos que ocurren desde la aplicación del herbicida hasta la muerte de la planta. Es específico de cada familia y se identifica por los síntomas que se manifiestan en las malezas afectadas por ejemplo el típico retorcimiento que causan los herbicidas hormonales como el 2,4-D; 2,4-DB; MCPA.

Mecanismo de acción de los herbicidas

Es el lugar específico en el cual el herbicida ejerce su acción o sea el sitio bioquímico que el herbicida inhibe.

Conocer modo y mecanismo de acción de los herbicidas, constituye una de las principales herramientas para el manejo de la resistencia en las malezas, como así también para retrasar su aparición con medidas de prevención.

Sitio de acción del herbicida

También llamado "lugar de acción", porque se trata de un lugar físico en el cual se desarrolla la acción del herbicida dentro de la maleza, que puede ser un "sitio activo" en el cual el herbicida inhibe una reacción enzimática, o bien puede ser cualquier otro lugar, como por ejemplo la membrana celular, en donde se produce una reacción del herbicida con algún componente de las células de la maleza.

El sitio de acción es el lugar específico dentro de las células en que el herbicida ejerce su acción directa. Por ejemplo, las imidazolinonas y sulfonilureas son familias de herbicidas que actúan sobre la enzima Aceto Lactato Sintetiza (ALS) que interviene en la síntesis de aminoácidos de cadena ramificada (valina y leucina). Otro ejemplo es el grupo conocido como Fop's y Dim's (graminidas: haloxifop y setoxidim) que actúan sobre la enzima Acetil Co A Carboxilasa – ACCase, deteniendo la producción de ácidos grasos empleados en lugares de alta actividad meristemática.

El Cuadro 1 incluye ejemplos de herbicidas, agrupados por mecanismo de acción, de acuerdo al esquema de clasificación desarrollado por la Sociedad Americana de Malezas (Weed Society of America WSSA) y el Comité de acción de resistencia a herbicidas (Herbicide Resistance Action Comité – HRAC)

Cuadro 1: Clasificación de herbicidas por Mecanismo de Acción

	<i>Mecanismo de Acción</i>	<i>Grupos</i>	<i>Ejemplos de herbicidas</i>
Grupo A	Inhibidores de Acetil CoA Carboxilase (ACCCase)	Fop's y Prop's	haloxyfop, fluazifop
		Dim's	cletodim
Grupo B	Inhibidores de Acetolactato Sintetasa (ALS)	Imidazolinonas	imazapir
		Sulfonilureas	metsulfuron metil
Grupo C	Inhibidores de Fotosíntesis (Fotosistema II)	Triazinas	atrazina, metribuzin
		Ureas	linurón
		Benzotidiazoles	bentazon
Grupo D	Inhibidores de Fotosíntesis (Fotosistema I)	Bipiridilos	paraquat , diquat
Grupo E	Inhibidores de Protoporfirinogeno Oxidasa (PROTOX o PPO)	Difenileteres	oxifluorfen
		N-Feniltalimidas	flumiclorac
		Oxadiazoles	oxadiazón
		Triazolinonas	sulfentrazone
Grupo G	Inhibidores de Enol Piruvil Shiquimato Fosfato Sintase (EPSPS)		glifosato
Grupo H	inhibidores de glutamina sintetasa (GS)	Acidos Fosfínicos	glufosinato de amonio
Grupo K1	Inhibidores de Formación de Microtúbulos	Dinitroanilinas	trifluralina
		Piridinas	dithiopyr
		Acidos Benzoicos	DCPA
Grupo O	Auxinas Sintéticas		2,4-D, dicamba, picloram, fluroxipyr

Grupo F HPPD	Inhibidores de Biosíntesis de Carotenoides	Piridazinone	norflurazón
		Isoxazole e Triketone	isoxaflutol, mesotrione
		Isoxazolidinone	clomazone
Grupo K3	Inhibidores de División Celular	Acetamidas	acetoclor, alaclor metolaclor

Fuente: elaboración propia en base a datos de WSSA y HRAC

Malezas

Se considera maleza a “una planta que en un área geográfica específica y en ambientes perturbados por la acción antrópica se caracteriza por exhibir poblaciones que se presentan muy frecuentemente y sin haber sido sembradas (Backer, 1965), o bien “maleza es una planta en el lugar y tiempo equivocado”. Las malezas compiten por luz, agua y nutrientes, reduciendo los recursos disponibles para los cultivos de interés.

Los principales atributos de una planta que le confieren característica de malezas (Backer, 1965) son los siguientes:

- Germinación en un amplio rango de condiciones ambientales.
- Semillas muy longevas con mecanismos de dormición sofisticados.
- Paso rápido de la etapa vegetativa a la reproductiva.
- Autocompatible, pero no completamente autógena o apomítica.
- Polinización cruzada, cuando presente, por viento o insectos inespecíficos.
- Producción de semillas durante todo el ciclo de crecimiento y en un amplio rango de condiciones ambientales.
- Alta fecundidad cuando las condiciones son favorables.
- Propágulos adaptados para la dispersión a corta distancia.
- En perennes, alta tasa de reproducción vegetativa o regeneración por fragmentos.
- Fuerte potencial para competencia inter específica (alelopatía, rosetas, etc.).

Estos atributos otorgan a las malezas gran plasticidad fenotípica, amplia tolerancia ambiental y adaptación a las modificaciones del hábitat realizadas por el hombre.

Particularidades de los herbicidas y malezas que favorecen la resistencia

De los herbicidas las características que otorgan una mayor posibilidad de detección de resistencia son su alta eficacia, un único sitio de acción, larga residualidad en el suelo, factores de manejo como la dosis y la necesidad de aplicaciones frecuentes y de las malezas la gran producción de semillas, semillas de corta longevidad en el suelo, altamente susceptibles a herbicidas y alta variabilidad natural (Tassara, 2000).

Resistencia de las malezas a los herbicidas

Como se anticipó en la introducción, “el desarrollo de resistencia a los herbicidas involucra un proceso evolutivo en el cual por efecto de la presión de selección sobreviven los biotipos resistentes”; en respuesta a la repetida aplicación de una clase particular de herbicida, las poblaciones de malezas cambian su composición genética incrementando la frecuencia de alelos de resistencia. No todos los herbicidas generan la misma presión de selección, siendo esta una característica intrínseca del grupo. La resistencia a herbicidas se define como “la habilidad hereditaria, que adquieren algunos biotipos dentro de una población, para sobrevivir y reproducirse después de la aplicación de una dosis de un herbicida a la cual la población original era susceptible” (WSSA, 1998).

En cambio la **tolerancia** es la capacidad natural heredable de una especie para sobrevivir y reproducirse luego de un tratamiento de herbicida. “Las poblaciones tolerantes a un herbicida nunca antes fueron susceptibles” (Papa, 2008). La localización de biotipos resistentes no es inmediata este proceso se hace visible, en general cuando los individuos resistentes alcanzan al menos un 30% de la población de las malezas.

Mecanismos de resistencia

La resistencia y la consecuente anulación de la actividad fitotóxica del herbicida, se desencadena mediante tres tipos de mecanismos que se describen a continuación por orden de importancia:

1- Modificación del sitio de acción

El herbicida pierde afinidad con la molécula del sitio de acción y en consecuencia se inhibe el efecto fitotóxico. Por ejemplo casos de resistencia a los Inhibidores de ALS (imidazolinonas y sulfonilureas), a Inhibidores del Fotosistema II (triazinas) y a Inhibidores de ACCase (fop's y dim's). El mecanismo de resistencia de sitio activo se puede manifestar de dos maneras: resistencia a un modo de acción específico o bien resistencia cruzada que involucra a varios herbicidas con dicho modo de acción.

2- Incremento en la degradación metabólica del herbicida dentro de la planta

El herbicida es degradado por un mecanismo de detoxificación, a metabolitos no fitotóxicos, se observa en algunos casos de resistencia a inhibidores de síntesis de ácidos grasos. Este mecanismo se ha detectado en algunas especies como *Lolium rigidum* resistentes a varios tipos de herbicidas.

3- Resistencia a la absorción y transporte del herbicida

El herbicida es retirado de las zonas metabolitamente activas de la célula vegetal y trasladado a sitios de menor actividad. Lo que implica una reducción de la concentración del herbicida en el sitio de acción, por ejemplo el herbicida paraquat que se encuentra en el grupo de Inhibidores del Fotosistema I. La resistencia ajena al sitio activo puntos 2 y 3, puede involucrar múltiples herbicidas, reduce la concentración de los mismos en el lugar de acción y además causa resistencia a herbicidas con diferente modo de acción, situación que se torna impredecible.

Clasificación de la resistencia

Se relaciona tanto a los sitios de acción como a los mecanismos implicados. En ambos casos se define resistencia cruzada y múltiple

Resistencia cruzada

- **Referida al sitio de acción:** se manifiesta cuando una población es resistente a dos o más herbicidas que actúan en el mismo sitio de acción. Se define como la resistencia a dos o más herbicidas debido a la expresión de un mismo mecanismo fisiológico.

- **Referida al mecanismo de resistencia involucrado:** se refiere a la resistencia de dos o más herbicidas del mismo o de diferentes grupos químicos provocada por un único mecanismo.

Resistencia múltiple

- **De acuerdo al sitio de acción:** cuando una población es resistente a dos o más herbicidas que actúan en distintos sitios de acción.

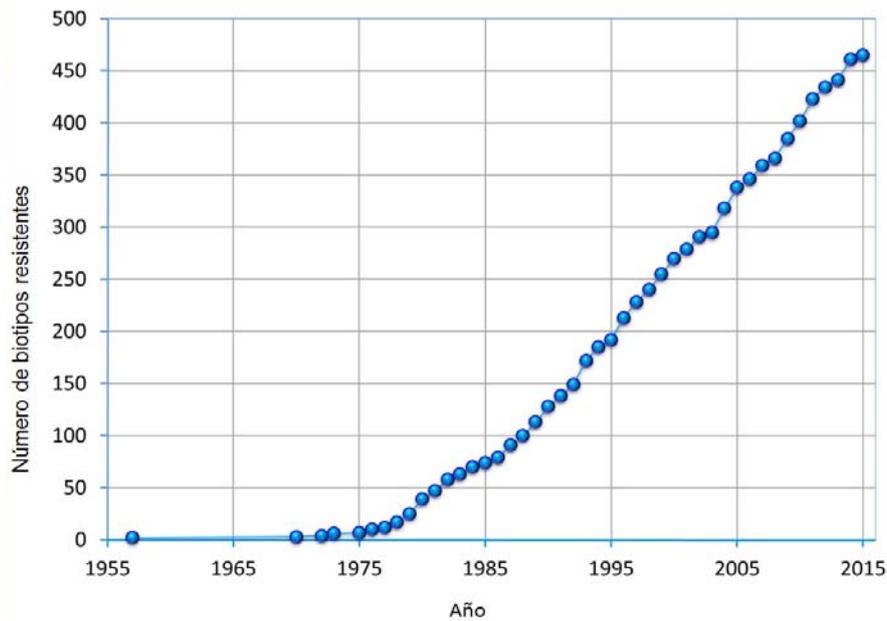
- **De acuerdo al mecanismo de resistencia involucrado:** comprende la resistencia a uno o más herbicidas del mismo o de diferentes grupos químicos debida a dos o más mecanismos

Casos de resistencia a herbicidas

La resistencia a herbicidas es un problema global, el cual evolucionó con distinta intensidad en los principales países productores de granos del mundo como Estados Unidos, Australia, Brasil y Argentina. En relación a la encuesta internacional sobre malezas resistentes a los herbicidas (International Survey of Herbicide - Resistant Weeds), con datos respaldados por

537 científicos especializados en malezas, se registran a nivel mundial 478 casos únicos (especies por sitio de acción) de malezas resistentes (Gráfico 2), con 252 especies de las cuales 147 son dicotiledóneas y 105 monocotiledóneas. Las malezas han desarrollado resistencia a 23 de los 26 sitios de acción de herbicidas (Heap, 2017).

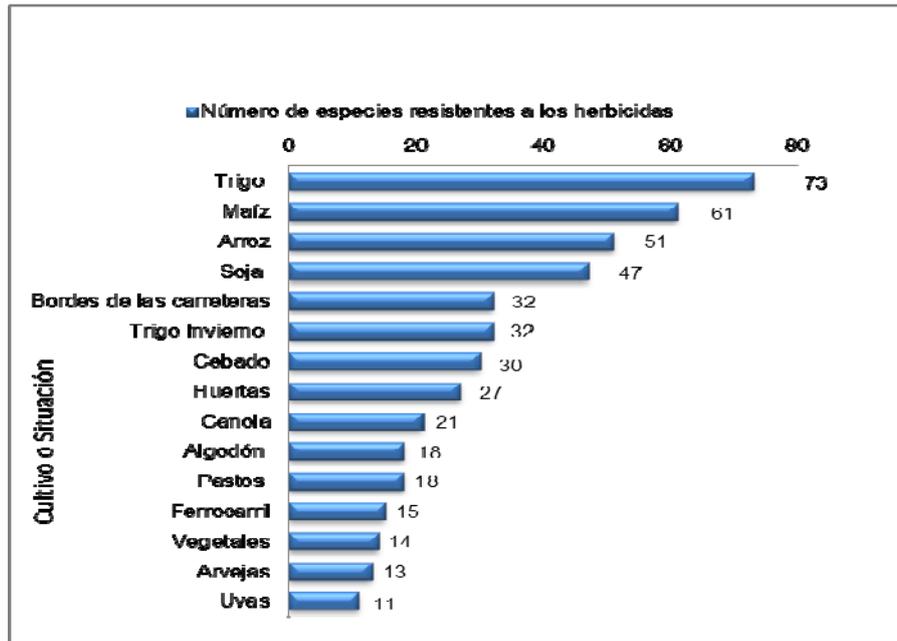
Gráfico 2: Incremento global de casos únicos de resistencia por cada lugar de acción



Elaborado en base a www.weedscience.com Dr. Ian Heap

La gran mayoría de los reportes de malezas resistentes a nivel global, son para el cultivo de trigo en el que se identifican 73 especies con dificultad en su control, seguido por los cultivos de maíz, arroz y soja como se observa en el Gráfico 3:

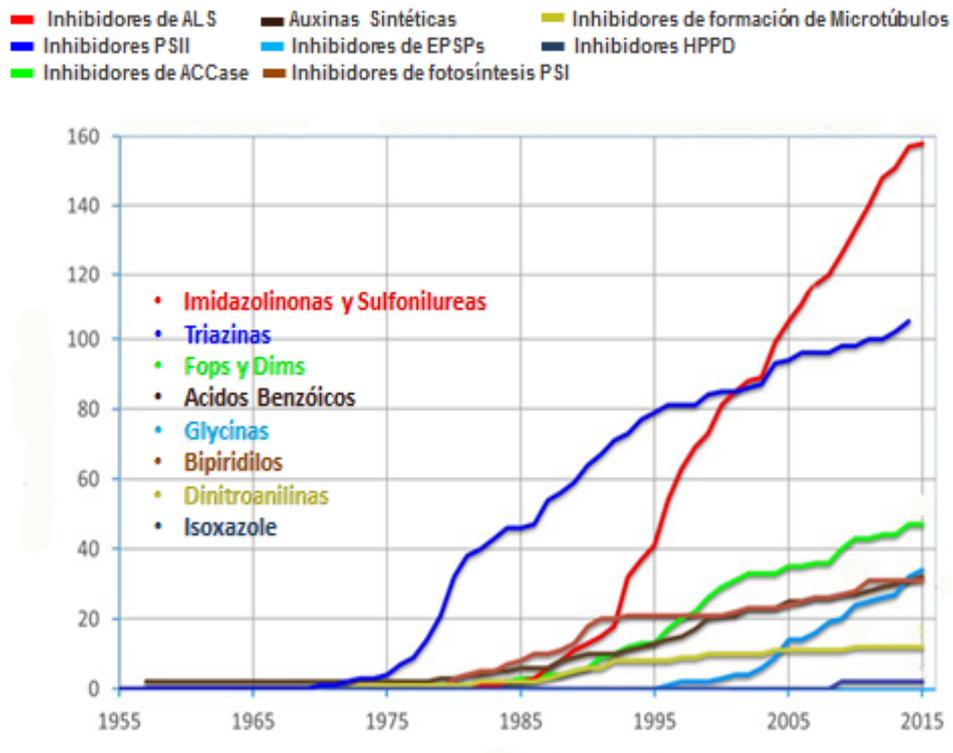
Gráfico 3: número de especies resistentes a herbicidas por cultivo



Fuente: Elaborado en base a www.weedscience.com Dr. Ian Heap

El Gráfico 4 muestra el incremento cronológico de la resistencia a 8 sitios de acción, se observa que distintos sitios de acción tienen distinta propensión a seleccionar resistencia. En los años '70 se reportaron los primeros casos importantes de resistencia que fueron a las triazinas (p.a. atrazina entre otros) y a partir del año 1989 aumentó considerablemente el número de biotipos resistentes al grupo de inhibidores de la enzima ALS (imidazolinonas y sulfonilureas) en cultivos de soja y arroz, además surge una importante resistencia a los inhibidores de la ACCase (graminocidas: haloxyfop), la resistencia a inhibidores de la enzima EPSPs (glifosato), es más reciente, desde 1995 y con menos casos reportados a nivel mundial.

***Gráfico 4: Cantidad de especies resistentes para varios lugares de acción de herbicidas (codificación de la Asociación Americana de Ciencias de Malezas WSSA).**



Fuente: elaborado en base a www.weedscience.com Dr. Ian Heap

Situación en Argentina

El primer caso de resistencia reportado en Argentina fue en 1996 para *Amaranthus quitensis* (yuyo colorado) a los herbicidas del grupo de ALS (sulfonilureas e imidazolinonas) registrados para soja, alfalfa, arveja y maní.

En el año 2005 se confirma la resistencia al herbicida glifosato en *Sorghum halepense* (sorgo de alepo) siendo el primer caso para Argentina y el mundo detectado en cultivo de Soja RR en el Norte del país (Figura 1), a raíz de la presión de selección del herbicida sobre la maleza (tecnología asociada al cultivo), en las localidades de Tartagal provincia de Salta y en Estación Aráoz provincia de Tucumán abarcando una superficie aproximada de 10.000 ha.



Figura 1. Foco de sorgo de alepo resistente a glifosato

En el año 2007, se reportó resistencia a glifosato en plantas de *Lolium multiflorum*, en la provincia de Buenos Aires, partido de Coronel Dorrego, (Vigna *et al.*, 2008; Diez de Ulzurrun & Leaden, 2012) observándose desde 2006 fallas en el control de tales poblaciones.

En función de la evolución de resistencia de las malezas en Argentina, el Cuadro 2 incluye los 18 biotipos reportados hasta la fecha a la WSSA y oficializados por la Dirección de Vigilancia y Monitoreo de plagas del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA).

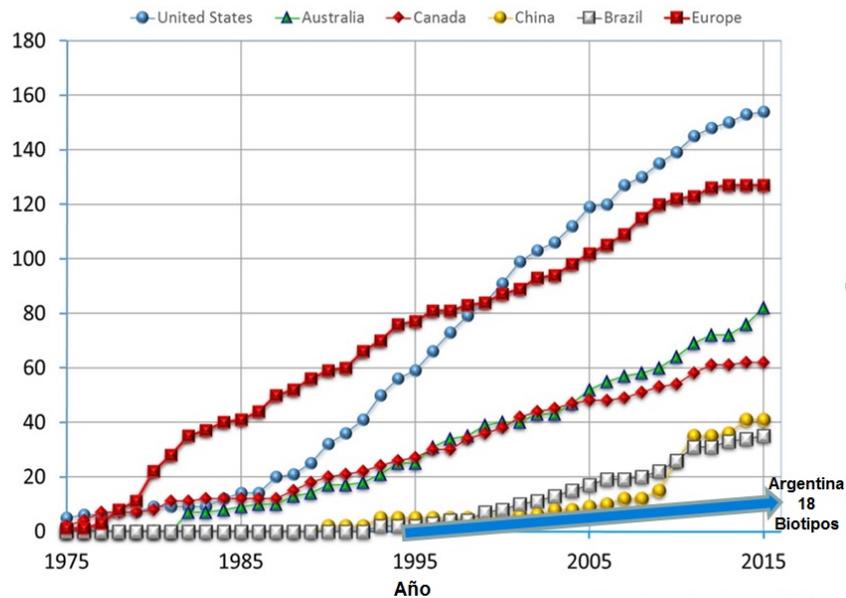
Cuadro 2. Casos confirmados de malezas resistentes en Argentina

	Especie	Año de la primera denuncia	Sitio de Acción
1	<i>Amaranthus hybridus (syn: quitensis)</i>	1996	Inhibidor de ALS
2	<i>Sorghum halepense</i>	2005	Inhibidor de EPSP sintasa
3	<i>Lolium perenne ssp. multiflorum</i>	2007	Inhibidor de EPSP sintasa
4	<i>Lolium perenne</i>	2008	Inhibidor de EPSP sintasa
5	<i>Cynodon hirsutus</i>	2008	Inhibidor de EPSP sintasa
6	<i>Raphanus sativus</i>	2008	Inhibidor de ALS
7	<i>Echinochloa colona</i>	2009	Inhibidor de EPSP sintasa
8	<i>Lolium perenne ssp. multiflorum</i>	2009	Inhibidor de ACCase
9	<i>Avena fatua</i>	2010	Inhibidor de ACCase
10	<i>Lolium perenne ssp. multiflorum</i>	2010	Resistencia múltiple: Inhibidor de ALS – Inhibidor de EPSP sintasa
11	<i>Eleusine indica</i>	2012	Inhibidor de EPSP sintasa
12	<i>Amaranthus hybridus (syn: quitensis)</i>	2013	Inhibidor de EPSP sintasa
13	<i>Hirschfeldia Incana</i>	2013	Inhibidor de ALS
14	<i>Amaranthus hybridus (syn: quitensis)</i>	2014	Resistencia múltiple: Inhibidor de ALS- Inhibidor de EPSP sintasa
15	<i>Digitaria insularis</i>	2014	Inhibidor de EPSP sintasa
16	<i>Sorghum halepense</i>	2015	Inhibidor ACCase
17	<i>Sorghum halepense</i>	2015	Resistencia múltiple: Inhibidor de ACCase - Inhibidor de EPSP sintasa
18	<i>Amaranthus palmeri</i>	2015	Inhibidor de EPSP sintasa

Fuente: elaborado en base a www.weedscience.com Dr. Ian Heap

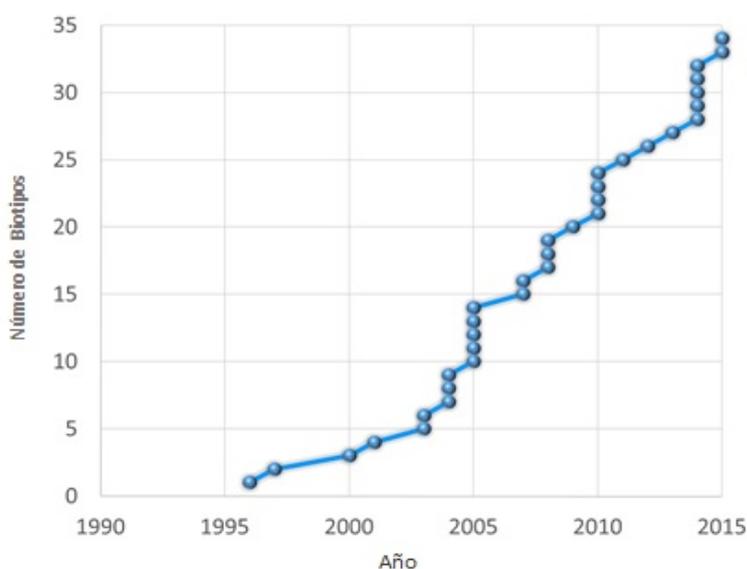
Comparado el total de casos de biotipos resistentes de Argentina, con otros países grandes productores, como Estados Unidos que registra 156 casos (Gráfico 5), si bien en nuestro país se registran tan solo 18 casos, es de hacer notar que la mayoría corresponden a biotipos resistentes al herbicida glifosato del grupo de inhibidores de EPSPs, de un total en el mundo de 34 biotipos para dicho mecanismo (Gráfico 6). Esta situación requiere profundizar en el corto plazo la prevención, el manejo de la resistencia y del sistema productivo en su conjunto.

Gráfico 5: Incremento de casos únicos de resistencia por cada lugar de acción para países elegidos y para Europa.



Fuente: elaborado en base a www.weedscience.com Dr. Ian Heap

Gráfico 6: Incremento Mundial de Malezas Resistentes a Glifosato



Fuente: elaborado en base a www.weedscience.com Dr. Ian Heap

Prevención y manejo de la resistencia

“La resistencia la decide el usuario, y no el herbicida” (Fisher, 2011), expresión que va de la mano del conocimiento de las malezas, los herbicidas, el sistema de cultivo y los métodos de control. La experiencia demuestra que la adopción de medidas de prevención y manejo por parte del productor es un proceso difícil, de allí la importancia de la capacitación continua. Las serias implicancias en la agricultura argentina derivadas del proceso de selección y expansión de biotipos resistentes, motivaron la participación del sector público y privado para profundizar el desarrollo y la difusión de medidas para abordar esta problemática. En tal sentido el SENASA, especialmente a raíz de la detección del sorgo de alepo resistente a glifosato y su proyección a las malezas en general, propició una serie de acciones a través de consultorías nacionales e internacionales (Gressel & Valverde, 2006) talleres regionales, cursos y encuestas, entre otras, con el objetivo de que se comprenda la evolución de resistencia y brindar solución a los productores. Posteriormente creó la Comisión Nacional Asesora sobre Plagas Resistentes – CONAPRE (SENASA, 2007), integrada por instituciones y organismos relacionados con la protección vegetal, la investigación, las organizaciones de productores, los semilleristas, las cámaras de productos fitosanitarios y las cadenas de producción, la cual generó un plan de diagnóstico sobre la resistencia a herbicidas incluyendo acciones de prevención y manejo.

Una importante contribución fue el surgimiento de redes de alerta y detección de biotipos resistentes, en especial la Red de Conocimiento en Malezas Resistentes (REM, 2010) coordinada por la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID), en la cual intervienen instituciones públicas y privadas.

Principales recomendaciones

Como lo hemos expresado en el desarrollo del capítulo para la prevención de la resistencia es necesario conocer los modos de acción de los herbicidas, la biología de las malezas probables a evolucionar resistencia, investigar los mecanismos involucrados, implementar rotaciones de cultivos, de herbicidas y sus combinaciones.

Con el fin de que se pueda identificar de una manera simple a los herbicidas por sitio de acción, el Registro Nacional de Agroquímicos y biológicos del SENASA incorporó a los marbetes (etiquetas) de los productos fitosanitarios, letras que indican la clasificación de herbicidas, insecticidas y fungicidas por su modo de acción, (SENASA, 2014), lo que permite al usuario implementar un programa eficaz que mejore la prevención y reduzca la probabilidad de aparición de resistencia.

La detección temprana de la resistencia hace más eficiente el manejo y a su vez previene su dispersión. La integración de diferentes tácticas de control de las malezas, es la manera efectiva para contribuir a la sustentabilidad del agroecosistema, siendo necesario adoptar las siguientes recomendaciones:

- Sembrar semilla certificada.
- Interrumpir la presión de selección diversificando técnicas de control.
- Monitorear permanente los lotes
- Rotar los cultivos, evitar la producción de semillas de malezas, variar las fechas de siembra.
- Manejar correctamente el periodo de barbecho.
- Adoptar cultivos de cobertura.
- Planificar el control químico conservando a los herbicidas como herramientas útiles. (tener presente que no todos los herbicidas generan la misma presión de selección ya que es una característica intrínseca del grupo).
- Rotar herbicidas de diferente modo de acción, aplicar mezclas sinérgicas no antagónicas, o secuencias de herbicidas, para minimizar la presión de selección ejercida sobre las poblaciones de malezas
- aplicar dosis y condiciones recomendadas (dosis bajas pueden favorecer resistencia fuera del sitio activo).
- Limpiar la maquinaria y equipos antes de salir de los lotes infestados para evitar dispersión de semillas y/o propágulos.
- Incorporar cultivos genéticamente modificados tolerantes a herbicidas de distinto modo de acción.

- En la convivencia con esta problemática, realizar un control anual del banco de semillas resistentes para evitar su incremento.
- Brindar asesoramiento correcto ante la aparición de fallas en el control de malezas.

Referencias

- Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. (2016). Control de malezas en cultivos extensivos, visión prospectiva. Recuperado de [http:// www.anav.org.ar/pdf/malezas.pdf](http://www.anav.org.ar/pdf/malezas.pdf)
- Baker, H. G. (1965). Characteristics and mode of origin of weeds. In H. G. Baker and G. L. Stebbins [eds.], *The genetics of colonizing species*, 147–172. Academic Press, New York, New York, USA.
- Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes Argentina, CASAFE. (2015/2017) *Guía de productos fitosanitarios*. 17º Edición. Buenos Aires.
- Díaz De Ulzurrun, P. & Leaden, M.I. (2012). Sensitivity analysis of *Lolium multiflorum* biotypes to Glyphosate ACCase and ALS-inhibiting herbicides. *Planta Daninha* vol. 30 n°3 July/Sept.2012.
- Faccini, D., Leguizamón, E., Nisenshon, L., Papa, J.C., Puricelli, E. & Tiesca, D. Edit Vitta, J. (2004). *Herbicidas, características y fundamentos de su actividad*. 1ª edición UNRosario. Edit. Vitta, J.
- Fischer, A (2011). La resistencia la decide el usuario y no el herbicida. XIX Congreso de Aapresid. Rosario, Santa Fé. Recuperado de <http://www.aapresid.com.ar>
- Gressel, J. & Valverde, B. (2006). “Diagnostico y Plan de Manejo Resistencia de Malezas a Herbicidas”. Consultoría internacional. Recuperado de [http:// www.senasa.gob.ar](http://www.senasa.gob.ar).
- Heap, I. M. (2017). International survey of herbicide resistant weeds. Recuperado de <http://www.weedscience.com>
- Leguizamón, E. S (2007). El manejo de malezas: Desafíos y oportunidades. *Revista Agro mensajes U.N de Rosario*, n°23.
- Passalacqua, S. (2012). *El impacto de la soja transgénica en el sector agropecuario del MERCOSUR, Estudio de caso: Argentina y Uruguay*. (Tesis de Maestría), Universidad de Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <http://www.argenbio.org>.
- Papa, J. C. (2008). Malezas tolerantes y resistentes a herbicidas. Recuperado de <http://www.agrositio.com>
- Powles, S. B. & Yu, Q.(2010). Evolution in action: plants resistant to herbicides *Annual Rev Plant Biol.* 61: 317- 47.
- Red de Conocimiento de malezas resistente, REM (2010). Recuperado de <http://www.aapresid.org.ar/rem/>
- Satorre, E. (2005). Cambios tecnológicos en la agricultura actual. *Ciencia Hoy*, 15:24-31.
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, SENASA (2007). Resolución 470. Recuperado de <http://www.infoleg.gob.ar>

- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, SENASA (2014). Resolución 367.
Recuperado de <http://www.infoleg.gob.ar>
- Tassara, H. (2000). Información básica para manejar/prevenir la resistencia de las malezas a los herbicidas. En: Seminario Actualizando la tecnología en control de malezas. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) La Estanzuela. Uruguay, Serie Actividades de Difusión N° 234.
- Vigna, M., López, R., Gigón, R., & Mendoza, J. (2008). Estudios de curvas de dosis – respuesta de poblaciones de *Lolium multiflorum* a glifosato en el SO de Buenos aires, Argentina. En: XXVI Congresso Brasileiro da Ciencia das plantas daninhas, 26, Anales Ouro Preto.
- Weed Science Society of America WSSA (1998). Herbicide resistance and herbicide tolerance
Recuperado de [http://wssa.net/wssa/weed/resistance/herbicide-resistance-and herbicide-tolerance-definitions/](http://wssa.net/wssa/weed/resistance/herbicide-resistance-and-herbicide-tolerance-definitions/)

CAPÍTULO 5

Biotecnología moderna, su aporte a la protección vegetal

Silvia Alicia Passalacqua

Introducción

El potencial de producción que tienen los cultivos no siempre se alcanza debido a diversas causas, especialmente a raíz de la incidencia de las plagas que en su conjunto disminuyen el rendimiento y la calidad de la producción, otros factores limitantes son la escasez de humedad en el suelo en los momentos críticos del ciclo del cultivo, la baja fertilidad o su salinidad y las heladas. Si bien el uso racional de productos fitosanitarios, los fertilizantes, el mejoramiento vegetal, la maquinaria especializada, la capacitación y la extensión rural, han permitido manejar las adversidades de los cultivos resulta preocupante la estimación de la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), acerca de que la población mundial alcanzará 9.100 millones de personas en el año 2050 (FAO, 2009), demandando el doble de alimentos y de energía, con la desventaja de que solo se cuenta con un muy bajo porcentaje de tierra cultivable adicional y a su vez el cambio climático agravará su impacto sobre el rendimiento de los cultivos; a la limitación de alimentos se suma el incremento en el uso de biocombustibles, principalmente a partir de caña azúcar, maíz y oleaginosas; en consecuencia para lograr los niveles de producción requeridos será necesario aumentar la productividad por hectárea cultivada (Passalacqua & Mentruyt, 2015).

En tal sentido en los últimos años se sumó una herramienta importante producto de la biotecnología moderna, por medio de la transformación de plantas para el control de plagas agrícolas, como así también la mejora de la calidad nutritiva de los alimentos producidos y los sucesivos avances incorporando resistencia a factores abióticas como estrés hídrico, salinidad entre otros. Tecnología que acoplada a sistemas de producción conservacionista contribuye a una mayor eficiencia en la protección vegetal impactando positivamente en los rendimientos, en la adaptación a suelos de menor aptitud agrícola y a su vez permite afrontar los efectos del cambio climático en la producción primaria.

Biotecnología moderna

La biotecnología moderna, utiliza técnicas de ingeniería genética para producir medicamentos como la insulina, enzimas que se usan en la industria alimenticia, textil y del papel, y para mejorar cultivos y animales. Se pueden transferir genes de un organismo a otro, por ejemplo, de una bacteria a una planta, cuando se habla de genes se trata de fragmentos de ácido desoxirribonucleico (ADN) que contienen información para determinar una cierta característica o rasgo (Levitus, 2012). Los casos más difundidos públicamente corresponden a la agricultura.

El término transgénico describe un organismo al que se le han incorporado uno o más genes provenientes de una especie distinta, introducidos en su genoma por ingeniería genética. El gen insertado permite la producción de una nueva proteína, en consecuencia el organismo receptor manifiesta una característica que originalmente esa especie no tenía y que se trasmite a las generaciones siguientes.

Cultivos transgénicos

Se refiere a organismos vegetales genéticamente modificados (OVGMs), también llamados como cultivos GM (genéticamente modificados), en los cuales la introducción de genes foráneos en el genoma vegetal permite un perfeccionamiento con respecto a los cruzamientos tradicionales. Los nuevos caracteres son incorporados en forma específica, conservando esencialmente intacto todo el resto del fondo genético, admitiendo introducir rasgos que no podrían haberse adquirido por mejoramiento clásico. Se denomina “evento de transformación individual” también referido como “evento”, a la inserción en el genoma vegetal en forma estable y conjunta de uno o más genes que forman parte de una construcción definida (SAGPyA, 2013).

Métodos utilizados en la transformación de plantas

Los métodos de transformación genética de las plantas están orientados a superar el obstáculo que interpone la pared celular, al impedir la entrada de ADN a la célula. Los podemos agrupar en métodos biológicos y físicos (Etchenique *et al.*, 2004):

1- transformación mediada por la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*, vector biológico que participa en el proceso de transferencia.

2- métodos de transformación genética directa, también llamados “físicos” mediante los cuales por distintos mecanismos se introduce el ADN en la célula (bombardeo de micropartículas).

Características incorporadas

Los cultivos GM más difundidos actualmente en el mundo son la soja, el maíz y el algodón, aprobados con las siguientes características: tolerantes a herbicidas (TH), se les ha introducido un gen que permite controlar las malezas sin afectar al cultivo GM que lo tolera y resistentes a insectos RI, en este caso tienen incorporada una proteína que proviene de la bacteria *Bacillus thuringiensis* que permite el control de insectos lepidópteros (orugas) o bien coleópteros (escarabajos), conocidos como maíz, algodón y soja "Bt", que evitan la necesidad de aplicar insecticidas de manera convencional.

Otras características están en proceso de aprobación en el mundo son por ejemplo alfalfa con menor contenido de lignina (para una mayor digestibilidad), maíz con alto contenido del aminoácido lisina, papa con menor nivel de acrilamida (componente natural que se produce cuando se la calienta a altas temperaturas, y es potencialmente carcinogénico para las personas).

Beneficios de las características introducidas

La adopción de los cultivos GM, aporta a la producción de alimentos a través de beneficios agronómicos tales como: mayor rendimiento por unidad de superficie, mayor calidad del grano, menor contaminación de hongos que infectan el grano en las partes dañadas por insectos.

El control de malezas con herbicidas totales y la sinergia con el sistema de siembra directa (sin roturar) permite proteger el suelo evitando erosión, favoreciendo su conservación al aumentar la materia orgánica, a su vez al disminuir el uso de implementos agrícolas se reduce la demanda de energía (combustible) durante el ciclo productivo y disminuye la huella de carbono de la actividad agrícola. La resistencia a insectos permite reducir la aplicación insecticidas en los cultivos, aminorando el riesgo de exposición para los operarios y el ambiente.

La mejora en la aptitud alimenticia o calidad nutricional se orienta a un mayor contenido de proteínas o de aminoácidos esenciales, de gran importancia ante la creciente demanda de proteína vegetal para la alimentación, humana y animal, y a la modificación del tipo de aceite que producen los cultivos oleaginosos, por ejemplo mayor contenido de ácido oleico que es más saludable.

Por otra parte las creaciones biotecnológicas que están en desarrollo actualmente y que se hallarán disponibles en los próximos años, generarán grandes beneficios con la adaptación de los cultivos a factores abióticos, que debido a la tolerancia a sequía requerirán menor cantidad de agua lo que permitirá producir en zonas con escasas lluvias, o mantener el rendimiento en años secos, sumado a la adaptación a suelos poco fértiles o salinos y a la tolerancia a heladas para la implantación de cultivos en zonas más frías.

En promedio los cultivos GM han reducido el uso de plaguicidas químicos en un 37%, el rendimiento de los cultivos ha aumentado un 22%, y las ganancias de los agricultores han crecido en un 68% (ISAAA, 2014).

Marco regulatorio de la biotecnología moderna

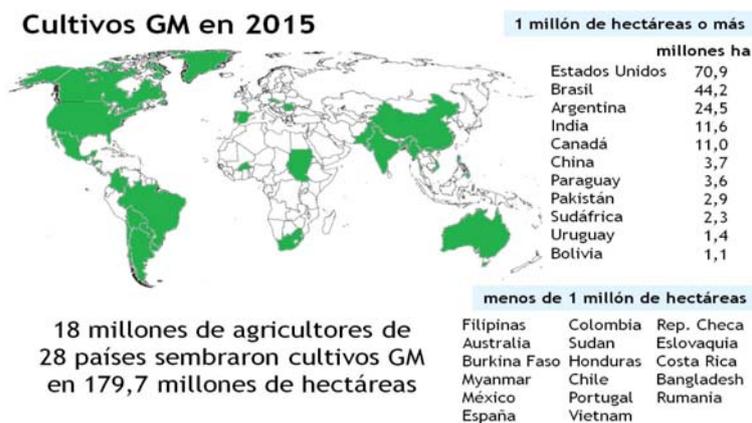
Las nuevas tecnologías requieren de un análisis para evaluar los posibles efectos o riesgos, en particular la biotecnología moderna originó múltiples debates a nivel global, en el que se mezclaron criterios técnicos, cambios regulatorios, fuertes intereses comerciales, y distintas percepciones de los consumidores, motivo por el cual surgió la necesidad de establecer sistemas legales, con alto fundamento científico, dirigidos a normalizar todo lo relativo a la bioseguridad.

En el caso de los cultivos GM, el marco regulatorio para su autorización debe garantizar: la seguridad para el agroecosistema, y la inocuidad para el consumo humano y animal. Los sistemas de evaluación se fundamentan en la aplicación de principios y métodos científicos; a través del análisis de riesgo, que se aplica caso por caso focalizando en la información genética introducida, se concluye si el uso es seguro en el ámbito agropecuario. La calidad de la información presentada, la evaluación y la gestión de riesgos, la comunicación y el monitoreo de las liberaciones al medio son etapas importantes del proceso regulatorio, y la rigurosidad con que se implementan son la base de la calidad y credibilidad del sistema.

Difusión en el mundo

Los cultivos GM están ampliamente difundidos: más de 179,7 millones de hectáreas se cultivaron con un crecimiento sostenido, en 2015. 18 millones de agricultores de 28 países los han utilizado (ISAAA, 2015).

Cuadro 1: Adopción a nivel mundial de los Cultivos Genéticamente Modificados



Fuente: ISAAA, 2015

EE.UU. – Maíz, Soja, Algodón, Canola, Remolacha azucarera, Alfalfa, Papaya, Calabaza, Papa **Brasil** – Soja, Maíz, Algodón, **Argentina** – Soja, Maíz, Algodón, **India** – Algodón, **Canadá** – Canola, Maíz, Soja, Remolacha azucarera, **China** – Algodón, Papaya, Álamo, **Paraguay** – Soja, Maíz, Algodón, **Pakistán** – Algodón, **Sudáfrica** – Maíz, Soja, Algodón, **Uruguay** – Soja, Maíz, **Bolivia** – Soja, **Filipinas** – Maíz, **Australia** – Algodón, Canola, **Burkina Faso** – Algodón, **Myanmar** – Algodón, **México** – Algodón, Soja, **España** – Maíz, **Colombia** – Algodón, Maíz, **Sudan** – Algodón, **Honduras** – Maíz, **Chile** – Maíz, Soja, Canola, **Portugal**, **Cuba**, **República Checa**, **Rumania**, **Eslovaquia**–Maíz, **Costa Rica** – Algodón, Soja, **Bangladesh** – berenjena.

Los miles de millones de toneladas producidas, son consumidas por personas y animales, no solo donde se siembran si no también donde se importan (como por ejemplo Japón, UE y China), reflejando una historia de uso seguro. Los países que adoptaron esta tecnología

lograron posicionarse ante la demanda internacional de alimentos a través de sistemas de producción y productos de calidad para satisfacer las necesidades y requisitos de los mercados más exigentes de insumos agroindustriales, como así también del consumo interno.

Cultivos GM situación en Argentina

En el año 1991 surgió la necesidad de contar con un marco legal para biotecnología moderna, ante el interés del sector privado en efectuar ensayos con materiales genéticamente modificados, principalmente de soja, algodón y maíz, al mismo tiempo el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) manifestó su intención de profundizar las investigaciones en este tema; hasta entonces no había en la Argentina regulación que permitiera la siembra de cultivos GM, pero tampoco que los prohibiera o restringiera.

El primer antecedente jurídico surgió con la creación de la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA), mediante la Resolución Ex SAGYP N° 124/91 y sus modificatorias, con el objetivo de garantizar la bioseguridad del agroecosistema, asesorando al Secretario de Agricultura con la emisión de dictámenes no vinculantes. La CONABIA está integrada por representantes del sector público y privado involucrados en la biotecnología agropecuaria, es un grupo interdisciplinario e interinstitucional que establece las exigencias para las liberaciones al medio de los cultivos GM en etapa de evaluación (Passalacqua, 2012) y el régimen de solicitud de permisos de experimentación de los mismos.

El principal objetivo de la regulación, es mitigar los riesgos potenciales previniendo la diseminación de los transgenes, la persistencia del OVGM en el ambiente y su introducción en la cadena alimentaria. En este proceso, todo cultivo liberado al medio en etapa regulada es monitoreado por el Instituto Nacional de Semillas (INASE) y por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), observando el cumplimiento de las siguientes etapas:

- Ubicación de los lotes experimentales: estado de alambrados (Foto 1), ausencia de pendientes, distancia a caminos transitados entre otros.
- Aislamiento, al mismo cultivo y a especies sexualmente compatibles, dependiendo de las características biológicas de los cultivos (ej. soja de 3 a 30 m, maíz 250 m, algodón de 500 a 800 m) (Foto 2).
- En la cosecha y disposición final de productos y restos de la misma.
- En el período postcosecha: relacionado a la persistencia de las semillas en el suelo (soja y maíz 1 año, algodón 3 años). Durante este período se controlan las plantas voluntarias y no se puede rotar con el mismo cultivo (Foto 3).

De manera de integrar al sistema productivo, los lotes libres del cultivo GM regulado, con el concepto de riesgo mínimo.

Foto 1: Ensayo GM, alambrado perimetral electro con panel solar



Foto: Silvia Passalacqua

Foto 2: Aislamiento de Maíz GM con soja convencional



Foto: Silvia Passalacqua

Foto 3: 1° año poscosecha Algodón GM rotación con soja

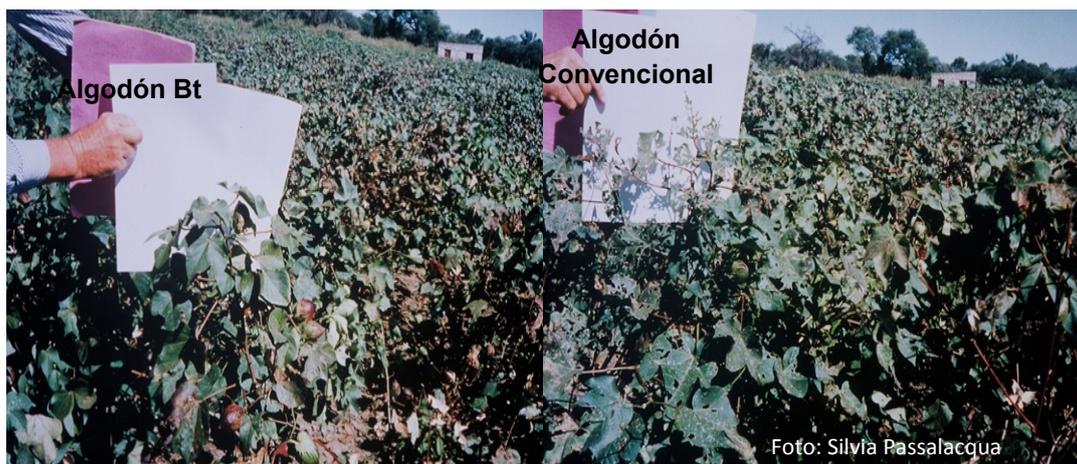


En los ensayos regulados con los cultivos “Bt” (Fotos 4 y 5), se observa el efecto de la toxina insecticida sobre la plaga *Spodoptera frugiperda* en maíz y algodón “Bt”, comparativamente con las contrapartes convencionales sin tratamiento:

Foto 4: Ensayo maíz Bt y testigo convencional



Foto 5: Ensayo algodón Bt y testigo convencional



Las aprobaciones para la comercialización de cultivos GM, (Ex MAGyP, 2014) se otorgan luego de la evaluación favorable de las siguientes etapas:

1-Aptitud ambiental: otorgada por el Secretario de Agricultura, previo dictamen de la CONABIA, que analiza que no haya características que se transmitan a las malezas o especies relacionadas, que no se afecten los organismos “no objetivo” y benéficos, los microorganismos del suelo, entre otras.

2-Inocuidad alimentaria: el SENASA evalúa la aptitud alimentaria humana y animal de los alimentos derivados de cultivos GM. Se analizan aspectos de toxicidad, alergenicidad y calidad alimentaria.

3-Impacto en los mercados: otorgado por la Dirección Nacional de Mercados Agroalimentarios (DNMA), que analiza que no haya impacto sobre el comercio y las exportaciones.

El Secretario de Agricultura concede el permiso de producción y comercialización del cultivo GM, y de los productos y subproductos derivados del mismo.

El INASE autoriza el registro de las variedades e híbridos que se sembrarán en el campo.

El SENASA, a través del área de registro de agroquímicos y biológicos, otorga la ampliación de uso de los herbicidas a cultivos que los toleran (por ejemplo, ampliación de uso del glifosato a la soja TH)

Con este marco, a partir de 1991 se autorizaron los primeros ensayos de cultivos transgénicos experimentales regulados. La primera aprobación comercial de Argentina de soja TH (tolerante al herbicida glifosato) se otorgó en 1996, casi simultáneamente con Estados Unidos (1994). Argentina ha sido un país pionero en el desarrollo y adopción de cultivos GM, con 25 eventos de maíz aprobados, 10 de soja y 4 de algodón, (Cuadro 2) y actualmente ocupa a nivel global el 3° lugar en superficie sembrada.

Cuadro 2: Cultivos Genéticamente Modificados Autorizados al comercio en Argentina

Especie	Característica introducida	Evento de Transformación	Año Aprobación
Soja	Tolerancia a Glifosato	40-3-2	1996
Maíz	Resistencia a Lepidópteros	176	1998
Maíz	Tolerancia a Glufosinato de Amonio	T25	1998
Algodón	Resistencia a Lepidópteros	MON531	1998
Maíz	Resistencia a Lepidópteros	MON810	1998
Algodón	Tolerancia a Glifosato	MON1445	2001
Maíz	Resistencia a Lepidópteros	Bt11	2001
Maíz	Tolerancia a Glifosato	NK603	2004
Maíz	Resistencia a Lepidópteros y tolerancia a Glufosinato de Amonio	TC1507	2005
Maíz	Tolerancia a Glifosato	GA21	2005
Maíz	Tolerancia a Glifosato y resistencia a Lepidópteros	NK603xMON810	2007
Maíz	Resistencia a Lepidópteros y tolerancia a Glufosinato de Amonio y Glifosato	1507xNK603	2008
Algodón	Resistencia a Lepidópteros y Tolerancia a Glifosato	MON531xMON1445	2009
Maíz	Tolerancia a Glifosato y Resistencia a Lepidópteros	Bt11xGA21	2009
Maíz	Tolerancia a Glifosato y Resistencia a Coleópteros	MON88017	2010
Maíz	Resistencia a Lepidópteros	MON89034	2010
Maíz	Tolerancia a Glifosato y resistencia a Lepidópteros y Coleópteros	MON89034 x MON88017	2010
Maíz	Resistencia a Lepidópteros	MIR162	2011
Soja	Tolerancia a Glufosinato de amonio	A2704-12	2011
Soja	Tolerancia a Glufosinato de amonio	A5547-127	2011
Maíz	Resistencia a Lepidópteros y tolerancia a Glifosato y a Glufosinato de amonio	Bt11xGA21xMIR162	2011
Maíz	Tolerancia a Glifosato y a herbicidas que inhiben la enzima acetolactato sintasa	DP-098140-6	2011
Maíz	Resistencia a Lepidópteros y a Coleópteros y tolerancia a Glifosato y a Glufosinato de amonio	Bt11xMIR162xMIR604xGA21 y combinaciones intermedias	2012
Maíz	Resistencia a Coleópteros	MIR604	2012
Maíz	Resistencia a Lepidópteros y tolerancia a Glufosinato de Amonio y Glifosato	MON89034xTC1507xNK603	2012
Maíz	Resistencia a Lepidópteros y tolerancia a Glifosato	MON89034xNK603	2012
Soja	Resistencia a Lepidópteros y Tolerancia a Glifosato	MON87701xMON89788	2012

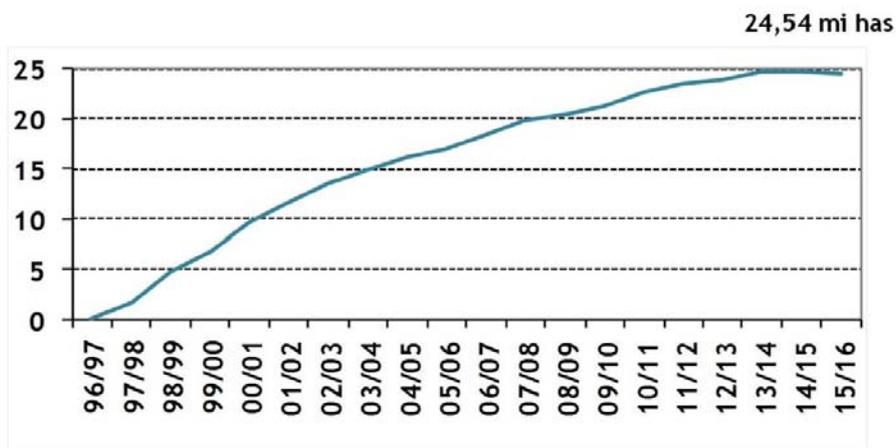
Soja	Tolerancia a herbicidas del grupo de las Imidazolinonas	CV127	2013
Maíz	Resistencia a Lepidópteros y tolerancia a Glufosinato de amonio y Glifosato	TC1507xMON810xNK603 y TC1507xMON810	2013
Maíz	Resistencia a Lepidópteros y tolerancia a Glufosinato de amonio y Glifosato	Bt11xMIR162xTC1507xGA21 y combinaciones intermedias	2014
Papa	Resistencia a Virus	SY233	2015
Soja	Alto contenido de ácido oleico y tolerancia a los herbicidas inhibidores de la enzima acetolactato sintasa (ALS) y Glifosato	DP-305423 x MON-04032-6	2015
Algodón	Tolerancia a Glifosato y Glufosinato de amonio	BCS-GH002-5 x ACS-GH001-3 GHB614xLLCotton25	2015
Maíz	Resistencia a Lepidópteros y tolerancia a Glifosato y a Glufosinato de amonio.	TC1507xMON810xMIR162xNK603	2016
Soja	Resistencia a Lepidópteros y Tolerancia a Glifosato	MON87701xMON89788 y los eventos individuales: MON-87701-2 (MON87701) y MON-89788-1 (MON89788)	2016
Maíz	Resistencia a los insectos Lepidópteros y tolerancia a los herbicidas a base de Glifosato y a Glufosinato de amonio.	MON-89Ø34-3xDAS- Ø15Ø7-1xMON- ØØ6Ø3-3xSYN-IR162-4 (MON89034xTC1507xNK603xMIR162) y combinaciones intermedias	2016
Maíz	Resistencia a Lepidópteros y tolerancia a Glufosinato de amonio y a Glifosato	SYN-BT011-1xSYN-IR162-4xMON-89Ø34-3x MON-00021-9 y combinaciones intermedias	2016

*Soja	Tolerancia a Glifosato, Glufosinato de amonio y 2,4D	DAS-44406-6	2015
*Soja	Resistencia a sequía	IND410 (Hb4)	2015
*Soja	Resistencia a los insectos Lepidópteros y tolerancia a los herbicidas Glifosato, Glufosinato de amonio, y 2,4D y Resistencia a los insectos Lepidópteros	DAS-81419-2xDAS-444Ø6-6 y DAS-81419-2	2016

Los últimos 3 eventos de *Soja, si bien están aprobados al comercio en Argentina, aún no se cultivan, hasta que se obtenga la certificación de Bioseguridad de China (importante mercado para granos y piensos de soja) para poder exportar a dicho país.

Desde el año 1996 se registra en Argentina, fuerte incremento en la adopción de cultivos GM alcanzando 24,54 millones de has para la campaña 2015/2016 (Gráfico 1).

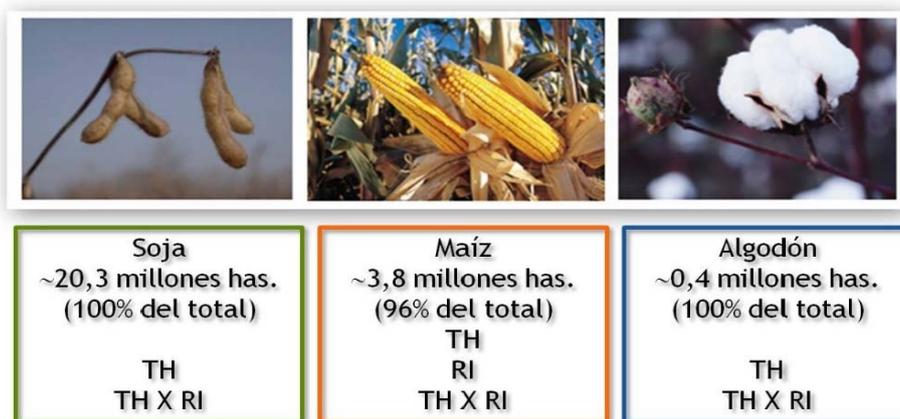
Gráfico 1: Argentina, evolución de superficie de cultivos GM (en millones de hectáreas)



Fuente: ArgenBio

Predominando la superficie Soja GM, seguido de maíz GM y algodón GM, en los tres casos con tolerancia a herbicidas, tolerancia insectos, y ambos eventos acumulados (Cuadro 3).

Cuadro 3: Argentina, Cultivos GM campaña 2015/2016

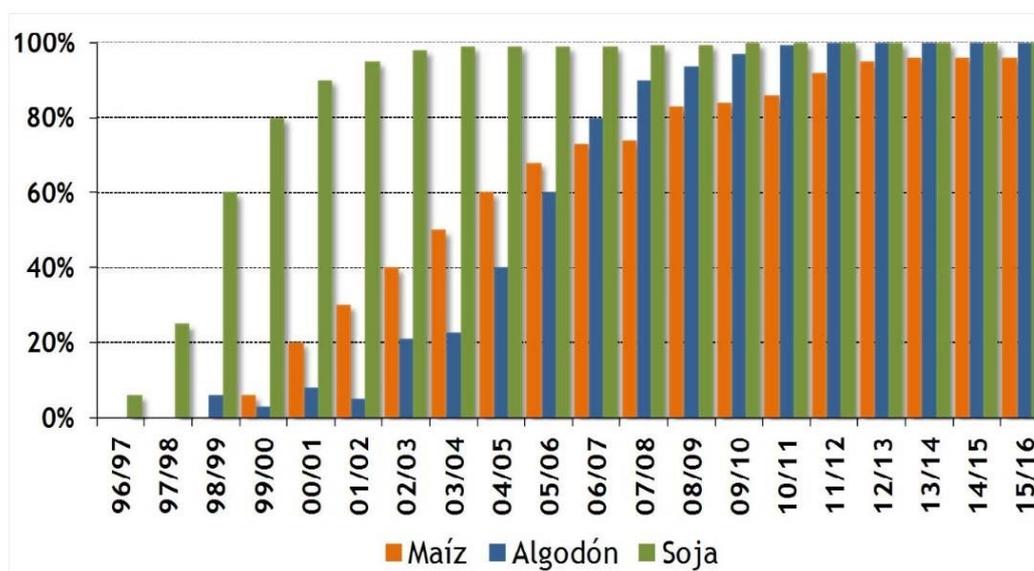


TH: tolerancia a herbicida, RI: resistencia a insectos

Fuente: ArgenBio

Comparando con el porcentaje total de cada cultivo (GM vs. convencional), la soja GM y el algodón GM representan el 100%, en tanto que el maíz GM 96% (Gráfico 2).

Gráfico 2: Argentina, evaluación de la adopción de los cultivos GM (como % del total de cada cultivo).



Fuente: ArgenBio

Desde su introducción en 1996, la biotecnología agrícola le reportó al país beneficios por 126.969,27 millones de dólares. Por sector, los beneficios económicos generados por la adopción de los cultivos genéticamente modificados fueron en un 66% al sector productivo, un 26 % al Estado Nacional y un 8 % a proveedores de tecnologías (semillas y herbicidas) (Trigo, 2016).

Hay otros cultivos GM con otras características que se están evaluando actualmente en el país:

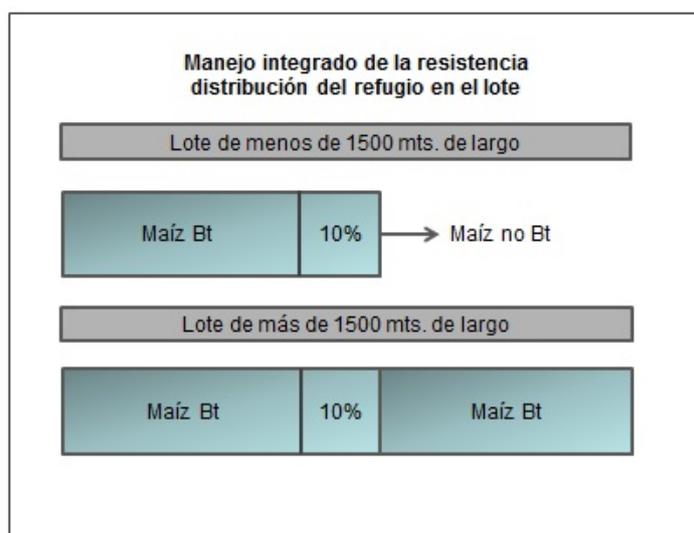
- **Maíz:** tolerancia a otros herbicidas, alto contenido de la enzima amilasa para facilitar la producción de etanol, resistencia al virus del Mal de Río IV, tolerancia a sequía.
- **Soja:** tolerancia a otros herbicidas, tolerancia a sequía, mejora en la composición de aceites (omega 3), aumento de rendimiento, uso eficiente de nitrógeno y de agua, mayor contenido de aceite y de ácido oleico.
- **Caña de Azúcar:** tolerancia a herbicidas.
- **Cártamo:** producción de quimosina, utilizada en la producción de queso.
- **Trigo:** uso eficiente de agua, retraso en la senescencia de las hojas, tolerancia a sequía.
- **Alfalfa:** disminución del contenido de lignina de las hojas para favorecer la digestibilidad.
- **Sorgo:** resistencia a sequía.

La adopción de los cultivos GM debe realizarse siguiendo las buenas prácticas agrícolas para evitar situaciones como la generación de resistencia de malezas o insectos, procesos naturales en los ecosistemas y que también se producen con otros métodos de control de las plagas.

Siendo especialmente relevantes las medidas de prevención, en el caso de los cultivos “Bt” se recomienda la implementación de refugios sembrados con variedades convencionales de similar ciclo (Cuadro 2, orientativo), como así también la rotación de eventos con toxinas Bt de distinto modo de acción .

Para el caso de cultivos GM, tolerantes a herbicidas las medidas de prevención y manejo están desarrolladas en el Capítulo 4 correspondiente a Plagas Resistentes, enfatizando la importancia de contar con eventos que confieran tolerancia a herbicidas de distinto modo de acción, como en el caso de la soja: a los herbicidas glifosato, glufosinato de amonio, 2,4-D, isoxaflutol, dicamba, imidazolinonas, entre otros.

Cuadro 2: Refugio manejo integrado de la resistencia distribución del refugio en el lote



Elaboración propia

La labor y los criterios utilizados en Argentina para el desarrollo de la biotecnología moderna fueron considerados por FAO en octubre de 2014 al reconocer a la CONABIA como “Centro de Referencia” para la Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados, a través de un acuerdo firmado entre su Director General y el Ministro de Agricultura Ganadería y Pesca de Argentina. El acuerdo busca unir esfuerzos para reforzar la bioseguridad en el ámbito de la biotecnología y aprovechar sus avances para incrementar la productividad agrícola de los agricultores familiares, mejorar la seguridad alimentaria y aliviar la pobreza.

Referencias

- Echenique, V., Rubinstein, C., & Mroginski, L. (2004). *Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II*. Ediciones INTA.
- Ex Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca, SAGYP (1991). Resolución N° 124 y sus modificatorias. Recuperado de <http://www.infoleg.gob.ar/>
- Ex Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, SAGPyA (2013). Resolución N° 39. Recuperado de <http://www.infoleg.gob.ar/>
- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). (2014). Brief 49. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops 2014. Recuperado de <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/49/executivesummary/>
- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). (2015). Brief 51. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops 2015-Recuperado de <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/51/executivesummary/>
- Levitus G. (2012). *Argenbio* (Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología). Recuperado de <http://www.argenbio.org>
- Ex Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, MAGyP, (2014). *Nuevo Marco Regulatorio para la Biotecnología Agropecuaria en la Argentina*. Segunda Edición.
- Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO (2009). *La Agricultura mundial en la perspectiva del año 2050*. Recuperado de <http://www.fao.org>
- Passalacqua, S. & Mentruyt (2015). *Aporte de la Biotecnología Moderna a la Producción de Alimentos*. Recuperado de <http://www.uca.edu.ar/enduc8/204pdf>
- Passalacqua, S. (2012). *El impacto de la soja transgénica en el sector agropecuario del MERCOSUR, Estudio de caso: Argentina y Uruguay*. (Tesis de Maestría), Universidad de Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <http://www.argenbio.org>
- Trigo, E. J. (2016). *20 años de Cultivos Genéticamente Modificados en la Agricultura Argentina*. Recuperado de <http://www.argenbio.org>

Las autoras

Padín, Susana Beatríz

Ingeniera Agrónoma. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF, UNLP, 1975). Profesora Adjunta Ordinaria, Curso Terapéutica Vegetal, carrera Ingeniería Agronómica. Docente Universitaria Autorizada, UNLP. Directora y Codirectora de proyectos de Extensión, UNLP. Directora de Proyecto de la Secretaría de Políticas Universitarias, Ministerio de Educación de la Nación. Directora y Codirectora de tesis Doctorales, Maestrías y de Especialización. Codirectora de proyecto investigación de UNLP. Investigadora evaluadora de becas posdoctorales de UNLP. Integrante del Banco de Evaluadores de proyectos de Extensión, UNLP. Coordinadora del Módulo Manejo Integrado de Plagas, Maestría en Protección Vegetal, FCAyF, UNLP. Docente de cursos de posgrado. Docente - investigador, Depto. Ambiente y Recursos Naturales. Miembro del Consejo Directivo del Centro de Investigaciones en Sanidad Vegetal (CISaV - FCAyF, UNLP).

Passalacqua, Silvia Alicia

Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata (FCAyF, UNLP, 1973), Magister de la Universidad de Buenos Aires en Procesos de Integración Regional – Mercosur (FCE, UBA, 2012). Profesora Adjunta Ordinaria Dedicación Simple del Curso Terapéutica Vegetal de la carrera de Ingeniería Agronómica, UNLP. Coordinadora de Bioseguridad Agroambiental, Dirección Nacional de Protección Vegetal, Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Miembro titular en la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria CONABIA, Coordinadora General de la Comisión Nacional Asesora de Plagas Resistentes CONAPRE y a nivel regional de los grupos de Control Biológico y de Organismos Vivos Modificados del Comité de Sanidad Vegetal del Cono Sur (COSAVE) y de la Comisión Argentino-China en Biotecnología.

Abramoff, Cecilia

Ingeniera Agrónoma. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (FCAyF, UNLP, 1981). Especialista en Docencia Universitaria (UNLP, 2012). Jefa de trabajos Prácticos Ordinaria del Curso de Terapéutica Vegetal de la carrera de Ingeniería Agronómica, UNLP. Docente Investigadora del Departamento de Ambiente y Recursos Naturales en el Área de Sanidad Vegetal. Integrante de la Comisión Directiva del Centro de Investigaciones en Sanidad Vegetal (CISaV - FCAyF, UNLP).

Lampugnani, Gladys Adelma

Ingeniera Agrónoma (FCAyF, UNLP, 1988). Especialista en Docencia Universitaria (UNLP, 2012). Jefe de Trabajos Prácticos Ordinario del Curso Terapéutica Vegetal de la carrera de Ingeniería Agronómica, UNLP. Docente investigadora del Departamento de Ambiente y Recursos Naturales en el área de Fitopatología y Terapéutica Vegetal. Integrante del Centro de Investigaciones en Sanidad Vegetal (CISaV- FCAyF. UNLP).

Laporte, Gladys

Ingeniera Agrónoma, (FCAyF, UNLP, 2000). Especialista en Docencia Universitaria (UNLP, 2015). Auxiliar Diplomada Ordinaria del Curso Terapéutica Vegetal de la carrera de Ingeniería Agronómica, UNLP. Docente investigadora del Departamento de Ciencias Básicas de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de La Plata.

Protección vegetal: una mirada hacia el cuidado del ambiente y la salud humana / Susana Beatríz Padín ... [et al.]; coordinación general de Susana Beatríz Padín; Silvia Alicia Passalacqua. - 1a ed. - La Plata: Universidad Nacional de La Plata; La Plata: EDULP, 2018.
Libro digital, PDF - (Libros de cátedra)

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-950-34-1636-5

1. Biotecnología. I. Padín, Susana Beatríz II. Padín, Susana Beatríz, coord. III. Passalacqua, Silvia Alicia, coord.
CDD 660.6

Diseño de tapa: Dirección de Comunicación Visual de la UNLP

Universidad Nacional de La Plata – Editorial de la Universidad de La Plata
47 N.º 380 / La Plata B1900AJP / Buenos Aires, Argentina
+54 221 427 3992 / 427 4898
edulp.editorial@gmail.com
www.editorial.unlp.edu.ar

Edulp integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN)

Primera edición, 2018
© 2018 - Edulp

n
naturales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA