Mesa de análisis y propuestas
para el abordaje integral del uso
de productos fitosanitarios

Jorgelina Montoya, Silvia N. López, Fernando Salvagiotti, Mariel Mitidieri, Ramiro Cid, Carolina Sasal, Silvia Martens, Luis Carrancio, Virginia Aparicio, Horacio Acciaresi, Juan Carlos Papa, Mario Vigna, José Volante, Martín Irurueta, Eduardo Trumper

Los productos fitosanitarios en los sistemas productivos de la Argentina. Una mirada desde el INTA.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca

Ministerio de Economía Argentina

Índice

Resumen **3**

1. Introducción 4
   - 1.1. Marco de referencia general 4
   - 1.2. Conflicto socio-ambiental 6

2. Objetivos 8

3. Productos Fitosanitarios 8
   - 3.1. Definición 8
   - 3.2. Uso de Productos Fitosanitarios en el mundo 9
   - 3.3. Uso de fitosanitarios en la Argentina 10
   - 3.4. Toxicidad y riesgo 11

4. Inserción de los productos fitosanitarios en los sistemas productivos 13

5. Normativa de gestión de productos fitosanitarios 14
   - 5.1. Bases conceptuales 14
   - 5.2. Normativa en la Argentina 15
   - 5.3. Normativa en otros países 18

6. Impactos asociados al uso de productos fitosanitarios 20
   - 6.1. Efectos sobre la Salud humana 20
   - 6.2. Seguridad personal para aplicadores 21
   - 6.3. Impacto ambiental 22
   - 6.4. Persistencia de fitosanitarios en el suelo (*carry over* y *stacking*) 26
   - 6.5. Desarrollo de resistencia 28

7. Factores que agudizan el conflicto asociado a los productos fitosanitarios 30
   - 7.1. Inherentes al manejo de los productos 30
   - 7.2. Inherentes al uso del suelo en los territorios y a la percepción social 31
   - 7.3. Inherentes a la educación y la comunicación 33

8. Contribuciones del INTA en investigación y desarrollo 34
   - 8.1. Estrategias de manejo de cultivos para reducir el uso de productos fitosanitarios 34
   - 8.2. Prácticas agrícolas para reducir las fugas de productos fitosanitarios del agroecosistema 37
   - 8.3. Monitoreo ambiental 40
   - 8.4. Productos fitosanitarios de mejor perfil ambiental y toxicológico 40
   - 8.5. Bioinsumos 41
   - 8.6. Agroecología 42
   - 8.7. Innovaciones tecnológicas y AgTech 43
   - 8.8. Contribución en procesos de planificación y ordenamiento territorial 43
   - 8.9. Contribución a políticas públicas 44

9. Consideraciones finales 45

10. Bibliografía 48

Anexo 1 ..... **60**

Soporte legislativo 60
- Legislación nacional y provincial 60
- Legislaciones extranjeras 61

Resumen

Entre los Productos Fitosanitarios (PFs), los plaguicidas son sustancias empleadas para el control de organismos perjudiciales para la producción vegetal. Estas herramientas a las que la agricultura recurrió durante gran parte de su historia, son objeto de debates a nivel mundial desde la década de 1960. A su aporte a la producción se oponen reclamos por sus impactos negativos, comprobados o percibidos. La Argentina adhiere a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas y el INTA construye estrategias de producción sustentable. El presente documento despliega diferentes aspectos que atañen a la discusión sobre el rol de los PFs, los riesgos de usos inapropiados, su gestión responsable, y el desarrollo de opciones tecnológicas para su gradual sustitución.

Las plagas impactan en la productividad y/o calidad de los recursos vegetales con distintos niveles de intensidad, desde perjuicios leves hasta pérdidas totales. Entre los factores que favorecen su aparición, se encuentran la homogeneización productiva y la pérdida de mecanismos de regulación natural. Aunque se desarrolló un amplio abanico de técnicas para enfrentarlas, los PFs, con particular referencia a los de síntesis, se instalaron como una tecnología de insumos con rápida y persistente adopción debido a su efectividad y facilidad de aplicación. El éxito en la protección de la producción y sostén de la rentabilidad y competitividad del sector se contrasta con evidencias de residuos de fitosanitarios en el ambiente (suelo, agua, aire) y efectos en la salud, especialmente en personal ocupacionalmente expuesto a su uso, originados principalmente en desvíos de uso, incumplimiento de las normas, escasa fiscalización e insuficiente profesionalización de asesores y aplicadores. Por otra parte, usos desmedidos, rutinarios, masivos y con frecuencia enfocados en un único ingrediente activo para una determinada plaga, provocan perjuicios para la misma producción. Como ejemplo de estos últimos se puede citar la acumulación de herbicidas en el suelo, o desequilibrios como la resistencia a principios activos y su resurgimiento por eliminación de enemigos naturales, impulsando procesos de retroalimentación positiva que conducen a mayor uso.

La normativa para la regulación de PFs en la Argentina es comparable a la de países referentes en agricultura. No obstante, pone el foco en la toxicidad aguda y es deficitaria en los posibles efectos crónicos, aspecto que se encuentra en estudio y debate en diversos países. A nivel nacional, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) regula el registro, aprobación, transporte, almacenamiento, uso y disposición final de los

envases vacíos. A nivel local, donde se producen los mayores conflictos, los municipios establecen las normas respondiendo a demandas específicas, con heterogeneidad de criterios de restricción (zonas de exclusión y de amortiguamiento) y de metodologías de fiscalización de la implementación.

El INTA trabaja fuertemente en el desarrollo de estrategias y tácticas de manejo de plagas que contribuyen a prevenir o mitigar las pérdidas de producción y/o calidad, cuidando el ambiente y la salud humana. El monitoreo ambiental es una línea de acción que contribuye a ponderar el éxito de las estrategias y su adaptación para una mejora continua.

Este documento brinda una mirada desde la Mesa de Análisis y Propuestas del INTA para el abordaje integral del uso de PFs. Se da cuenta de la inserción de los PFs en los sistemas productivos, y de las regulaciones que amparan su uso tanto en Argentina como en otros países del mundo. Fundamentado en una revisión exhaustiva de referencias científicas, se ponen de manifiesto tanto los impactos ambientales detectados, como los factores que agudizan las tensiones asociadas al uso de los PFs. Además, se describen las contribuciones del INTA en investigación y desarrollo en materia de estrategias de manejo de cultivos para reducir el uso y las fugas de productos fitosanitarios, de monitoreo ambiental y de alternativas como el uso de bioinsumos y las prácticas agroecológicas. Aporta también una mirada a futuro que incluye a las innovaciones tecnológicas y AgTechs. Finalmente, se aborda la contribución de la institución en procesos de planificación, ordenamiento territorial y generación de políticas públicas.

1. Introducción

1.1. Marco de referencia general

Existe amplio consenso en la necesidad de desarrollar sistemas de producción agrícola que simultáneamente satisfagan las necesidades de producir alimentos, fibras, forraje y biocombustibles dentro de los límites de seguridad planetaria (Steffen et al., 2015; Rockstrom et al., 2017). La intensificación sustentable de la agricultura plantea la producción de cultivos haciendo un uso eficiente de insumos, con el menor impacto ambiental sobre los agroecosistemas, manteniendo la biodiversidad, conservando los recursos naturales, reduciendo los procesos de contaminación (Cassman y Grassini, 2020) y favoreciendo el desarrollo local de las comunidades. Dado que la producción de los cultivos a escala de lote estará limitada por la disponibilidad de agua y nutrientes, así como la presencia de plagas, para abordar el manejo de los cultivos dentro del paradigma de la intensificación sustentable, es necesario ir cambiando la mirada clásica del uso de

tecnologías de insumos a disponer de conocimientos sobre los distintos procesos involucrados que favorezcan los distintos servicios ecosistémicos.

Según la FAO, las plagas agrícolas incluyen todo tipo de especies (animales, plantas y microorganismos) que provocan un perjuicio a los cultivos o recursos vegetales. Las plagas constituyen una de las limitaciones más importantes a la producción agrícola. Las estimaciones de pérdidas a nivel mundial son muy variables. No obstante, algunas de las revisiones más exhaustivas señalan que las plagas ponen en riesgo en promedio, para todos los modelos productivos analizados, más del 35 % de la producción (Peshin et al., 2002; Oerke, 2006). En el contexto de las estrategias de manejo de cultivos, el manejo de plagas ha constituido siempre un aspecto de gran relevancia.

La historia del desarrollo de estrategias de manejo de plagas comienza con prácticas culturales y formas intuitivas de mejoramiento vegetal y/o identificación de variedades de cultivos más tolerantes a algunas plagas de ocurrencia más frecuente. El uso de sustancias con capacidad de repeler o eliminar las plagas también se incorporó al repertorio de prácticas culturales desde los inicios de la agricultura.

Hasta la década de 1940, las sustancias inorgánicas, como el clorato de sodio y el ácido sulfúrico, o los productos químicos orgánicos derivados de fuentes naturales, todavía se utilizaban ampliamente en el control de plagas. A partir de esa década se aceleró la producción de formulaciones de síntesis orgánica, las que en la década de 1950 y gran parte de 1960 se articularon con el uso de variedades de alto potencial de rendimiento en lo que se denominó la Revolución Verde. Desde entonces a la actualidad, la industria agroquímica atravesó diversas etapas, desarrollando ingredientes activos con distintas propiedades y apuntando a encontrar moléculas con mejores perfiles en cuanto a selectividad y menor toxicidad. La introducción de productos de base biológica complementa esta tendencia histórica a desarrollar productos de menor toxicidad y por lo tanto menor impacto potencial en el ambiente y la salud humana. Este patrón es reflejo de la preocupación que fue creciendo gradualmente en los diferentes ámbitos vinculados a la producción agrícola, academia, salud pública, como consecuencia del registro de casos de impacto negativo asociado al uso o abuso de plaguicidas.

La inquietud respecto a los efectos indeseados de los PFs se fue profundizando hasta desembocar en la primera reacción y respuesta de una parte importante de los organismos universitarios y de ciencia y tecnología, en la formulación de los principios del Manejo Integrado de Plagas (MIP) a fines de la década de 1950 y durante la década de 1960 (Kogan, 1998). Si bien este concepto se tradujo en numerosas definiciones desde su primer enunciado a la actualidad, el denominador común ha sido siempre la

necesidad de fortalecer el carácter preventivo del manejo de plagas a través de tácticas que minimicen su oportunidad para colonizar y/o instalarse y crecer en los cultivos, posicionando al uso de PFs como un resorte de último recurso, a emplear bajo un conjunto de criterios objetivos para la toma de decisiones. La nueva concepción del manejo de plagas que se reflejaba en los enunciados del MIP pasó de ser una propuesta disruptiva y progresista a constituirse en el estándar convencional, llegando a integrar agendas políticas de países o bloques de referencia en agricultura (Lefebvre et al., 2015). A la luz de esta suerte de manifiesto que pasó a convertirse en una referencia obligada en la literatura técnica, científica y de políticas públicas, se iniciaron y crecieron numerosas variantes de investigación y desarrollo de estrategias de manejo de plagas que exploraron alternativas al uso de síntesis, o bien que establecieron bases más o menos sólidas para racionalizar y optimizar su uso, según las características específicas de la relación cultivo-plaga-ambiente.

1.2. Conflicto socio-ambiental

Si bien se han logrado avances relevantes en la generación de conocimientos sobre aspectos tales como el funcionamiento de los agroecosistemas, las limitaciones que las plagas pueden imponer en la productividad, el desarrollo de variadas herramientas y estrategias de manejo de plagas, la opción de manejo químico es preponderante en muchos sistemas productivos. La facilidad de uso de los PFs, su practicidad y su relativamente alta eficacia, han constituido factores impulsores de alto nivel de adopción a nivel mundial. No obstante, también debe considerarse que los sistemas productivos se fueron configurando hacia modelos generalmente más simplificados, con deterioro de los procesos de regulación o mitigación natural de las plagas, acentuando la dependencia del uso de PFs. Este proceso fue desarrollándose acompañado del crecimiento de la población mundial con la concomitante demanda de alimentos, forrajes y fibras, el aumento de la superficie agrícola con baja diversificación (menor número de cultivos), y la expansión de las fronteras agrícolas. En este contexto, el crecimiento de las interfases urbano-rurales fue acentuando las tensiones entre diferentes sectores de la sociedad. La mayor proximidad entre las actividades productivas, especialmente las que involucran aplicaciones de PFs, y los espacios habitualmente ocupados por la población urbana, han provocado un alto nivel de conflictividad.

Hacia fines del siglo XX se consolidó en los países del Cono Sur (Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay y Bolivia) el denominado modelo agroindustrial, caracterizado por su simplicidad. En Argentina, en la campaña 2018/19, la soja y el maíz representan el 66,7 % del área agrícola total. De modo paralelo, ha crecido exponencialmente el volumen de productos químicos utilizados, que ha superado los 500.000.000 kg en los últimos años (un promedio de 13

kg por ha). Si bien el glifosato es uno de los más conspicuos, el aumento se extiende a otros (2,4-D, endosulfan, atrazina, dicamba, cipermetrina y clorpirifos). En este marco, los conflictos y controversias sobre las consecuencias ambientales y sanitarias derivadas de la exposición a los PFs adquirieron gran relevancia social. A tono con lo ocurrido a nivel internacional y regional, en la Argentina, diversos estudios han detectado la presencia de PFs en aire, aguas superficiales, subterráneas y de lluvia, suelos agrícolas y en áreas urbanas y periurbanas. Si bien no existen estadísticas oficiales que midan el volumen anual de sustancias químicas utilizadas, tampoco se dispone de datos públicos que permitan tener información certera respecto de la situación sanitaria de las poblaciones expuestas ni en cuanto al diagnóstico como al seguimiento de los casos. Las posiciones suelen discernirse de acuerdo a dos argumentos: la postura pragmática, que afirma que no existe evidencia para determinar una correlación directa entre la exposición a las aplicaciones y las enfermedades (que sostiene que bajo un uso correcto los potenciales riesgos prácticamente desaparecen), y la postura precautoria, que enfatiza en los daños. Dentro de este escenario, si bien el conocimiento científico ocupa un rol fundamental en la definición, estimación y evaluación de los riesgos asociados, su elaboración involucra también un proceso social y cultural en el cual los actores afectados suelen irrumpir en el debate público, revelando el carácter intrínsecamente político-filosófico involucrado en las cuestiones científicas y sanitarias. En el caso de enfermedades que se presumen vinculadas a una exposición ambiental, la afirmación de una correlación entre causas y efectos se torna compleja e incierta, dada la imposibilidad de aislar otras variables intervinientes. La búsqueda de pruebas reúne entonces elementos heterogéneos y atraviesa diferentes espacios, requiriendo una "constelación demostrativa": diversidad de disciplinas, formas de conocimiento, actores y dispositivos técnicos, institucionales, sociopolíticos y económicos movilizados. Ante la insuficiencia de registros oficiales o la falta de respuestas por parte de las autoridades, comienza un ejercicio de problematización y cuestionamiento colectivo que da lugar a la emergencia de epidemiologías populares y/o críticas, basadas en saberes y experiencias propias de las comunidades locales.

En la Argentina, los primeros conflictos y controversias se han suscitado en las provincias tempranamente incorporadas al modelo agroindustrial tal como Santa Fe y Córdoba (Schmidt *et al.*, 2021). En general los conflictos están asociados al empleo de aquellos principios activos aplicados con elevada intensidad y frecuencia, que por sus características, tienen un elevado impacto sobre la diversidad biótica que se pretende manejar, tienen un bajo costo relativo, son de fácil uso, muy amplio espectro de acción u otra/s característica/s que los tornan en herramientas químicas percibidas como muy útiles por los productores (i.e. el glifosato, 2,4-D, metsulfuron metil, piretroides, atrazina, clorpirifos); el bajo costo, la disponibilidad y la facilidad de uso posibilitan que se incurra en descuidos y empleo fuera de registro que

terminan llamando la atención de los que se sienten perjudicados por tal hecho. No obstante, el conflicto es más abarcativo cuando los lotes están próximos a áreas pobladas, viviendas, escuelas u otras áreas sensibles como espejos o cursos de agua, corrales, animales de granja, etc. Este conflicto no escapa a las dificultades que tenemos como sociedad para abordar problemas complejos emergentes de la diversidad productiva, social, económica y cultural, para lo cual estamos en etapas incipientes de construcción de acuerdos que hagan factible el "contrato social".

2. Objetivos

Este documento tiene como objetivo general aportar elementos de análisis para la Mesa de Acuerdos de INTA, que contribuyan al diseño de estrategias de abordaje integral del uso de productos fitosanitarios.

Los objetivos específicos son:

1. Analizar y sistematizar información de aspectos conceptuales, técnico-científicos, operativos y normativos sobre el uso de PFs en los diferentes sistemas productivos de la Argentina.
2. Valorar el rol del INTA en el desarrollo de conocimiento para el uso sostenible de los fitosanitarios y la innovación en desarrollos tecnológicos para la mitigación del riesgo

3. Productos Fitosanitarios

3.1. Definición

El concepto de producto fitosanitario (PFs) hace referencia a cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, controlar o destruir cualquier organismo nocivo, incluyendo las especies no deseadas de plantas o animales, que causan perjuicio o interferencia negativa en la producción, elaboración o almacenamiento de los vegetales y sus productos. Incluye coadyuvantes, fitorreguladores, desecantes y las sustancias aplicadas a los vegetales antes o después de la cosecha para protegerlos contra el deterioro durante el almacenamiento y transporte (SENASA, 2003). Se los conoce también con la denominación de plaguicidas, pesticidas o agroquímicos. Todas estas denominaciones se refieren a los insecticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas, reguladores del crecimiento de plantas y coadyuvantes, entre otras clases de uso, aunque el concepto de agroquímico

incluye también a los reguladores del crecimiento de plantas, coadyuvantes, fertilizantes y enmiendas (SENASA, 2017).

La FAO y WHO (2015) utilizan el término "plaguicida" y lo definen como "... cualquier sustancia destinada a prevenir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales, o que pueda administrarse a los animales para combatir ectoparásitos. El término incluye las sustancias destinadas a utilizarse como reguladores del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de fruta o inhibidores de la germinación, y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto contra el deterioro durante el almacenamiento y transporte. El término excluye normalmente los fertilizantes, nutrientes de origen vegetal o animal, aditivos alimentarios y medicamentos veterinarios.... ". En los documentos regulatorios de la Unión Europea se refieren como "Productos para la Protección de Plantas" (European Commission, 2009).

La definición de PF ha variado según las épocas y países. Sin embargo, la esencia permanece constante, es decir, es una sustancia (mixta) que tiene acción tóxica y eficaz para los organismos objetivo y relativamente segura para los organismos no objetivo y el medio ambiente.

3.2. Uso de Productos Fitosanitarios en el mundo

Estados Unidos, la Unión Europea, China y Brasil representan en conjunto más de la mitad de la producción agrícola mundial y con alta producción. Para ello los PFs representan un instrumento fundamental, de elevada eficacia, pero cuyo uso conlleva externalidades que pueden afectar negativamente a organismos no blanco, de magnitud y alcance variable. Si bien cada uno cuenta con sistemas regulatorios diferentes tendientes a proteger la salud y el ambiente, son los usuarios más importantes a nivel mundial con 540, 375, 1767 y 376 millones de kg de PFs respectivamente según estadísticas del año 2016 (Donley, 2019).

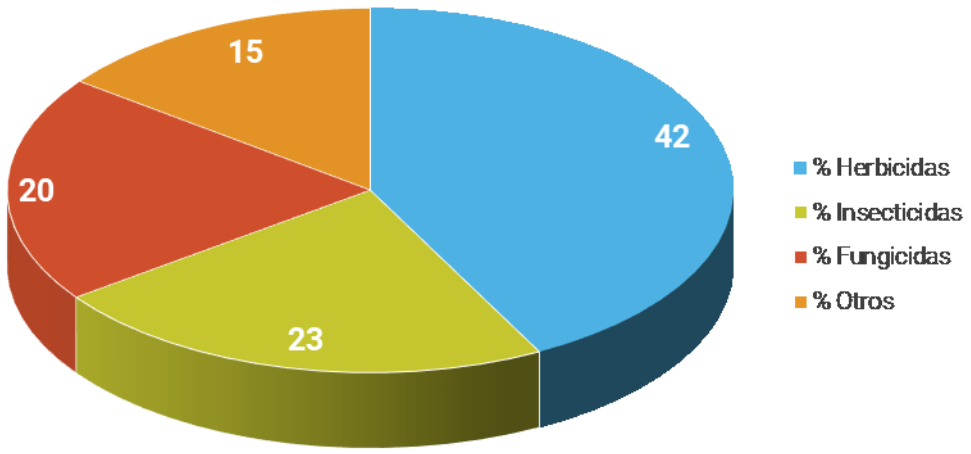
Respecto de la estructura de consumo de los distintos tipos de plaguicidas PFs en todo el mundo se observan importantes cambios desde la década de 1960. La proporción de herbicidas aumentó rápidamente, pasando del 20 % en 1960 al 48 % en 2005. La proporción de consumo de insecticidas y fungicidas/bactericidas disminuyó a pesar de que sus ventas aumentaron. El rápido aumento del consumo de herbicidas potenció la intensificación agrícola y la productividad (Zhang *et al*., 2011).

3.3. Uso de fitosanitarios en la Argentina

La Argentina se caracteriza por tener un importante consumo anual de PFs, muchos de los cuales son de origen nacional por síntesis o formulación y muchos son importados. En los 36 millones de hectáreas cultivadas, se utilizan 230 millones de litros de herbicidas y 350 millones de litros de otros PFs. Los envases necesarios para su comercialización generan unas 17.000 toneladas de polietileno cada año (Cavallin *et al*., 2017). Cuando se analizan las estadísticas del mercado argentino de PFs, se puede observar claramente una tendencia creciente en su uso, pasando de 151,3 millones de kilogramos o litros de productos comercializados en el año 2002, a 225 millones de kilogramos o litros en 2008, y cerca de 317 millones de kilogramos o litros en 2012 (CASAFE 2012). Siendo éstas las últimas estadísticas referidas al mercado de fitosanitarios publicadas por la CASAFE, posteriormente se han publicado resúmenes. En el año 2016 hubo un aumento del volumen vendido del 13 % respecto del año anterior, debido principalmente al incremento de la superficie sembrada de trigo y maíz y a la problemática de malezas resistentes. Se destacan en importancia los herbicidas, y en segundo lugar los insecticidas con un volumen comercializado de 17,6 millones de litros (CASAFE, 2018).

Existen en el mercado argentino cerca de 5387 productos formulados registrados en el SENASA. Los herbicidas son el grupo mayoritario con 43 %, seguido por los insecticidas y fungicidas. El resto, léase acaricidas, nematicidas, molusquicidas, reguladores de crecimiento, etc., no superan el 14 % (Figura 1).

Figura 1. Distribución de los productos formulados registrados en SENASA según el tipo de plaga a controlar (Fuente: elaboración propia a partir de SENASA, 2021)



3.4. Toxicidad y riesgo

El concepto de **toxicidad** hace referencia a la capacidad de una sustancia química de producir daños fisiológicos a un organismo vivo (SENASA, 2003).

Los plaguicidas se clasifican según su toxicidad aguda expresada como la DL50 (Dosis Letal Media) (Tabla 1). La DL50 hace referencia a la dosis de una sustancia que resulta mortal para la mitad de un conjunto de animales de prueba. Se expresa en mg de sustancia por kg de peso del animal, y comúnmente este dato se acompaña del animal en el que se probó (ratas, conejos, etc.). De esta forma, puede extrapolarse a los seres humanos, en relación a los cuales se define una clasificación de peligrosidad por toxicidad aguda. Para ello, peligro se define como una expresión cualitativa del potencial de un PF de causar daño a la salud o al ambiente.

Tabla 1. Criterios de clasificación y etiquetado de productos fitosanitarios de acuerdo a la Resolución Nº 302/2012 de SENASA. Toxicidad aguda oral y dermal.

Clase Toxicológica	Frase de advertencia	LD50 de ratas (mg/kg de peso vivo)	
		Oral	Dermal
Ia	Extremadamente peligroso	<5	<50
Ib	Altamente peligroso	5 a 50	50 - 200
II	Moderadamente peligroso	>50 a 2000	200 - 2000
III	Ligeramente peligroso	>2000 a 5000	>2000
IV	Productos que normalmente no presentan peligro de uso	>5000	>5000

Fuente: Resolución SENASA N°302/2012 - Revisión de los criterios para la clasificación toxicológica de los productos fitosanitarios.

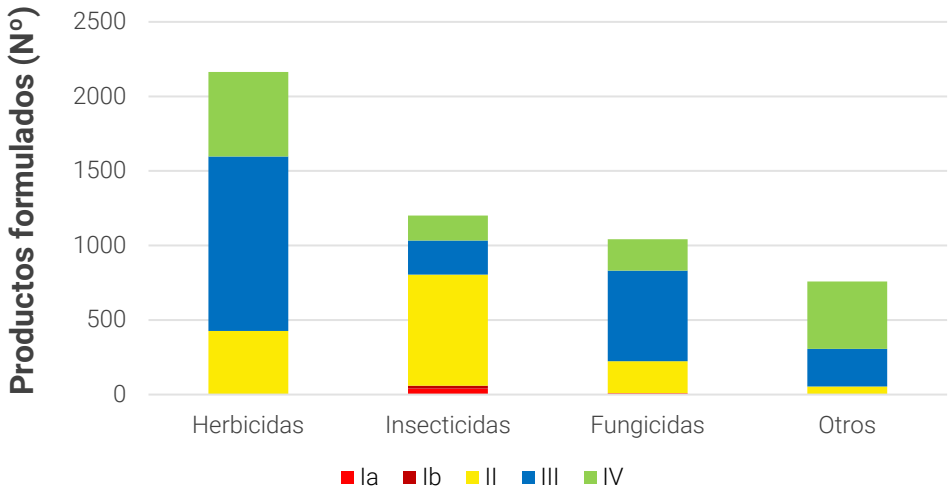
Desde el punto de vista toxicológico, es importante señalar que los productos formulados de fitosanitarios, además del principio activo, incluyen sustancias transportadoras y/o diluyentes como agua o solventes orgánicos, aditivos e impurezas, y, en muchos casos, el potencial tóxico de estas sustancias en sí mismas puede resultar de semejante o de mayor toxicidad que el propio principio activo (Porfido, 2014). En relación a esto, cabe destacar que la clasificación toxicológica del SENASA se refiere a los PFs formulados, lo cual reviste significativo valor para la selección de uso. Para que la clasificación de toxicidad sea más entendible puede expresarse tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de toxicidad, denominación coloquial y posible dosis letal.

Rango de toxicidad	Denominación usual	Posible dosis letal para una persona
Ia	Extremadamente tóxico	1 gota, 1 grano
Ib	Altamente tóxico	1 cucharadita (4 ml)
II	Moderadamente tóxico	30 gr
III	Ligeramente tóxico	250 gr
IV o U	Prácticamente no tóxico	1 litro

Según datos de SENASA del año 2020 la cantidad de productos fitosanitarios registrados por Rango de Toxicidad puede observarse en Figura 2.

Figura 2. Clasificación toxicológica aguda de los productos formulados registrados en la Argentina (: Fuente: elaboración propia a partir de SENASA, 2020).



El **riesgo** expresa la probabilidad de ocurrencia de efectos adversos a la salud o al ambiente resultante de la exposición a un PF (SENASA, 2003). El concepto de riesgo integra la toxicidad y la exposición. Los niveles de toxicidad son intrínsecos de las moléculas. El riesgo potencial que representa un fitosanitario al ser incorporado al ambiente depende de su toxicidad aguda y el grado de exposición al mismo. Por lo tanto, el riesgo que la exposición a

plaguicidas presenta para la salud humana depende tanto de la toxicidad del PF como de la probabilidad de que las personas entren en contacto con él. Por lo menos, se requiere alguna exposición y cierta toxicidad para que resulte en un riesgo. Por ejemplo, si el PF es altamente tóxico, pero no hay personas expuestas, no hay riesgo. Del mismo modo, si hay amplia exposición, pero la sustancia química es inocua, no existe el riesgo. Sin embargo, cuando se utilizan fitosanitarios por lo general hay cierta toxicidad y exposición, lo que resulta en un riesgo potencial.

Una falencia que presenta la clasificación de peligrosidad o riesgo es que se refiere exclusivamente a la toxicidad aguda y no contempla los posibles efectos crónicos (capacidad de una sustancia para producir efectos adversos consecuentes a una exposición prolongada, durante o después de interrumpida la exposición).

Debe destacarse que es en la exposición donde tenemos que poner el foco, desarrollando estrategias de manejo de los fitosanitarios que mitiguen las fugas del agroecosistema. Las Buenas Prácticas Agropecuarias (BPAs) validadas son un instrumento clave para tal fin.

Otro aspecto a tener en cuenta es el de la mezcla de plaguicidas. Estos pueden interactuar entre sí de varias maneras según el compuesto y su familia química, la dosis y los órganos a los que se dirigen, lo que produce diversos efectos. El término interacción se refiere a situaciones en las que algunos o todos los componentes individuales de una mezcla influyen entre sí en la toxicidad y los efectos conjuntos pueden desviarse de las predicciones aditivas. La complejidad de las interacciones toxicológicas puede dar lugar a efectos impredecibles de las mezclas de plaguicidas y la identificación de plaguicidas responsables de las interacciones sinérgicas es un tema importante para la evaluación del riesgo acumulativo.

La predicción de las respuestas biológicas provocadas por la interacción de plaguicidas entre sí (o con otros productos químicos) se beneficiará del uso de un enfoque de toxicología de sistemas. La identificación de las características principales de las mezclas de plaguicidas a nivel molecular, como los perfiles de expresión génica, podría ser útil para evaluar o predecir la aparición de efectos interactivos que den lugar a respuestas imprevistas.

4. Inserción de los productos fitosanitarios en los sistemas productivos

Se plantea que para el año 2050 la población mundial alcanzará 9.700 millones de habitantes y que la agricultura tendrá que producir 50 % más de lo que producía en 2012; también es cierto que, según las más recientes

estimaciones realizadas por la FAO (2012) en el mundo se pierden o desperdician anualmente 1.3 billones de t de alimentos, un tercio de la producción total. En el ámbito agrícola las pérdidas y el desperdicio de alimentos se pueden dividir en dos categorías: los alimentos que no se cosechan y los alimentos que se pierden o desechan entre la cosecha y la venta en origen. Ocasionalmente, existen productos que no pueden ser cosechados o comercializados debido a los daños causados por plagas o por el clima.

En todo el mundo, aproximadamente 9.000 especies de insectos y ácaros, 50.000 especies de patógenos de plantas y 8.000 especies de malezas dañan los cultivos. Se calcula que los insectos causan un 14 % de pérdidas, los patógenos de las plantas un 13 % y las malezas un 13 % de pérdidas. Sin el empleo de fitosanitarios la pérdida de frutas, verduras y cereales por daños causados por plagas alcanzaría el 78 %, el 54 % y el 32 %, respectivamente. La pérdida de cultivos por plagas disminuye entre el 35 % y el 42 % cuando se utilizan fitosanitarios. El *European Parliamentary Research Service* publicó recientemente el informe "*Farming without plant protection products*" donde expresa que si no se utilizaran fitosanitarios los rendimientos se reducirían, dependiendo del cultivo, entre 19 % (trigo) y 42 % (papa) (Keulemans *et al.,* 2019). En algunos sistemas agrícolas (ej. citricultura) los productores se enfrentan a la necesidad de controlar algunas plagas para poder exportar, o para poder evitar el ingreso de enfermedades como el HLB que de instalarse ocasionarían daños económicos muy severos con el consiguiente impacto social en los territorios donde estas producciones generan numerosos puestos de trabajo.

Por su parte, los ensayos de más de 100 años de Rothamsted Research (Reino Unido) han mostrado un significativo aumento de los rendimientos a partir del control de malezas y enfermedades mediante el uso de fitosanitarios. En este sentido, los PFs juegan un papel sensible en los sistemas de producción de alimentos.

5. Normativa de gestión de productos fitosanitarios

5.1. Bases conceptuales

La normativa se apoya en el análisis de riesgos, esto es, en la caracterización de los efectos adversos, evaluación de sus probabilidades, determinación de sus consecuencias y análisis de las formas en que los riesgos pueden ser mitigados y comunicados.

Eyhorn *et al*. (2015) realiza un análisis de los avances en cuanto a las tendencias regulatorias y sugiere algunos aspectos a tener en cuenta para la

reducción del uso y los riesgos asociados a los PFs. Si bien se realizan muchos estudios para el registro de un nuevo PF, se necesita más investigación para cerrar ciertas brechas, particularmente para evaluar mejor los riesgos a largo plazo para la salud y el ambiente relacionados con la exposición a PFs. Las prácticas regulatorias deben basarse en los últimos hallazgos, teniendo en cuenta también los resultados de investigaciones independientes publicadas. Los códigos y convenios internacionales y la colaboración regional en los procesos de legislación y regulación proporcionan pautas valiosas para la mejora continua. En nuestro país, el SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria[1]) es el responsable de estos aspectos.

5.2. Normativa en la Argentina

A los efectos de una mejor comprensión de las normativas legales de nuestro país referidas a la gestión integral de los fitosanitarios es conveniente separarlas en dos etapas diferentes que tienen, a su vez, distintos enfoques. Ver en Anexo 1 los enlaces para consultar los correspondientes soportes legislativos (puntos 1 a 18).

a. El proceso de registro y aprobación de un producto hasta el momento de su salida al mercado comercial.

Por medio del Decreto Ley N° 3489/58 y su Decreto Reglamentario N° 5769/59 se establece que "la venta en todo el territorio de la Nación de productos químicos o biológicos destinados al tratamiento y destrucción de los enemigos animales y vegetales cultivadas o útiles, así como también los coadyuvantes de tales productos, queda sometido al contralor del Ministerio de Agricultura y Ganadería". Asimismo, se crea a tal efecto el Registro Nacional de Terapéutica Vegetal, dependiente del SENASA, como organismo responsable del registro como requisito indispensable para la aprobación y comercialización posterior de estos productos. El registro de un producto es

[1] *El Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria es un organismo descentralizado, con autarquía económico-financiera y técnico-administrativa y dotado de personería jurídica propia, dependiente del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, encargado de ejecutar las políticas nacionales en materia de sanidad y calidad animal y vegetal e inocuidad de los alimentos de su competencia, así como de verificar el cumplimiento de la normativa vigente en la materia. También es de su competencia el control del tráfico federal y de las importaciones y exportaciones de los productos, subproductos y derivados de origen animal y vegetal, productos agroalimentarios, fármaco-veterinarios y agroquímicos, fertilizantes y enmiendas.*

En síntesis, el SENASA es responsable de planificar, organizar y ejecutar programas y planes específicos que reglamentan la producción, orientándola hacia la obtención de alimentos inocuos para el consumo humano y animal. https://www.argentina.gob.ar/senasa/que-es

un proceso científico, legal y administrativo, mediante el cual el SENASA examina las propiedades físicas y químicas del plaguicida, su eficacia, su capacidad potencial de producir efectos tóxicos sobre la salud de los seres humanos y los efectos ambientales, el etiquetado y el embalaje. En tal sentido, tiene a su cargo el registro de todos los PFs, ya sean nacionales o importados, que se usan y comercializan en el país para el control de plagas en el ámbito agrícola, como así también el de las personas físicas o jurídicas que comercialicen, importen o exporten PFs y los establecimientos que sinteticen o formulen estos productos.

Para habilitar la comercialización de un PF se deben cumplimentar los requisitos establecidos en el "Manual de Procedimientos, Criterios y Alcances para el registro de Productos Fitosanitarios en la República Argentina" (Resolución SENASA N° 350/99). Esta Resolución establece tanto los pasos administrativos como los estudios obligatorios que se deben suministrar para la aprobación de un producto, los cuales, entre otros, incluyen: obligatoriedad de generar una "Hoja de Seguridad, propiedades físicas y químicas, información sobre vías de absorción (por inhalación, oral, dermal y ocular), toxicidad aguda y subaguda (DL50 oral, dermal y por inhalación. irritación dérmica e irritación ocular), toxicidad crónica (oral a largo plazo, carcinogenicidad, mutagenicidad, aberraciones cromosómicas, perturbaciones del ADN, efectos sobre la reproducción, teratogenicidad, neurotoxicidad y neurotoxicidad retardada), metabolismo en mamíferos (absorción, distribución, excreción, rutas metabólicas, diagnóstico y síntomas de intoxicación), comportamiento en el suelo (tasa y vías de degradación, metabolitos y productos de degradación) y estudios sobre aves, organismos acuáticos (peces, microcrustáceos, algas y plantas acuáticas), artrópodos benéficos y microorganismos del suelo (nitrificadores). Todos los estudios presentados deben ser conducidos bajo directrices internacionales y/o bajo Buenas Prácticas de Laboratorio Certificadas.

También el SENASA, en cumplimiento de sus funciones, dicta, la Resolución 934/2010 en la cual se establecen los límites máximos de residuos para productos o subproductos agropecuarios para consumo de origen nacional o importado. La Resolución 302/12 de SENASA establece la clasificación toxicológica de los PFs, adoptando como propias las pautas establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En función de lo descrito, se puede afirmar que el proceso de aprobación para la comercialización de PFs en nuestro país se encuentra regulado, cumpliendo con los requisitos internacionales generales a tal efecto.

b. La etapa posterior que incluye el transporte, almacenamiento, uso y disposición final de los envases vacíos.

No existe una ley nacional que contemple esta segunda etapa referida a la gestión integral de los fitosanitarios. Esto constituye, sin ninguna duda,

una de las grandes carencias legislativas relacionadas con el sector productivo agropecuario argentino. Ante esta falencia, casi todas las provincias de importancia agrícola han generado sus propias leyes todas ellas dictadas en diferentes momentos y, en muchos casos, siguiendo distintos criterios. A modo de ejemplo, en la Tabla 3 se incluyen, en forma resumida, las principales diferencias existentes en cuanto a normativas para seis provincias de nuestro país.

Tabla 3. Diferencias legislativas en seis provincias argentinas.

Normativas municipales	Zona de exclusión		Zona de amortiguamiento		Receta agronómica	V.T.V.	Capacita-ciones
	Terrestre	Aérea	Terrestre	Aérea			
Ley 10.699/88 - Decreto 499/91	No	2000m	No	No	Sí - digital	No	Sí
Ley 9164/04 - Decreto 132/05	500m para bandas Toxic. I y II	500m para bandas Toxic. I y II - 1500m bandas III y IV	500m sólo bandas III y IV	No	Sí	Sí	Sí
Ley 6599/80 - Decreto 279/03 - Decreto 2239/19	100m	500m	500m sólo bandas III y IV	500 a 3000m sólo bandas III y IV	Sí - digital	No	Sí
Ley 5665/01 - Decreto 1469/03	No	1000m	No	No	Sí	No	No
Ley 3288/20	500m	3000m	500 a 2500m	No	Sí	No	No
Ley 6312/96 - Decreto Serie A 0038/01	No	No	500m	3000m	En zona de amortigua-miento	No	Sólo asesores

Nota: en Santiago del Estero se permite la aplicación aérea dentro de los 500 m de productos clase II y III cuando resulte imposible la aplicación terrestre y entre los 500 m y 3000 m de productos clase Ib cuando no existan reemplazos II y III. V.T.V.: verificación técnica vehicular.

Las normativas existentes a nivel municipal y comunal, si bien generalmente responden a problemáticas y demandas locales específicas, presentan gran diversidad tanto en el contenido como en el grado de cumplimiento. En las ordenanzas, incluso en las realizadas en pueblos vecinos, se pueden apreciar

diferentes criterios de restricción (zonas de exclusión y de amortiguamiento) como en las metodologías de control de la implementación.

Dentro de las diferentes experiencias se pueden destacar como aspectos positivos la inclusión de la obligatoriedad del cumplimiento de aspectos técnicos como las BPA y la implementación de la figura del veedor o fiscalizador profesional como su garante.

Del análisis de toda esta información surge claramente que las dimensiones de las zonas de exclusión fijadas por distintas normativas en nuestro país son dispares, habiendo primado, en muchos casos, fundamentos de base política sobre análisis técnico-científicos.

Respecto de la disposición final de los envases vacíos, la Ley nacional N° 27.279/16 establece los presupuestos mínimos de gestión ambiental que apunta a su recuperación. La gestión es responsabilidad de los registrantes, para lo cual se crea la Fundación Campolimpio. También se define la responsabilidad extendida y compartida de todos los miembros de la cadena de gestión. A tal fin se establece la creación de los Centros de Acopio Transitorio (CAT) a lo largo y a lo ancho de nuestro país, siendo esta una responsabilidad de dicha Fundación.

5.3. Normativa en otros países

Ver en Anexo 1 los enlaces para consultar los correspondientes soportes legislativos (puntos 19 a 32).

Estados Unidos. El Estatuto que rige el registro, distribución, venta y uso de plaguicidas es la Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas (FIFRA) siendo EPA (Environmental Protection Agency) responsable de su administración y cumplimiento**.** FIFRA establece una serie de programas, entre ellos etiquetado, embalaje, estándares de protección al trabajador, registros, de uso restringido (solamente aplicadores autorizados) determinación de ilícitos, almacenamiento, transporte y retiro del mercado.

FIFRA no establece zonas de exclusión para las aplicaciones. Pero fija un criterio de “Application Exclusion Zone (AEZ)” que se refiere al área alrededor del equipo de aplicación del PF que debe estar libre de personas, salvo aquellas específicamente entrenadas y los operadores de la aplicación, durante estos trabajos.

Estas distancias de AEZ son establecidas en 100 pies (30,48 m) para aplicaciones aéreas, equipos a turbina y fumigantes ya sean humos o nieblas y en 25 pies (7,32 m) para aplicaciones terrestres hechas a partir de los 12 pies de altura (3,66 m) desde el suelo o desde la altura media del cultivo salvo

especificación en contrario explicitada en la etiqueta del producto. Los aplicadores son los responsables de adoptar las medidas antideriva necesarias.

Es importante mencionar que, si bien FIFRA establece las pautas generales, los diferentes estados pueden dictar normas complementarias, y en muchos casos así lo han hecho.

Comunidad Económica Europea y su adaptación en España. Mediante la Directiva N° 2009/128/CE del Parlamento Europeo, del 21 de octubre de 2009, se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los fitosanitarios. Sobre esta base, los estados miembros establecen sus propios planes de acción que deben incluir: procesos de autorización y venta de PFs, información y sensibilización sobre los mismos, inspecciones sobre los equipos en uso, reducción del uso en zonas específicas, manipulación y almacenamiento de los envases y sus restos, brindar información sobre deriva a quienes pudieran estar expuestos y gestión integrada de plagas.

El artículo 9° de la Directiva prohíbe en general las aplicaciones aéreas, pero las mismas podrán autorizarse en casos especiales (cuando no haya ninguna alternativa viable o existan ventajas claras en términos de menor impacto a la salud humana y al ambiente en comparación con la aplicación terrestre de PFs) y cumpliendo una serie de requisitos.

En España, el Real Decreto N° 1311/2012 fomenta la gestión integrada de plagas, la obligatoriedad de registros, creando un sistema de capacitaciones. Para aplicaciones aéreas y terrestres se fija una banda de protección de 5 m para cursos de agua y se dictamina que los equipos no pueden ser lavados a menos de 50 m de los mismos.

No se establecen zonas de exclusión para las aplicaciones, pero se establece que para la seguridad en áreas protegidas la responsabilidad es del profesional asesor.

Uruguay. El Decreto 264/004 fija las pautas generales para las aplicaciones terrestres de fitosanitarios. Desde el 14 de mayo de 2004 por Resolución S/N/004 MGAP/DGSA se prohíben las aplicaciones aéreas a distancias menores a 500 m a los centros poblados, en tanto que para las aplicaciones terrestres esta distancia se fija en 300 metros. Estas mismas distancias de exclusión son extendidas para el caso de los centros educativos mediante la Resolución 188/011 del MGAP en noviembre de 2011.

Chile. El Decreto 158 del Ministerio de Salud establece las pautas generales para la aplicación de fitosanitarios con equipos terrestres. Define Área Sensible como “la superficie colindante a un predio o unidad productiva en el cual se aplican plaguicidas, que contiene o abarca organismos o población que pueden ser afectados por dicha aplicación”. También se define Franja de

Seguridad como “aquella superficie de terreno que colinda con áreas sensibles, en la cual solo se puede aplicar plaguicidas con equipos que minimicen la deriva que pueda afectar la salud, seguridad y bienestar de la comunidad…” manteniendo una franja de seguridad de al menos 50 metros medidos desde el borde del área de aplicación”. Ninguna mezcla o carga de PFs podrá realizarse a una distancia inferior a 65 m de una fuente de captación de agua destinada al consumo humano o animal.

Brasil. El Decreto 4074/2002, modificado mediante el Decreto 10833/21, establece las pautas generales para los fitosanitarios, fundamentalmente en sistemas de registro y etiquetado, definiendo responsabilidades compartidas entre el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento, Ministerio de Salud y Ministerio de Medio Ambiente. Los Decretos no mencionan Zonas de Exclusión o Zonas de Amortiguamiento. Todas las aplicaciones aéreas deberán ser acompañadas por un asesor agrícola con capacitación en aeroaplicaciones, quedando prohibidas a menos de 500 m de poblaciones y fuentes de alimentación de agua para consumo y a menos de 250 m de otras fuentes de agua, moradas aisladas y agrupamientos de animales.

6. Impactos asociados al uso de productos fitosanitarios

6.1. Efectos sobre la Salud humana

Como se señaló anteriormente, los PFs de síntesis química tienen acción tóxica y, en consecuencia, pueden tener efectos nocivos en la salud de las personas. Si bien el INTA no es una institución que pueda dirimir discusiones sobre tales efectos, sino que se requiere el involucramiento de sectores expertos en la temática. A continuación, se sintetiza información pertinente.

En el año 2014, por consensos dentro de la Red Argentina de Toxicología con el Área de Vigilancia del Ministerio de Salud de la Nación, se publicó la normativa y tutorial para la vigilancia de intoxicaciones e indicadores de efecto y exposición a agentes tóxicos, entre ellos los plaguicidas, a través del Sistema Nacional de Vigilancia de la Salud -SNVS (García 2016). El Ministerio de Salud de la Nación registra e informa semanalmente a través de este sistema de vigilancia (clínica, laboratorio o epidemiología) los eventos de intoxicaciones “por plaguicidas de uso agrícola” y “por plaguicidas de uso doméstico”. El primer caso reúne información de “personas con antecedentes confirmados de exposición aguda a plaguicidas de uso agrícola, con signos y síntomas de enfermedad atribuible. O toda persona con signos y síntomas de enfermedad atribuible y con concentraciones de compuestos o sus metabolitos superiores a los valores de referencia en muestras biológicas o alteraciones bioquímicas características”. Para los años 2020 y 2021, las

estadísticas a nivel nacional arrojaron registros de 198 y 227 personas intoxicadas, respectivamente".

En el Congreso Nacional de Fitosanitarios llevado a cabo en la Ciudad de Salta en el año 2017, el Dr. Alexis Benatti presentó un estudio con la siguiente información referida a intoxicaciones (https://www.senado.gob.ar/upload/24669.pdf). Entre las consultas por intoxicaciones que se receptaron, el 12 % correspondió a PFs en general, en tanto el 82 % restante se atribuyó a un amplio conjunto de factores. A su vez, dentro de los PFs, 74 % se vincula a productos domisanitarios y 24 % a fitosanitarios. En conclusión, las consultas por intoxicaciones con PFs representaron el 4,2 % del total. De ellas, 78 % correspondió al ámbito laboral, 32 % a casos accidentales, 25 % intencionales y 6 % a causas varias. El mismo profesional, en cuanto a los casos de cáncer en el "Curso de Postgrado en BPAs en el Uso de Productos Fitosanitarios" (Escuela de Graduados Facultad de Agronomía UBA el día 30/10/2021), indicó que ninguno de los PFs autorizados en la Argentina por SENASA se encuentra listado como carcinogénico según reconocidas agencias internacionales. Agregó también, que las estadísticas sobre incidencia de casos de cáncer en la Argentina no difieren de las tasas estimadas en Europa y EE.UU. En similar línea, la Red Nacional de Anomalías Congénitas declara en su reporte de 2018 que la prevalencia de casos de alteraciones congénitas en las principales provincias productoras se encuentra por debajo de la media mundial.

Por otro lado, Butinof et al. (2017) reportan un importante impacto en la salud de los individuos ocupacionalmente expuestos al uso de plaguicidas en la provincia de Córdoba (Argentina), tal como lo expresa la evidencia obtenida a partir de la mayor ocurrencia de síntomas percibida y daño genotóxico entre agroaplicadores, respecto de los sujetos no expuestos. Ello pone de relieve la asociación del daño con mayores niveles de exposición en ámbitos laborales. Las escalas de exposición asociadas al uso de biomarcadores resultaron una herramienta útil para la vigilancia de salud de agroaplicadores.

6.2. Seguridad personal para aplicadores

Considerando que el principal impacto de los fitosanitarios en la salud de las personas se constata en el personal dedicado a su manipulación y aplicación, es de alta relevancia el establecimiento de recomendaciones en cuanto a los Equipos de Protección Personal (EPP). Los EPP se definen como cualquier medio o dispositivo de uso individual, para proteger la integridad física del trabajador durante el desempeño de su tarea.

Entendiendo que, el riesgo de intoxicación es proporcional a la toxicidad del producto químico utilizado y al grado de exposición que se tenga a esa sustancia, es que se comprende la importancia del uso de los EPP como barrera. Si bien diversos autores coinciden en que durante el proceso de

preparación del caldo y la carga de los equipos pulverizadores se presenta la mayor exposición del operario al producto, el riesgo de salpicaduras, roturas etc., está presente en las distintas etapas que se tome contacto con el producto, por lo cual siempre que se esté en contacto con éste deben ser utilizados los correspondientes EPP. Éstos incluyen guantes, botas, máscaras, gafas y protectores faciales, y trajes de protección. El celoso cumplimiento de las pautas encuadradas en las BPAs, contribuye a disminuir sensiblemente los riesgos asociados a estas tareas específicas. En este sentido, el lavado y mantenimiento de los EPP según las indicaciones de los fabricantes es de suma importancia para que cumplan su función. Sin embargo, relevamientos realizados por el INTA señalan que los agroaplicadores utilizan menor protección que la recomendada.

6.3. Impacto ambiental

La agricultura utiliza PFs para aumentar la productividad de agroecosistemas y la calidad de los cultivos. Sin embargo, la literatura internacional reporta que su uso genera efectos no deseados, como pérdida de biodiversidad acuática, proliferación de especies plaga tolerantes y generación de resistencia en malezas, pérdida de polinizadores y contaminación del aire, suelo y aguas.

En la Argentina la presencia de fitosanitarios se ha documentado en diferentes estudios en el aire (Lorenzatti *et al*., 2008, Astoviza *et al*., 2015; Alonso *et al*., 2018; Seehaus, 2019), en el agua superficial (De Gerónimo *et al*., 2014; Pérez *et al*., 2017; Sasal *et al*., 2017; Lupi *et al*., 2019) y subterránea (Gonzalo et al., 2021; Lutri *et al*., 2020; Portocarrero *et al*., 2019; Okada *et al*., 2017; Primost *et al*., 2017; Caprile *et al*., 2017), agua de lluvia (Lupi *et al*., 2019; Alonso *et al*., 2018; Bonilla *et al*., 2019, Mas *et al*., 2020) y en los alimentos (Maggiori *et al* ., 2018, Székács *et al*., 2015; Copley, 2016; Berg *et al*., 2018; Rubio *et al*., 2014); y por esto, son considerados fuente de contaminación no puntual del ambiente (Andrade *et al*., 2017). Si bien su uso tiene un determinado objetivo de control (maleza, insecto, hongo), durante la aplicación una proporción variable se dispersa en el ambiente y alcanza diversos destinos “no blanco”, atravesando distintos procesos de conversión y transporte (Seehaus, 2019).

Numerosos trabajos científicos en la Argentina documentan que los PFs representan potenciales fuentes de contaminación ambiental, particularmente por deterioro de la calidad del agua y mortalidad selectiva de las especies menos tolerantes. El impacto sobre la calidad de aguas superficiales se origina fundamentalmente por el aporte difuso por deriva, escurrimiento o erosión desde lotes productivos y/o por aporte puntual debido a prácticas mal implementadas, como lavado de equipos aplicadores sobre cursos de agua (Sasal *et al*., 2017). En las últimas décadas, cambios en el uso de la tierra, avance de fronteras agrícolas y la simplificación de las

secuencias de cultivos han condicionado la capacidad reguladora de los suelos mediante el deterioro de sus condiciones físicas, químicas y biológicas (Wingeyer *et al*., 2015). Estos procesos de degradación de suelo amenazan la calidad de las aguas debido a las pérdidas por erosión y el arrastre de fertilizantes y PFs aplicados a los cultivos.

En los últimos años, abundante investigación da cuenta de la relación entre la degradación de los suelos de la región pampeana, el uso creciente de agroquímicos y la detección de nutrientes y PFs en cuerpos de agua (Wilson *et al.,* 2020), así como también del enriquecimiento de las partículas de suelo erosionadas con PFs (Ramírez Haberkon *et al*., 2021a,b; Aparicio *et al*., 2018b; Méndez *et al*., 2017). Ronco *et al*. (2016) detectaron glifosato y su metabolito, ácido aminometilfosfónico (AMPA), en aguas y sedimentos de fondo en cursos de agua superficiales de la gran cuenca del río Paraná-Paraguay, y los insecticidas endosulfán, clorpirifos y cipermetrina en concentraciones superiores a los niveles de guía establecidos para la biota acuática (Etchegoyen *et al*., 2017, Peluso *et al*., 2013). A escalas más detalladas, otros autores han encontrado resultados similares (Aparicio *et al*., 2018b; Ayarragaray, 2015; Azcarate *et al.*, 2015; Bedmar *et al*., 2015, Sasal *et al*., 2017, Mac Loughlin *et al*., 2020; Fernandes *et al*., 2019; Giaccio *et al*., 2019). Paralelamente, diversos estudios han demostrado efectos negativos de plaguicidas en especies nativas de anfibios (Lajmanovich *et al*., 2011; Brodeur *et al.*, 2014); reptiles (Poletta *et al*., 2009), peces (Brodeur *et al*., 2014, Paravani, 2017), fito y zooplancton (Gagneten *et al*., 2014; Regaldo *et al*., 2017; Reno *et al.,* 2014, 2018).

Por otro lado, la problemática de las aplicaciones de PFs en zonas periurbanas se ha centrado en el proceso de deriva. Durante y después de las aplicaciones, una fracción más o menos considerable de plaguicidas puede introducirse a la atmósfera como "deriva" (Van den Berg *et al*., 1999). Las definiciones más habituales hacen referencia al desplazamiento del caldo pulverizado (en forma de partículas o vapores) fuera del blanco ya sea por transporte de masas de aire o por falta de adherencia, disminuyendo la efectividad del control y generando posibles daños al ambiente (vegetación susceptible, vida silvestre, personas). Son abundantes los trabajos que determinan los impactos de la fase líquida (gota) por fuera del lote en producción, asociados a variables climáticas o a la tecnología de aplicación. Sin embargo, las pérdidas de plaguicidas pueden darse en otras fases (vapores, aerosoles, adhesión a partículas sólidas) y en horas o días siguientes por cambio en condiciones climáticas posteriores y se conoce como deriva "indirecta" (Epple *et al*., 2002). Ambas representan vías de acceso de los fitosanitarios a la atmósfera. También pueden ingresar a la atmósfera a través de la volatilización desde el suelo, o la superficie de la vegetación, y a través de la erosión eólica de partículas. Las características inherentes a la naturaleza química del principio activo y a las condiciones

ambientales con las que interactúan, son las que determinan finalmente su transporte y destino (Loewy, 2011). A diferencia de la información generada para otros compartimentos ambientales como suelo, agua o biota, en la Argentina son escasos los trabajos que abordan el estudio de PFs en aire.

Existen considerables incertezas alrededor de cómo calcular la exposición en relación a los residuos de PFs aerotransportados. Particularmente, el concepto de "nivel guía" se compone de directrices o pautas con objetivos voluntarios. En cambio, los estándares o umbrales pueden ser vinculantes y exigibles desde una perspectiva legal. Estados Unidos y Europa tienen valores estándares legales nacionales para la calidad del agua potable, mientras que otros países tienen sólo directrices nacionales o provinciales. Independientemente de esto, la variación entre países es muy importante. Por ejemplo, para el 2,4-D, la directriz de Canadá es 1,000 veces más alta que la directriz de la Unión Europea. En otras palabras, los canadienses pueden estar expuestos a hasta 1,000 veces la concentración de 2,4-D en su agua potable sin levantar alarmas con las autoridades pertinentes. Para el glifosato, el fitosanitario más aplicado en el mundo, la pauta de Australia es 28 veces más estricta que la correspondiente pauta canadiense, y el estándar europeo 7000 veces menor que el de USA.

El efecto de los PFs sobre las poblaciones de abeja melífera europea (*Apis mellifera*) ha sido documentado tanto por resultados nocivos de la exposición letal, como por la disminución en el rendimiento de las colmenas por exposición a dosis subletales, o indirectamente por los cambios asociados a la diversidad en los paisajes agrícolas (Chmiel *et al*., 2020). Del mismo modo, el efecto nocivo de los PFs sobre la fauna benéfica ha sido documentado sobre parasitoides y depredadores (Candolfi et al., 1999, Desneux et al., 2007). Tradicionalmente el estudio de este efecto se basó en la determinación de la dosis o concentración letal media. Sin embargo, en los últimos 15 años el análisis se amplió incorporando los efectos subletales sobre aspectos fisiológicos (bioquímica y neurofisiología, desarrollo de estados inmaduros, longevidad del adulto, inmunología, fecundidad, tasa sexual) y del comportamiento (movilidad, orientación, oviposición, alimentación y forrajeo) de los entomófagos. A través de estos efectos, los insecticidas tienden a reducir la abundancia no solo de las plagas sino también de sus enemigos naturales y otros organismos no-blanco. Una consecuencia muy conocida de estos efectos es el resurgimiento de plagas primarias y/o secundarias inducido por el impacto en los enemigos naturales (Dutcher 2007; Yang *et al.,* 2016).

Los sistemas de producción intensiva de alimentos frescos como frutas y hortalizas, aromáticas y medicinales, merecen una especial atención. Estos cultivos requieren una alta inversión en insumos externos y mano de obra por lo que se los considera motores de las economías regionales. Por otra parte, su convivencia en franjas periurbanas contribuye a la provisión de cercanía de frutas y hortalizas, factor cada vez más valorado por la reducción de costos

de transporte. Los productores periurbanos, además, se consideran potenciales custodios de los espacios verdes que rodean a los centros poblados y de los recursos naturales, siempre y cuando respeten protocolos y manejos de cultivo responsables.

El riesgo de contaminación con PFs de estas producciones varía en gran medida con el tipo de producción. Las producciones hortícolas utilizan PFs para el control de nematodos y patógenos del suelo, así como para el control de plagas y enfermedades que afectan a los órganos aéreos. El uso de fumigantes aplicados al suelo se ha reducido en los últimos años por el costo de los mismos y por la adopción de técnicas más económicas y de bajo impacto ambiental como la solarización y biosolarización. El uso de bromuro de metilo ha quedado restringido a usos críticos en algunas producciones como la frutilla (Tucumán y Mar del Plata) y tomate (La Plata, Mar del Plata). Las aplicaciones que se realizan a este tipo de cultivo de porte bajo se hacen con mochilas manuales o a motor, o con pulverizadores también manuales que utilizan picos a presión conectados a una manguera que se alimenta de un tanque, el cual se traslada o en las filas a campo. La deriva al ambiente aéreo que generan estas producciones son mínimas y en el caso de las producciones bajo cubierta queda retenida en el cultivo (65 %), el suelo (30 %), los plásticos que constituyen la cobertura y los mulchs (5 %) (Quejereta *et al*., 2012). En el caso de las producciones a campo abierto, los porcentajes son similares, aunque con un porcentaje de deriva al ambiente aéreo de un 5% (Quejereta *et al*, 2012).

En las producciones de frutales, se aplican herbicidas al suelo con equipos terrestres que pueden producir problemas de deriva secundaria afectando a la propia plantación. Las aplicaciones con máquinas provistas de turbina para prevenir enfermedades y controlar insectos plaga constituyen un riesgo de deriva que puede alcanzar al menos los 30 metros del borde del lote, aun utilizando un volumen de caldo ajustado (Barbieri, 2020). El uso de picos anti deriva puede reducir este problema. Cabe aclarar que existen cultivos frutícolas en algunas zonas productoras de la Argentina, que están amenazados por insectos vectores como *Diaphorina citri,* los cuales deben ser controlados para prevenir la presencia de HLB, una enfermedad de origen bacteriano que ha causado severos daños a la industria citrícola en el mundo. Por otra parte, los protocolos que permiten exportar a destinos como la UE, exigen pulverizaciones preventivas contra patógenos como *Xanthomonas axonopodis* pv citri, o *Guignardia citricarpa* agentes causales de la cancrosis y mancha negra de los cítricos, respectivamente.

Un punto que merece atención es la contaminación de aguas superficiales ocasionada por el escurrimiento de los PFs que llegan al suelo. La contaminación de aguas superficiales, partículas en suspensión y sedimentos debido al escurrimiento de herbicidas y sus moléculas derivadas (glifosato, AMPA, trifluralina, atrazina), insecticidas (clorpirifos, cipermetrina, cialotrina,

deltametrina, endosulfán y bifentrin), fungicidas (epiconazole, azoxistrobina) ha sido documentada en regiones donde se concentran las producciones intensivas como el cinturón hortícola platense (Mac Loughlin *et al*., 2020, 2022). También se han detectado residuos de endosulfán y estrobilurinas en pozos de agua ubicados en el cinturón hortícola de Santa Fe (Durán *et al*, 2016). Las producciones intensivas se ven afectadas por la deriva de aplicaciones con herbicidas hormonales realizadas en cultivos extensivos cercanos, que generan graves pérdidas y conflictos entre los actores involucrados.

Una parte de las externalidades negativas que puede ocasionar el uso de PFs en cultivos intensivos (impacto en la salud de operarios encargados de realizar las pulverizaciones, aparición de residuos en los productos cosechados, deriva al ambiente aéreo u otros objetivos no blanco), puede reducirse con el cumplimiento de las BPAs, obligatorias en la Argentina tanto para frutas como para hortalizas y la adopción de prácticas de manejo responsable. Como se describe en el apartado 8.1, el INTA ha desarrollado numerosas técnicas e insumos de origen biológico para reducir el impacto ambiental de los cultivos intensivos y asegurar la inocuidad de las frutas, hortalizas y aromáticas, contando con una red de especialistas distribuidos en todo el país.

6.4. Persistencia de fitosanitarios en el suelo (*carryover* y *stacking*)

Originalmente, el control de malezas por medio de herbicidas en el suelo se destinó principalmente a cultivos estivales justo antes o después de la siembra. Con el avance de las prácticas de no laboreo y el surgimiento de malezas resistentes, se modificó sustancialmente esta tendencia. Creció la utilización de herbicidas con actividad en el suelo para prevenir la emergencia de malezas ya sea para mantener largos barbechos limpios o para atacar la resistencia a herbicidas postemergentes. Sin embargo, su uso abusivo puede incrementar no solo la presión de selección de biotipos resistentes, sino también condicionar la implantación de cultivos posteriores sensibles a esos herbicidas. La aparición de cultivares tolerantes/resistentes a algunos de ellos son un paliativo, pero restringe la posibilidad de rotación de cultivos. Paralelamente, una mirada más allá del ciclo productivo anual de los cultivos nos enfrenta a las posibles consecuencias de la carga no controlada de PFs en el ambiente.

Ante el problema concreto del manejo de malezas en cultivos en grandes superficies la industria buscó desarrollar herbicidas con modos de acción alternativos y eficientes y/o cultivos resistentes a viejos herbicidas de bajo costo. Debe destacarse que a partir de la primera década de los 2000,

prácticamente la totalidad de los principios activos herbicidas comenzaron a comercializarse en forma genérica, lo que hizo crecer la oferta de formulados y mezclas.

Se ha trabajado en la técnica del "one pass", es decir un solo tratamiento (con más de un principio activo), para controlar complejos de malezas, y en la obtención de cultivos resistentes a herbicidas como glifosato, glufosinato de amonio, sulfonilureas e imidazolinonas. Este último caso resultó en una tecnología muy atractiva que explota la acción residual de ciertos herbicidas durante el periodo de barbecho o dentro de un cultivo resistente, para controlar con una única aplicación la emergencia de malezas a lo largo del tiempo. Su uso se fue generalizando, excediéndose más allá de lo indicado técnicamente, ocasionando problemas asociados a su extensa persistencia activa en ciertos ambientes.

La residualidad o persistencia depende del principio activo, características edafoclimáticas (textura, pH, MO, lluvias), especie vegetal, etc. (Weber & Lowder, 1985). Entre los factores que afectan el período de persistencia de un herbicida en el suelo están los edáficos, las propiedades químicas del herbicida, las condiciones climáticas y los procesos complejos que interactúan. Sin embargo, otro factor fundamental en este fenómeno es manejo de los herbicidas: frecuencia de aplicación, dosis, formulación, mezclas, etc. Los herbicidas son influenciados de distinta manera por estos factores descritos y existen familias químicas que son más persistentes en determinadas áreas que en otras. Esta persistencia de residuos puede restringir, condicionar y/o afectar la implantación de los cultivos siguientes en la rotación por diferentes períodos (desde días hasta años), lo cual requiere un conocimiento y cuidado particular según la región.

Esta acción residual extendida que llega a afectar futuros cultivos, se denomina *carry over* y se define como la concentración de herbicidas en el suelo que resulta fitotóxica para los cultivos siguientes. La presencia de los herbicidas o sus productos de degradación dependen de los mecanismos bioquímicos o biológicos que operan cuando entran en contacto con el suelo. Los principales grupos de herbicidas que pueden generar estos problemas son los denominados inhibidores de la enzima acetolactato sintasa (ALS) que corresponden principalmente a los numerosos herbicidas de los grupos químicos sulfonilureas e imidazolinonas y también triazolopirimidinas.

La versatilidad de uso de los herbicidas inhibidores de la ALS permite su aplicación en períodos de barbecho, en preemergencia y/o postemergencia de diferentes cultivos. En consecuencia, pueden suceder varias aplicaciones en un mismo lote durante una misma campaña agrícola. Esta práctica, ampliamente difundida en rotaciones de cultivos invernales y estivales, básicamente apunta al control de malezas de difícil manejo. Las aplicaciones en secuencia pueden causar la acumulación de residuos herbicidas en el

suelo (no perceptible en el ciclo anual), incrementando los daños o reduciendo gradualmente los rendimientos potenciales de los cultivos a lo largo de los años. El problema, conocido como acumulación o "*stacking*", se ha reportado previamente en cultivos extensivos y hortícolas en otras partes del mundo y comienza a ser evidente en algunas situaciones que merecen estudiarse más detenidamente. Esta externalidad por el empleo indiscriminado de ciertos herbicidas condiciona la productividad de nuestros suelos. Una vez más queda claro que el uso y recomendación de empleo de los herbicidas, como de cualquier PF, debe estar rigurosamente supervisado profesionalmente.

6.5. Desarrollo de resistencia

La protección duradera de los cultivos es un componente esencial de la seguridad alimentaria actual y futura. Sin embargo, la eficacia de los plaguicidas se ve amenazada por la evolución de patógenos, malezas e insectos plagas resistentes. Los plaguicidas son en su mayoría compuestos sintéticos novedosos y, sin embargo, las especies de destino a menudo pueden desarrollar resistencia poco después de la introducción de un nuevo compuesto (Hawkins *et al*., 2018).

La resistencia es una característica de fundamento genético que permite a un organismo sobrevivir a la exposición con una dosis de un PF que normalmente podría resultar letal. Los genes de resistencia ocurren naturalmente en plagas individuales y se diseminan a través de las poblaciones de plagas debido a un proceso de selección provocado por el uso repetido del plaguicida. Las poblaciones resistentes se desarrollan debido a que los individuos resistentes sobreviven y se reproducen posteriormente, y el rasgo de resistencia es "seleccionado" en la siguiente generación, mientras que los individuos susceptibles son eliminados por el tratamiento químico. Si se continúa con el tratamiento, el porcentaje de sobrevivientes aumentará y la susceptibilidad de la población declinará hasta un punto que el plaguicida no proporcionará un aceptable nivel de control. Es decir que, las medidas de control que imponen alta tasa de mortalidad en las poblaciones plaga y que se aplican con alta frecuencia, pueden inducir a la evolución de resistencia, especialmente si se aplican como única medida de manejo. Como consecuencia de un proceso sostenido de evolución de resistencia, muchos PFs perdieron su efectividad.

Desde la ecología teórica y empírica se han desarrollado varias estrategias para manejar la evolución de la resistencia para muchos PFs liberados a lo largo de las décadas (Sudo *et al*., 2017). A pesar de la disponibilidad de una amplia variedad de fungicidas, el control de las principales enfermedades depende en gran medida de solo unas pocas clases químicas debido a problemas de eficacia o residuos, lo que lleva a una alta presión de selección de resistencia (Hu y Chen, 2021). La tasa de aparición de poblaciones de

hongos resistentes ha sido aumentando continuamente a nivel mundial desde la década de 1980, lo que representa una grave amenaza para la sostenibilidad de la agricultura y rentabilidad (Fisher *et al*., 2018).

A escala mundial las especies de malezas están acumulando mecanismos de resistencia, mostrando múltiples resistencias a muchos herbicidas y planteando un gran desafío para la sostenibilidad de los herbicidas en la agricultura mundial (Powles y Yu, 2010). En la Argentina el consumo de herbicidas crece año a año prácticamente desde los 90´, por el mayor uso no solo de glifosato, sino de productos que van surgiendo para el control de malezas emergentes no controladas por este fitosanitario, como resultado del cambio de flora. Malezas que antes eran controladas se hicieron resistentes y, a su vez, algunas también comenzaron a manifestar resistencia a productos que surgieron como alternativos. Las primeras señales de alerta surgieron a partir del incremento del área del cultivo de soja y la aparición de herbicidas muy efectivos de amplio espectro intensificando la presión de selección. En 1996 apareció el primer caso de resistencia en la Argentina dado por "yuyo colorado "resistente a imidazolinonas en el cultivo de soja (Tuesca y Nisensohn, 2001), hecho que se minimizó por la aparición casi simultánea y uso masivo de soja resistente a glifosato (RR). Esta solución como receta única solo fue temporal, ya que la resistencia de poblaciones de sorgo de Alepo del NOA a glifosato pasó a ser el caso emblemático de la problemática de la resistencia de malezas y su dramático impacto en el modelo agrícola vigente. El incremento de herbicidas alternativos quizás sin los debidos estudios previos para mitigar el problema de resistencia aumentó el problema. Es muy frecuente la aparición de biotipos resistentes a glifosato que suman resistencia y tolerancia a otros herbicidas con diferentes sitios de acción (resistencia apilada). En la actualidad en la Argentina hay registrados 29 biotipos de malezas resistentes a diferentes herbicidas a partir de las siguientes especies: *Amaranthus hybridus* (syn: quitensis), *Sorgo halepense*, *Lolium perenne* ssp. *multiflorum*, *Lolium perenne*, *Cynodon hirsutus*, *Raphanus sativus*, *Echinochloa colona*, Avena *fatua*, *Eleusina índica*, *Conyza bonariensis*, *Brassica rapa* (=*B. campestris*), *Hirschfeldia incana*, *Digitaria insularis*, *Amaranthus palmeri*, *Digitaria insularis*, *Bromus catharticus*, *Urochloa panicoides*, *Carduus acanthoides*, Echinochloa crus-galli var. *crus-galli*, *Salsola trago*.

La velocidad con la que la resistencia a uno o más herbicidas evoluciona, es función directa de la magnitud de la presión de selección ejercida, y ésta depende de la eficacia, de la residualidad y de la especificidad del herbicida; pero también influyen fuertemente factores vinculados al manejo como la dosis, la frecuencia de uso y la complementación con otros métodos de control no químicos (Duke, 1996). Las rotaciones de herbicidas de diferente modo de acción o la mezcla de herbicidas con distintos modos de acción son prácticas imprescindibles para prevenir la resistencia ya que reducen la presión de selección ejercida sobre las poblaciones de malezas. No todos los

herbicidas generan la misma presión de selección, siendo ésta una característica intrínseca del grupo. El conocimiento del herbicida, su espectro, oportunidad de uso y su funcionamiento, así como de la bioecología de las malezas son detalles claves para prevenir la resistencia; además, la utilización de las dosis correctas (recomendada en el marbete) es fundamental, ya que la sobre o sub-dosificación contribuyen al incremento de la presión de selección. La integración armónica y debidamente programada de métodos químicos de control con métodos no químicos (Manejo Integrado de Malezas) es una práctica estratégica a la hora de minimizar la evolución de resistencia a herbicidas y preservar así la utilidad práctica y económica de herramientas que, por ahora, son relativamente escasas y difícilmente sustituibles.

7. Factores que agudizan el conflicto asociado a los productos fitosanitarios

En la presente sección se desagregan las diferentes causas que conducen o contribuyen a que los conflictos por el uso de PFs se intensifiquen. No obstante, es oportuno señalar un factor que antecede a la consideración de las condiciones de uso y del contexto agroambiental en los que se inserta el empleo de los PFs: la disponibilidad de opciones. En un análisis simplificado, esta cuestión puede plantearse en dos planos muy diferentes, determinados por el paradigma productivo que se asuma. Desde la perspectiva de la agroecología, una franja del sector sostiene el argumento de una producción cuanto menos aceptable sin recurrir a los fitosanitarios, asumiendo ciertos niveles de riesgo de disminución de producción y/o calidad. En este encuadre, las opciones de manejo abarcan desde el uso de herramientas tácticas sin uso de productos de síntesis, hasta estrategias de producción diversificada y de integración de agricultura con ganadería. Por otra parte, desde una perspectiva que no descarta de plano el uso de PFs, la idiosincrasia del sector determina que las opciones de manejo deben resultar comparables en practicidad, viabilidad operativa y relación costo-beneficio económico.

7.1. Inherentes al manejo de los productos

El empleo de tratamientos no registrados o "desvío de uso" es un tema relevante, ya que la práctica de aplicación de un fitosanitario debe estar sustentada por el registro de ese producto para su uso en ese cultivo (o situación) y en esa plaga, las dos condiciones "*sine qua non*". Sin embargo, en el terreno de la práctica agronómica emergen alternativas de manejo químico más eficientes (biológica o económicamente) que las registradas oficialmente, surgiendo el conflicto entre lo legal y lo que se tiende a hacer. Se esgrimen diferentes razones por parte de las empresas (dueñas de los fitosanitarios) para

este registro limitado respecto al uso real o potencial de los mismos. Alguno de ellos es que la mayoría de los principios activos han perdido la exclusividad de comercialización (vigencia de patentes), por lo tanto ninguna es propietaria exclusiva. El registro también incluye hacerse cargo de eventuales reclamos ante la falla del resultado garantizado por el registro.

Queda claro que el tema de restricciones por cuestiones toxicológicas o contaminación para el uso o registro no es discutible.

El INTA ha participado junto al SENASA proponiendo alternativas con el involucramiento de asociaciones de productores u organismos relacionados con la producción, demandantes de esos registros. Uno de los temas más críticos son los cultivos menores, que incluyen principalmente los hortícolas, donde el registro es muy escaso y, por ser intensivos, existe gran demanda de tratamientos específicos. Esto opera para otros cultivos como colza, vicia, centeno, entre muchos, cuyo mercado de fitosanitarios es muy reducido y por lo tanto poco atractivo comercialmente. Sin embargo, también existe esta demanda para cultivos extensivos, quizás no tanto a la falta de principios activos, sino de mezclas y posicionamiento del uso que resultan más eficientes que los registrados. Sobre esta problemática el SENASA (2018) dictó una Resolución (829-2018, Anexo II), por la que sólo se aceptarán ampliaciones de uso en cultivos menores de productos formulados cuyos principios activos se encuentren previamente inscriptos en el Registro de Terapéutica Vegetal, y sólo para aquellos usos particulares para los cuales no existan alternativas vigentes registradas.

También el SENASA puede, y lo ha hecho en alguna oportunidad, ante la irrupción de una plaga devastadora no conocida en el país, pero si en el extranjero, habilitar el uso específico de algunos fitosanitarios registrados y probados por otros organismos reguladores equivalentes del exterior.

Es un tema vigente al que debe prestarse atención, sobre todo para los casos de diversas mezclas, por las posibles implicancias en la calidad del producto obtenido relacionado con la salud y el comercio exterior (medidas para-arancelarias). También se debería considerar el conocimiento, criterio e incumbencia del Ing. Agrónomo para la definición de los tratamientos.

7.2. Inherentes al uso del suelo en los territorios y a la percepción social

Las tendencias mundiales y regionales en materia de crecimiento de las ciudades colocan a la problemática de la urbanización en un lugar destacado de la agenda pública. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), más de un 54 % de la población mundial vive en ciudades, y se espera

que para el año 2045 la población urbana alcance los 6 billones de personas, lo que representa al 66 % de la población mundial (Naciones Unidas, 2015).

Argentina es uno de los países más urbanizados del mundo y el segundo en América Latina, con una población urbana que alcanza el 92 % del total. Esta cifra está muy por encima de la media mundial (54%) y por encima de la media de Europa (75%), de Estados Unidos (82,2%) y de la propia región de la que forma parte (83%) (CEPAL, 2017). La urbanización es un proceso ascendente; en 2001 este valor era inferior al actual con 89%. Este rápido y generalizado proceso genera cambios en los usos y coberturas de los suelos naturales (bosques, matorrales y humedales), agrícolas y forestales, deteriorando el estado y funcionamiento ambiental de estos territorios (Romero y Vásquez, 2005).

El concepto de periurbano se refiere a zonas de transición en cuyo espacio se desarrollan actividades propias tanto de territorios rurales como urbanos, con tensiones en modos de uso del suelo. Allí se realiza la agricultura urbana y periurbana, que aporta productos frescos a las ciudades, asociada a situaciones complejas por tenencia de tierra, disponibilidad de agua y competencia por el uso de recursos. Además, se vincula con la agricultura familiar, en la cual las unidades domésticas y productivas están integradas.

Las zonas periurbanas se han caracterizado por ser un territorio en tensiones crecientes, entre los habitantes residentes, nuevos pobladores de barrios cerrados o de planes habitacionales, productores tradicionales dedicados a la ganadería, el tambo, las actividades hortícolas y a los cultivos extensivos, y a los nuevos productores agrarios (inversionistas). Entre ellos se establecen alianzas y disputas en torno a la utilización del espacio y el usufructo de los bienes comunes (agua, suelo, aire, biodiversidad). Los oasis de riego, o los territorios de zonas áridas o semiáridas altamente dependientes de aguas superficiales o subterráneas, son territorios configurados por disputas y tensiones por el uso del agua.

En las zonas periurbanas, una de las tensiones sociales más importantes, deriva de la utilización de productos fitosanitarios. Esta problemática comienza a tener algún grado de visibilización en la década del ´70 por de la utilización del 2, 4, 5 T y de intoxicación con el insecticida Paratión entre productores y trabajadores algodoneros en las provincias de Chaco, Formosa y Santiago del Estero. Sin embargo, recién a partir del 2000, estos problemas se magnificaron y tomaron estado público. Diversos factores permiten explicar este proceso; la consolidación del uso de semillas transgénicas asociadas al uso de herbicidas; el difuso borde en la interfase urbano-rural; la comunicación masiva de casos de intoxicación sufridos en zonas aledañas a las aplicaciones de productos fitosanitarios; la aparición de colectivos ambientalistas; etc.

La aparición de enfermedades con un posible vínculo a los PFs, han originado diferentes acciones colectivas de denuncias de diferente tipo. Pero, la falta de planes de monitoreo epidemiológicos integrales, impide cuantificar el problema desde una perspectiva científica (Souza Casadinho, 2010). En este sentido, la sociedad a través de diferentes vías, demanda el establecimiento de un adecuado sistema de monitoreo de las actividades agropecuarias y en particular sobre el uso de productos fitosanitarios, para el control del cumplimiento de normativas vigentes. La necesidad de actualizar y crear nuevas normas o regulaciones, basadas en evidencia técnica y científica es imprescindible para dirimir conflictos territoriales y dar soluciones con equidad.

Además de la correcta formulación y aplicación de normativas o regulaciones, es necesario ampliar el conocimiento y fomentar el desarrollo de sistemas productivos basados en procesos ecológicos y la utilización de tecnologías apropiadas. En este caso, quizás sea necesario establecer un régimen de estímulos diferenciados, destinado a promover emprendimientos y proyectos vinculados a la producción basada en procesos ecológicos y con bajos contenidos de productos de síntesis química (Souza Casadinho, 2010).

Por otra parte, para la toma de decisiones es importante contar con un abordaje socio-ambiental sistémico, que contemple la percepción e intereses de todos los actores involucrados en el territorio (productores, pobladores rurales y urbanos, entre otros) que valore las diferentes posiciones de cada uno de ellos dentro de un marco de pluralidad. Este tipo de abordaje es incompleto y escaso en nuestro país (Moltoni, 2018; Bonilla Caballero, 2019; Montedoro y Butinor, 2019). Sin duda, este ejercicio conlleva propuestas de abordaje y acciones diferentes dentro de una estructura democrática, sobre la base del conocimiento científico actualizado disponible, el complimiento de las leyes y normativas del Estado Nacional, Provincial y Municipal. En este contexto, el Estado a través de sus instituciones públicas, tiene un rol central en promover el cuidado del ambiente.

7.3. Inherentes a la educación y la comunicación

Si se asume que parte de la solución a los conflictos de intereses entre distintos actores de la sociedad es el cambio de hábitos de todo el conjunto, la educación es la llave que permitirá en el largo plazo modificar los aspectos socioculturales que rigen la conducta de esa comunidad. Muchos conflictos son originados generalmente por falta de información o el sesgo con que es utilizada. La sensibilización, la información y la educación de la población son instrumentos fundamentales para la prevención y solución de esos conflictos.

Mantener informado al público en general es imprescindible para ubicar a los ciudadanos en un marco real que permita superar las posiciones interesadas.

Esta tarea puede realizarse utilizando los canales formales y no formales de educación y los medios de comunicación, con el compromiso de las instituciones, entidades sectoriales y organizaciones sociales presentes en el territorio.

La capacitación debería llegar a todos los actores sociales. Niños, adolescentes, jóvenes, adultos, productores y consumidores deben ser objeto de los programas educativos que aborden la importancia de alimentos inocuos para una alimentación sana, el cuidado del ambiente y la sustentabilidad de los sistemas de producción.

El aplicador de PFs es corresponsable de los resultados de las aplicaciones, conjuntamente con el productor y el asesor profesional. Todos ellos deben conocer el riesgo de la actividad para su salud y la de la población, entender la inocuidad de los alimentos y el cuidado del ambiente.

Los decisores políticos y legisladores, responsables de la ejecución política y la acción legislativa, deberían participar de programas de actualización permanentes sobre estos aspectos para disponer de elementos que nutran los argumentos para la formulación y aplicación de las políticas públicas.

La exitosa comunicación del riesgo asociado al uso de los fitosanitarios necesita mensajes claros. Los comunicadores deben generar confianza centrándose en los beneficios, sin ignorar las incertidumbres. El objetivo es influir en el comportamiento humano con métodos de comunicación de riesgos ilustrativos y orientados a la acción, no con informes extensos y exhaustivos. La comunicación de riesgos exitosa debe reconocer que la percepción del riesgo es una parte esencial del manejo del riesgo en la sociedad, y tiene una fuerte influencia en cómo una sociedad enfrenta la incertidumbre y la ambigüedad. Los comunicadores de riesgos ponen los riesgos en contexto, incluyen diferentes perspectivas sobre cómo interpretar los resultados de la evaluación de los mismos y se centran en mensajes de empoderamiento orientados a los beneficios. Lo que es más importante, la comunicación de riesgos tiene que mostrar los límites entre lo que es posible, probable, seguro o definitivamente incorrecto o absurdo. Lo peor que podría pasar sería que la gente crea que las evaluaciones de riesgo son arbitrarias y que sus resultados dependen de quién las financia (Keulemans *et al*., 2019).

8. Contribuciones del INTA en investigación y desarrollo

8.1. Estrategias de manejo de cultivos para reducir el uso de productos fitosanitarios

El INTA tiene una dilatada trayectoria en el desarrollo de estrategias para hacer frente a las adversidades bióticas que afectan la productividad y calidad de los cultivos, edificada especialmente en los planes de trabajo que tuvieron gran impulso a partir de la iniciativa institucional de gestionar una sólida capacitación internacional de sus profesionales entre finales de la década del 70 y la década del 80. Desde entonces, la investigación, desarrollo y extensión siguieron los preceptos del Manejo Integrado de Plagas, pregonando la diversificación de tácticas y su articulación, el monitoreo y la toma de decisiones especialmente apoyada en el concepto de umbral de daño económico, particularmente para el manejo de artrópodos problema, o por otros criterios de balance costo/ beneficio.

En una fase inicial, los pilares de trabajo del INTA fueron el desarrollo o adaptación de protocolos de monitoreo; la determinación de condiciones de umbral o criterios para racionalizar el control químico; ajuste de prácticas culturales, como el recurso a tácticas de evasión manejando las fechas de siembra para evitar picos poblacionales o de incidencia; la obtención de variedades resistentes o tolerantes a las plagas por mejoramiento clásico, la identificación y estudios de agentes de control biológico promisorios, así como la evaluación del control biológico clásico tras los debidos análisis de riesgo, o la opción de control biológico por aumentación. Esta primera etapa en el desarrollo de estrategia de MIP se implementó en los principales cultivos extensivos, destacándose los trabajos en trigo, maíz, girasol, sorgo y luego soja; cultivos industriales, con especial foco en algodón; pasturas, con el cultivo de alfalfa como estandarte; frutales de pepita, carozo y cítricos y hortalizas.

En lo que puede considerarse como un salto de crecimiento del campo temático de la protección vegetal en INTA, convergieron la ampliación sustancial del abanico de cultivos y por consiguiente del rango de plagas que comenzaron a estudiarse y la emergencia de un número creciente de disciplinas y subdisciplinas tributarias de nuevos conocimientos y desarrollos. A continuación, se describen los más relevantes

En relación al desarrollo de conocimientos y herramientas para el manejo de enfermedades de cultivos, el INTA ha generado productos de gran interés. Estos incluyen la caracterización biológica y molecular de numerosos patógenos (hongos, virus y bacterias) así como también estudios epidemiológicos en diferentes sistemas productivos. En algunos casos se han desarrollado sistemas de pronóstico para enfermedades. La determinación de las bases moleculares de la interacción planta-fitopatógenos, caracterización de genes vinculados a la patogenicidad aportan a la comprensión de los patosistemas. También cabe destacar el desarrollo de herramientas útiles para el estudio de patosistemas de interés y métodos para agilizar procesos de mejoramiento vegetal para obtener variedades resistentes a fitopatógenos. El mejoramiento vegetal para obtener variedades resistentes a plagas se nutrió de métodos que permitieron no sólo ampliar la paleta de fuentes o mecanismos

de resistencia, sino también acelerar el proceso. La biotecnología experimentó un auge notable, contribuyendo al desarrollo de resistencia a artrópodos y a enfermedades. Asimismo, se avanza actualmente en el desarrollo de estrategias de manejo de enfermedades de plantas basadas en el uso de moléculas inductoras de inmunidad.

El diagnóstico de enfermedades en cultivos vegetales es un eje de relevancia por su aporte en la investigación, la toma de decisiones de manejo y la vigilancia sanitaria. Los métodos abarcan antisueros, métodos basados en PCR, caracterización genética y biológica de patógenos de importancia agrícola. Los métodos de diagnóstico se han desarrollado en diferentes cadenas de valor y tipos de fitopatógenos, incluyendo hongos, viroides, bacterias y fitoplasmas. El INTA cuenta con laboratorios de diagnóstico y producción de material de sanidad controlada de diferentes cultivos hortícolas, cereales y frutales. Estos desarrollos contribuyen a la certificación sanitaria y a manejar problemas sanitarios sin uso de fitosanitarios de síntesis.

En la última década, la investigación para el desarrollo de estrategias de MIP de artrópodos plaga ha incluido diversos rumbos. Como se menciona en el punto 8.5., se ha avanzado en la prospección y uso de agentes macro y microbianos de control biológico que en algunos casos se transfieren al sector privado. Otras tácticas en las que se está trabajando incluyen el control biológico por conservación a través de manejo de hábitat que favorecen la supervivencia y reproducción de enemigos naturales y al desarrollo de repelentes específicos en base a investigación en ecología química. El control biológico de plagas surge, así como una herramienta sostenible en el tiempo, y hacia donde las empresas exportadoras tienden a dirigirse debido a las crecientes restricciones al uso de fitosanitarios de síntesis para minimizar el impacto de las plagas.

Los bioinsecticidas a base de extractos vegetales, con algunos resultados incipientes y promisorios, van emergiendo como una herramienta de manejo de bajo impacto ambiental. El trampeo masivo se ha implementado como otra medida de manejo.

El INTA construye conocimiento que apunta a mejorar la implementación de la Técnica del Insecto Estéril. Ésta constituye una estrategia de manejo que en la actualidad se aplica en los oasis de producción de frutales en Cuyo. Consiste en la liberación masiva de machos estériles de la mosca de los frutos, conduciendo a una disminución substancial de la reproducción y por consiguiente de los niveles poblacionales de la plaga, contribuyendo de este modo a disminuir sensiblemente el uso de PFs de síntesis.

El desarrollo y adopción de las técnicas de solarización, biofumigación y biosolarización han contribuido a la reducción del uso de fumigantes químicos en los cultivos bajo cubierta. Esta última técnica además contribuye a la economía circular por permitir el uso de residuos locales y a la

degradación de plaguicidas acumulados en el suelo. El uso de portainjertos resistentes complementa las técnicas anteriores, y contribuye además a la resistencia de estrés de origen abiótico como la salinidad. El desarrollo del cultivo sin suelo también es una alternativa para el manejo de enfermedades ocasionadas por patógenos del suelo, permitiendo además producir en ambientes donde este recurso no está disponible por distintas razones.

El impacto de las malezas en la producción agrícola actualmente ocupa un lugar de alto nivel de atención, especialmente por el veloz incremento de biotipos resistentes a diferentes herbicidas, a partir del primer caso detectado en 1996. Este proceso activó una variedad de líneas de investigación que por un lado buscan resolver el problema con nuevas combinaciones de herbicidas y por el otro apuntan a desarrollar estrategias para mitigar las causas. En línea con el primer abordaje, se han desarrollado evaluaciones de control de biotipos con resistencia a herbicidas en cultivos de arroz, soja, maíz, sorgo, pasturas, verdeos de invierno y campo natural. En el segundo encuadre, se conducen numerosas investigaciones en diferentes regiones del país, para avanzar en la estrategia de cultivos de servicios como forma de disminuir sensiblemente la tasa de germinación, emergencia y crecimiento de malezas. A modo de ejemplo, cabe mencionar los ensayos de larga duración sobre especies puras y mezclas para evaluar las mejores opciones de cultivos de cobertura, integrada a sistemas de cultivo de arroz, soja, maíz, sorgo y su combinación con pasturas para actividades ganaderas. Por otra parte, se realizan estudios para evaluar la habilidad competitiva de variedades de cultivos como táctica para disminuir el impacto de las malezas. Estas diferentes tácticas contribuyen a disminuir el empleo de herbicidas. Además, el INTA fue pionero en estudiar la residualidad de herbicidas que afectan a cultivos que siguen en rotación y alerta sobre este aspecto desde principios de los 2000.

8.2. Prácticas agrícolas para reducir las fugas de productos fitosanitarios del agroecosistema

Existen diversas prácticas, individuales o combinadas que se consideran una forma viable para prevenir y/o reducir la fuga difusa de contaminantes, tales como el movimiento de productos fitosanitarios desde el área de aplicación hacia cuerpos de agua superficiales, agua subterránea, suelo, aire y biota (Loehr, 2012).

Rotación de cultivos. Las rotaciones de cultivos y los cultivos de cobertura se encuentran entre las principales y más reconocidas BPAs para reducir la erosión eólica, hídrica y reducir el escurrimiento superficial, y por lo tanto minimizar las fugas de contaminantes que pudiesen ocurrir a través de dichos procesos. Estudios realizados por Sasal et al. durante cinco años a escala de

parcelas en Paraná, Entre Ríos, han revelado que en años con precipitaciones normales (1000 mm), el monocultivo de soja pierde por escurrimiento aproximadamente cuatro veces más agua que la rotación con maíz y trigo y aproximadamente ocho veces más que una pastura. Además, la minimización del escurrimiento tiene efecto directo sobre la reducción en las pérdidas de nutrientes y fitosanitarios hacia cursos de agua superficiales.

Cultivos de cobertura. La inclusión de cultivos de cobertura (CC) intermedios a los cultivos de cosecha constituye una alternativa para mejorar la cobertura del suelo, reduciendo a su vez las pérdidas de agua por escurrimiento y de suelo por erosión, secuestro de nutrientes/contaminantes, provisión y/o liberación de nitrógeno, producción de forraje (Ramírez-García *et al*., 2015) y supresión de malezas (Rueda-Ayala *et al*., 2015). En un estudio realizado en Entre Ríos, en parcelas de escurrimiento bajo lluvia natural con diferentes secuencias de cultivo, se determinó en monocultivo de soja un escurrimiento acumulado 45 % superior respecto a soja continua con trigo como CC otoño-invernal. El CC redujo la concentración media de glifosato y AMPA en el agua escurrida, resultando 27 % y 35 % inferior al monocultivo, respectivamente. En esta situación, el escurrimiento produjo la pérdida del 5,1 % de la cantidad de glifosato aplicada (Sasal *et al*., 2012). Otros antecedentes se relacionan con el uso de CC para la supresión del establecimiento de malezas (Montoya *et al*., 2015, Ustarroz *et al*., 2020)

Prácticas de conservación de suelo. La sistematización de tierras y la siembra directa (SD) son conocidas como prácticas de conservación de suelo. La primera permite controlar la velocidad del escurrimiento del agua de lluvia. Por su parte, la protección de la superficie del suelo con rastrojos, así como la ausencia de labores de remoción del suelo, hacen de la SD una herramienta para minimizar la erosión hídrica y las pérdidas de nutrientes y fitosanitarios asociados (Oszust *et al*., 2014).

Momentos de aplicación. El período entre momento de pulverización y eventos de precipitaciones constituye otra de las estrategias de minimización de pérdidas de fitosanitarios. En lisímetros y parcelas de escorrentía se comprobó que lluvias inmediatamente posteriores a las pulverizaciones (1 a 3 días) pueden generar pérdidas de glifosato por lixiviación y escurrimiento (Sasal *et al*., 2010, 2015; Oszust *et al*., 2015).

Se ha demostrado que el fósforo compite con el glifosato en el proceso de adsorción al suelo, favoreciendo el arrastre por escurrimiento hacia cursos de agua superficial. Así, la combinación de la práctica de fertilización fosforada y la aplicación de glifosato aumentan significativamente las pérdidas del herbicida por escurrimiento, que se incrementan cuando ocurre un evento de precipitación próximo a la fecha de pulverización. Se han determinado pérdidas en el agua de escurrimiento del orden del 28 % del glifosato aplicado a causa de la aplicación conjunta de fertilización fosforada y pulverización con

el herbicida. Estas pérdidas resultaron 2,5 veces inferiores cuando solo se aplicó glifosato, reduciéndose aún más a medida que transcurrieron los días entre la aplicación y la lluvia (Sasal *et al*., 2015).

Zonas de resguardo: elementos lineales con vegetación natural del paisaje y franjas ribereñas. La adopción de elementos lineales o barreras vivas se plantea como una tecnología de mitigación de procesos de erosión hídrica y contaminación de aguas superficiales. Éstos ofrecen protección a cuerpos de agua y áreas pobladas, funcionando como filtro o barrera de sedimentos, nutrientes (Darder *et al*., 2016) y fitosanitarios que llegan por escurrimiento y son retenidos parcial o totalmente (Giaccio et al., 2016; Giaccio et al., 2017, Giaccio et al., 2019). También pueden mitigar los efectos de deriva, y favorecer el depósito de compuestos volátiles o adheridos a partículas sólidas.

Cortinas vegetales como estrategia para mitigar la pérdida de fitosanitarios por deriva de gota. Las cortinas forestales son plantaciones de árboles y arbustos en líneas simples o múltiples con el objetivo de alterar el flujo de viento y el microclima alrededor de cierta superficie. Pueden diseñarse para funcionar como barrera y permitir a la vez la obtención de subproductos. Tanto las características de la especie vegetal empleada como el espesor de la cortina son fundamentales para el buen funcionamiento de la misma. Bien diseñadas y manejadas, pueden ser una herramienta confiable frente a la deriva de agroquímicos (Oberschelp *et al*., 2020). Las cortinas forestales suelen ser las más adecuadas debido a que el viento es el principal factor ambiental involucrado (Copes, 2016).

Fitorremediación de suelos. La fitorremediación es una técnica mediante la cual se utilizan plantas y su microflora asociada para la remoción, degradación o estabilización *in situ* de contaminantes en aguas, suelos o sedimentos. Por ejemplo, un trabajo preliminar y exploratorio demuestra que cepas de *B. ubonensis* y *B. territorii*, presentes en la rizosfera de cultivos tratados con fomesafen, podrían mejorar el uso extensivo de fomesafen, ayudando a reducir su residualidad en el campo (Sarán *et al*., 2021). Otros ejemplos se relacionan con el uso de esta tecnología para remediar suelos contaminados con glifosato (Massot *et al*., 2016).

Realizar la carga y limpieza de equipos sobre Camas Biológicas o Biobeds: En caso de que ocurran derrames accidentales durante la carga del producto fitosanitario o el lavado del equipo, estas estructuras conformadas por una biomezcla tienen la capacidad de retener y degradar derrames de fitosanitarios.

Enjuague de envases vacíos, utilizando la técnica del triple lavado o la de enjuague a presión al momento de la carga del producto fitosanitario reducen la llegada de producto a organismos no blancos y matrices no deseadas.

8.3. Monitoreo ambiental

El deterioro del ambiente agropecuario puede no resultar evidente si no hay mediciones, utilización de indicadores o estudios científicos que lo acrediten. En función de esta característica, prevalece la percepción más o menos informada que diferentes actores tienen sobre la magnitud del impacto ambiental que genera el uso de PFs y que, en general, entran en conflicto. En este marco, coexisten usuarios y damnificados y se evidencian alteraciones en la calidad del ambiente, reglamentaciones infundadas y participación pública que no se traduce en prácticas menos contaminantes. Este debate por la afectación de los plaguicidas en la calidad de vida trasciende fronteras, se está dando simultáneamente en todos los países con producción agrícola y está contemplado en varios de los objetivos para el desarrollo sostenible de Naciones Unidas.

El INTA ha dado marco e instrumentos para generar conocimientos científico-tecnológicos en gestión ambiental agropecuaria en los últimos 25 años. El recorrido inició en las primeras líneas de abordaje de contaminación de suelos, aguas y biodiversidad por agroquímicos en sistemas pampeanos a fines de la década de 1990, luego la creación de las Áreas Estratégicas de Gestión Ambiental y RRNN en 2006, posteriormente la conformación de 3 Programas Nacionales de RRNN, Suelos y Aguas (2013) y hoy integrados en Programa de RRNN, Gestión Ambiental y Ordenamiento Territorial ha potenciado la capacidad de respuesta del INTA.

Se han propuesto una serie de métodos basados en la definición de índices o indicadores que permiten valorar diferentes estrategias de manejo de cultivo en materia de fitosanitarios frente a las demandas de cuidado ambiental cada vez más exigentes y necesarias. Por otra parte, son una herramienta de planificación de las estrategias de manejo y selección de fitosanitarios. Los indicadores de riesgo son considerados como instrumentos útiles con el fin de reducir al mínimo los impactos de los plaguicidas colaborando en la toma de decisiones y la formulación de políticas. En este sentido, el INTA viene trabajando con indicadores ambientales que permiten la caracterización de la vulnerabilidad de los acuíferos (Montoya *et al*., 2020) y el impacto ambiental de los sistemas de producción regionales en diferentes modelos de producción (Montoya *et al*., 2020).

8.4. Productos fitosanitarios de mejor perfil ambiental y toxicológico

Un fitosanitario ambientalmente ideal debería cumplir con el concepto de acción restringida; es decir afectar y controlar sólo a la plaga objetivo. Además, no desplazarse fuera del sitio de aplicación (ej. suelo, follaje) y

degradarse en compuestos no tóxicos e inocuos para el medio ambiente. Conocer las características de los fitosanitarios permite la optimización de su uso y el empleo estratégico. Las propiedades fisicoquímicas de los fitosanitarios en interacción con los factores ambientales definen su destino en el ambiente y su comportamiento tóxico sobre las adversidades bióticas de interés agronómico.

El estudio de la química ambiental y el comportamiento agronómico que incluye el conocimiento de la retención, persistencia y distribución de plaguicidas de uso agrícola en el ambiente ha sido abordado por diferentes trabajos de investigación del INTA que incluye suelos de diferentes regiones agroclimáticas. Trabajos relacionados con la retención de atrazina (Montoya *et al*., 2006), glifosato (Rampoldi *et al*., 2014a, b), sulfonilureas (Azcarate *et al*., 2014, 2015) e imizadolinonas (Porfiri *et al*., 2015) son algunos ejemplos.

En la actualidad INTA participa de proyectos nacionales e internacionales de monitoreo de PFs en diferentes matrices ambientales (PITES, 2021, SPRINT, H2020).

8.5. Bioinsumos

El INTA ha desarrollado diversos bioinsumos que aportan directa o indirectamente a la sanidad vegetal, incluyendo macrocontroladores biológicos, bioplaguicidas y promotores de crecimiento que confieren mayor tolerancia a las adversidades bióticas. Estas herramientas constituyen una alternativa al empleo de PFs de síntesis y presentan una marcada dinámica de crecimiento, aunque todavía representan una porción marginal del mercado de insumos para la producción agrícola.

Es oportuno mencionar algunos casos ejemplificantes. Se generaron productos en base a macroorganismos entomófagos para el control biológico de plagas como la chinche predadora *Tupiocoris cucurbitaceus* para ser aplicada en el cultivo de tomate mediante estrategias de control biológico aumentativo. También debe destacarse el parasitoide *Cleruchoides noackae*, utilizado en el control clásico de la chinche del eucalipto, luego de un proceso que incluyó su cuarentena para cumplir con estándares de bioseguridad, liberaciones confinadas, liberaciones abiertas y evaluación de recobro, establecimiento y nivel de parasitismo. Deben mencionarse también las experiencias piloto de cría masiva de los parasitoides *Tamarixia radiata* y *Goniozus legneri* que ejercen control biológico del vector del HLB en cítricos y de *Cydia pomonella* (polilla de la manzana), respectivamente.

Entre los bioinsecticidas, cabe destacar el baculovirus para el control de la polilla de la manzana, registrado comercialmente. Asimismo, se ha avanzado en la prospección y caracterización de otros agentes entomopatógenos que afectan a insectos plaga. Para hacer frente a enfermedades causadas por

hongos, se ha desarrollado un biofungicida en base a una cepa nativa de *Trichoderma harzianum* como curasemilla para trigo y cebada, hongo que controla diversas enfermedades fúngicas. Se avanza en la selección de cepas locales de *Trichoderma* y de bacterias promotoras del crecimiento para ser utilizadas en cultivos hortícolas. Recientemente se registró para su uso en soja y arroz, también bajo licencia INTA. Otro desarrollo con actividad biofungicida está basado en cepas nativas de *Pseudomonas* para el control de hongos de suelo que afectan al arroz.

El INTA supo tener también grupos y experiencias relacionadas con el desarrollo de bioherbicidas para el combate de malezas, pero lamentablemente estos trabajos se vieron truncados en la década del 90.

Parte de la oferta tecnológica del INTA relacionada con bioinsumos para la protección vegetal puede encontrarse en el siguiente enlace: https://www.argentina.gob.ar/inta/tecnologias/bioinsumos. Asimismo, se recomienda la lectura del trabajo de Starobinsky et al. (2021) en el que se presentan las capacidades científico-tecnológicas disponibles en la Argentina, incluyendo las del INTA, así como los lineamientos de políticas públicas necesarios para maximizar la probabilidad de que el país tenga un rol activo en el desarrollo –y no solo en la adopción– de bioinsumos.

8.6. Agroecología

La Agroecología emerge como un paradigma conciliador de tensiones especialmente en áreas periurbanas. Sus pilares son la reducción del uso de insumos de síntesis química y el rediseño de los sistemas. El primero se apoya en el empleo de extractos botánicos con propiedades insecticidas y/o repelentes para el manejo de insectos, de bioinsumos microbianos para el manejo de enfermedades y del uso de enmiendas y compost para el manejo de suelos degradados en sistemas hortícolas periurbanos. Se busca generar conocimiento compartido para mejorar las condiciones de los suelos (Aparicio et al., 2018b) y la autorregulación sanitaria en los sistemas productivos periurbanos. Actualmente se trabaja para la formalización y registro de extractos botánicos ante SENASA, para escalar la elaboración y uso intrapredial a la comercialización formal. Los ensayos con productores permitieron concluir que constituyen un buen insumo para comenzar la transición hacia estrategias con mayor énfasis en tecnologías de procesos que favorezcan el servicio de regulación por enemigos naturales en el sistema. Por otra parte, se trabaja en la obtención y uso de enmiendas orgánicas para suelos hortícolas a fin de mejorar las condiciones generales del cultivo y reducir su susceptibilidad a plagas y enfermedades.

El rediseño de sistemas incluye el aprovechamiento o implantación de borduras biodiversas, rotación de cultivos, suelos en buenas condiciones

fisicoquímicas y microbiológicas, para promover la "salud integral" del sistema con base en la autorregulación sanitaria. Esta estrategia incluye el enfoque del control biológico por conservación, con experiencias en diferentes tipos de cultivos y diferentes regiones del país.

8.7. Innovaciones tecnológicas y AgTech

En los últimos años se han desarrollado innovaciones tecnológicas que han modificado en forma significativa la calidad y el control de las aplicaciones de fitosanitarios. Quizás la más significativa de ellas sea la denominada "Modulación por Ancho de Pulsos" (Pulse Modulation Width) que permite manejar sobre la marcha el tamaño de las gotas de pulverización en forma independiente del caudal aplicado por hectárea. El mismo sistema permite que cada pico pueda trabajar en forma independiente, con lo cual el control de superposiciones se hace pico a pico, con mucha mayor precisión que en el tradicional corte por secciones. Además, permite homogeneizar el caudal en las curvas. El uso de sensores de malezas ya se puede considerar como una tecnología instalada.

Otros adelantos importantes son: la incorporación de estaciones meteorológicas que miden, graban e informan al operario sobre las mismas, indicadores de taponamiento de picos y la telemetría que permite informar de manera remota las condiciones de aplicación.

8.8. Contribución en procesos de planificación y ordenamiento territorial

Los conceptos de territorio y ordenamiento territorial son sumamente amplios, pero dado el objetivo de este documento pensado desde lo rural, nos centraremos en la definición de Territorio como a la porción del espacio geográfico apropiado y organizado por diferentes actores, y en el cual se observan evidencias de las actividades rurales, es decir comprometidos con la producción agropecuaria o producción de alimentos. Obviamente en ese territorio habrá matices dados por la preponderancia relativa de lo rural/productivo sobre el resto de actividades, y también contribuirán a enriquecer esa diversidad las diferentes tipologías que involucran lo productivo, cultural, social, etc. Esto tendrá influencia en el momento de realizar el análisis para finalizar con una ordenanza o legislación que fije las pautas para ese ordenamiento territorial.

La planificación y gestión del territorio rural debe articular dinámicas socioeconómicas y ambientales en el espacio bajo consideración con la suficiente flexibilidad que permitan su evolución armónica en el tiempo. Sin dudas, la apertura hacia diferentes disciplinas e intereses para abordar

la problemática deja abierta la posibilidad de crear nuevas instancias y figuras donde aparezcan alternativas superadoras, que no sean sólo el resultado algebraico del "tire y afloje" de los integrantes en pugna dentro de ese espacio-territorio.

En aquellos contextos en que los diversos sistemas productivos conviven con el crecimiento escasamente planificado de la urbanidad, es donde se pueden originar conflictos de intereses que es necesario abordar con la visión de todos los actores de la sociedad. Teniendo en cuenta que la implementación de un plan de ordenamiento territorial relaciona intereses públicos y privados, las autoridades gubernamentales deben intervenir para generar las condiciones y los medios para encauzar el desarrollo armónico y sustentable visto desde lo productivo, lo social y lo ambiental. El Estado debe ser luego, promotor y garante de esos acuerdos (Andrés y Quargnolo, 2013). El INTA, organismo de investigación y tecnología perteneciente al Estado, desde siempre ha estado comprometido con la generación de conocimientos a nivel regional y local, aportando y promoviendo procesos de desarrollo en los contextos marcados por la sociedad.

8.9. Contribución a políticas públicas

En los últimos años, el INTA ha participado activamente en el desarrollo de políticas públicas relacionadas con programas orientados al aumento de la sostenibilidad de los sistemas productivos, tanto intensivos como extensivos. Esto es a través de decisiones y acciones que buscan dar respuestas a los diversos problemas que afectan a la sociedad, y que tanto la ciudadanía como los gobiernos buscan solucionar.

El INTA trabaja para promover la calidad integral de los agroalimentos y la competitividad de las cadenas agroalimentarias, con un enfoque interdisciplinario que abarca aspectos relacionados con la inocuidad, nutrición, tecnologías de procesamiento, trazabilidad, agregado de valor y gestión de la calidad.

A tal efecto se ha participado en espacios de diseño de normativas a nivel nacional, provincial y comunal/municipal (leyes, ordenanzas y disposiciones) tendientes tanto a regular el uso de fitosanitarios como a la promoción de sistemas productivos sustentables. En el mismo sentido, se ha contribuido al desarrollo de protocolos de aplicación general (por ejemplo. Normas IRAM), relacionadas con la producción y uso de fitosanitarios. La participación en diferentes Mesas de Diálogo, como en la Red Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas, en la cual se ha elaborado un borrador de anteproyecto de ley de fitosanitarios, es otro aspecto a destacar.

Desde hace más de 25 años el programa Pro Huerta impulsa la autoproducción de alimentos en huertas rurales y urbanas. Es una política

pública que lleva a cabo el INTA junto con el Ministerio de Desarrollo Social de la Nación, con el objetivo de mejorar la seguridad y la soberanía alimentaria en los sectores vulnerables de la población. Más de 4 millones de personas participan del programa, lo que implica: 900.000 huertas y 160.000 granjas familiares, comunitarias y escolares, con 88 % de los municipios del país involucrados. (INTA. Presentación Institucional, https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inta-presentacion.pdf).

A través del Programa Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Pequeña Agricultura Familiar, el INTA desarrolla políticas públicas, a escala nacional, provincial y municipal, para promover la Pequeña Agricultura Familiar como modo de enfrentar la pobreza rural y urbana y posibilitar, a su vez, mejores oportunidades para un desarrollo territorial sostenible. (INTA. Programa Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Pequeña Agricultura Familiar, http://www.infoleg.gob.ar/basehome/actos_gobierno/actosdegobierno3-11-2008-3.htm).

Con el mismo compromiso, la Institución se ha involucrado activamente en el Plan Nacional Argentina Contra el Hambre, el cual se enmarca en la implementación de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Podemos identificar los ODS 1 (Fin de la pobreza), 2 (Hambre cero), 12 (Producción y consumo responsable), siendo uno de los aportes de la Institución el contribuir a generar alimentos tanto en calidad como cantidad.

9. Consideraciones finales

Este documento se redactó a partir de la premisa de que los productos fitosanitarios constituyen una herramienta para el manejo de plagas de la cual, actualmente, la agricultura no puede prescindir completamente sin poner en riesgo el volumen y la calidad de la producción de alimentos, sin desconocer sus potenciales efectos para la salud de las personas y el ambiente. Es indispensable que todas las acciones inherentes al manejo de los productos fitosanitarios se realicen bajo la dirección, planificación y/o supervisión de profesionales Ingenieros Agrónomos (IA), según lo establecido por la Res. ME N° 1254/2018, anexo XXXVII, correspondiente a las Actividades Profesionales Reservadas exclusivamente para el título de IA. Otra premisa inicial es la tendencia global a reducir su uso y peligrosidad, estableciendo crecientes estándares de seguridad y/o fomentando el desarrollo de estrategias de manejo de los cultivos y las plagas alternativas. Desde esta base, y reconociendo una tensión creciente en la sociedad, especialmente en las interfases urbano-rurales, el documento recorre las múltiples aristas que merecen análisis en un desafío de gran complejidad: identificar las coordenadas de un recorrido hacia una agricultura de máxima convergencia

de los pilares de la sustentabilidad. Así, el documento aspira a hacer un aporte en la construcción de acuerdos.

Los marcos normativos constituyen una primera instancia para establecer las reglas de juego, fijando estándares y límites en el uso de productos fitosanitarios. No obstante, y a pesar de que la Argentina cuenta con un sólido sistema regulatorio, queda mucho margen para gran variedad de escenarios en los que se revelan divergencias de perspectivas, intereses y prioridades. Estas se dan en ámbitos diversos, desde el debate público a distintas escalas (desde municipal hasta nacional), el institucional (reflejado en el lugar que ocupa en las agendas de políticas públicas), el científico-tecnológico (encuadre de las preguntas que se formulan, contrastes metodológicos, evidencias), las doctrinas que sustentan el marco regulatorio y su revisión constante a la luz de los avances del conocimiento, hasta el ámbito político. El presente documento intenta reflejar la complejidad de la discusión recorriendo esos diferentes aspectos involucrados.

En este contexto, el INTA ha demostrado su compromiso en el desarrollo de herramientas para mejorar, directa e indirectamente, la producción agrícola y su compatibilidad ambiental, la comunicación al medio, el asesoramiento a diversos actores del sector y su colaboración en diversas instancias de generación de políticas públicas. La institución construye su participación sobre la base de conocimiento sólido y su lectura amplia de la realidad socio-productiva y ambiental.

Uno de los lineamientos estratégicos del INTA es la intensificación sustentable (INTA, 2021), que pregona la mejora gradual de la eficiencia ecológica de los sistemas agropecuarios a través de la innovación, con el fin de propender a una mayor productividad y rentabilidad con menor impacto ambiental, reduciendo la dependencia de insumos externos (PROCISUR, 2016). En el ámbito de la protección de cultivos, este lineamiento estratégico se apoya en el *desarrollo y promoción de innovaciones tecnológicas de manejo agroecológico*, el *diseño de agroecosistemas sustentables,* y el *desarrollo de las bases para la formulación de políticas públicas sobre gestión eficiente y segura de productos fitosanitarios en el marco del Manejo Integrado de Plagas y de las Buenas Prácticas Agropecuarias,* entre otros campos de trabajo (INTA, 2021).

La conjunción de peligrosidad, riesgo y necesidad de uso de los productos fitosanitarios, determina un dilema o un balance, tanto más difícil de dirimir cuanto mayor es la equivalencia de los términos de la ecuación. En otras palabras, si los productos fitosanitarios fuesen categóricamente indispensables e inocuos o prescindibles y nocivos, las divergencias y los conflictos serían mínimos. Sin embargo, como lo ilustra este documento, existen matices. El calor del debate guarda estrecha relación con el énfasis y el valor que los diferentes actores de la sociedad en general y del SAB en particular, le asignan los distintos aspectos de la discusión.

Nota. En 2018 se publicaron las actividades profesionales reservadas al título de IA (RES. MEN 1254/2018, Anexo XXXVII). Actividades profesionales reservadas al título de ingeniero agrónomo:

1. Planificar, dirigir y/o supervisar en sistemas agropecuarios:
   a. los insumos, procesos de producción y productos;
   b. la introducción, multiplicación y mejoramiento de especies;
   c. el uso, manejo, prevención y control de los recursos bióticos y abióticos;
   d. las condiciones de almacenamiento y transporte de insumos y productos;
   e. la dispensa, manejo y aplicación de productos agroquímicos, domisanitarios, biológicos y biotecnológicos.
2. Certificar el funcionamiento y/o condición de uso, estado o calidad de lo mencionado anteriormente.
3. Dirigir lo referido a seguridad e higiene y control del impacto ambiental en lo concerniente a su intervención profesional.
4. Certificar estudios agroeconómicos en lo referido a su actividad profesional.

10. Bibliografía

Alonso L.L., Demetrio P.M., Etchegoyen, A., Marino D.J. Glyphosate and atrazine in rainfall and soils in agroproductive areas of the pampas region in Argentina. Sci Total Environ. 2018 Dec 15;645:89-96. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.134. Epub 2018 Jul 14. PMID: 30015122.

Andrade F., Taboada M., Lema D., Maceira N., Echeverría H., Posse G., Prieto D., Sánchez E., Ducasse D., Bogliani M., Gamundi J., Trumper E., Frana J., Perotti E., Fava F., Mastrángelo M. 2017. Los desafíos de la agricultura argentina: satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental. Ediciones INTA, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Andrés, J. y Quargnolo, E. 2021. Criterios para la gestión de uso de plaguicidas con un marco de ordenamiento territorial. Ediciones INTA, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Aparicio V.C., Aimar S., De Gerónimo E., Mendez M.J., Costa J.L. 2018a. Glyfosate and AMPA concentrations in wind-blown material under field conditions. Land degradation and Development 29(5), pp. 1317-1326.

Aparicio V.C., Zamora M., Barbera A., Castro-Franco M., Domenech M., De Gerónimo E., Costa J.L. 2018b. Industrial agriculture and agroecological transition systems: A comparative analysis of productivity results, organic matter and glyphosate in soil. Agricultural Systems. 167: 103-112.

Aradas M., Carrancio L. 2010. Conflictos socio ambientales y desarrollo local en poblaciones del sur de Santa Fe. Información Técnica Cultivos de Verano. Campaña 2010 Publicación Miscelánea Nº 118. INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela.

Astoviza M. 2015. Evaluación de la distribución de contaminantes orgánicos persistentes (COPs) en aire en la zona de la cuenca del Plata mediante muestreadores pasivos artificiales. Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata.

Ayarragaray, M. 2015. Estudio de niveles ambientales de glifosato, ácido aminometilfosfónico (AMPA), atrazina y 2-4D en ambientes acuáticos cercanos a la ciudad de San Justo (Provincia de Santa Fe). Trabajo final de Magister en Gestión Ambiental. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas. Universidad Nacional del Litoral 104p

Azcarate M.P., Montoya J.C., Koskinen W.C. 2015. Sorption, desorption and leaching potential of sulfonylurea herbicides in Argentinean soils. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 50:4, 229-237, DOI: 10.1080/03601234.2015.999583

Azcarate M.P., Papiernik S., Montoya J., Koskinen W.C 2014. Sorption-desorption of rimsulfuron, nicosulfuron, and their metabolites in soils from Argentina and USA. INTA EEA Anguil. 13th IUPAC International congress of pesticides chemistry.

Barbieri M. 2020. Validación de la técnica de volumen de caldo ajustado para aplicaciones de invierno en nectarinos, su eficacia biológica e impacto ambiental. Tesis licenciatura en gestión ambiental. Universidad Blas Pasqual. Disponible en: https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/9570#

Bedmar F., Gianelli V., Angelini H., Viglianchino L. 2015. Riesgo de contaminación del agua subterránea con plaguicidas en la cuenca del arroyo El Cardalito, Argentina. Revista RIA.

Berg, C.J., King, H.P., Delenstarr, G., Kumar, R., Rubio, F., Glaze, T. 2018. Glyphosate residue concen- trations in honey attributed through geospatial analysis to proximity of large-scale agriculture and transfer off-site by bees. PLoS ONE 13(7): e0198876.
https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0198876

Bonilla Caballero Y. 2019. Evaluación de la disponibilidad y calidad del agua en poblaciones rurales del Chaco y Santiago del Estero – Argentina. Tesis de maestría. Centro Transdisciplinario del Agua –CETA. Facultad de Ciencias Veterinarias – Universidad Nacional de Buenos Aires

Brodeur J.C., Poliserpi M.B., D´Andrea M.F., Sánchez M. 2014. Synergy between glyphosate- and cypermethrin-based pesticides during acute exposures in tadpoles of the common South American Toad Rhinella arenarum. Chemosphere 112: 70-76.

Butinof et al. 2017. Valoración de la exposición a plaguicidas en cultivos extensivos de Argentina y su potencial impacto sobre la salud. Rev Argent Salud Pública. 8.

Candolfi M.P., Bakker F., Canez V., Miles M., Neumann C., Pilling E., Primiani M., Romijn K., Schmuck R., Storck-Weyhermüller S., Ufer A., Waltersdorfer A. 1999. Sensitivity of non-target arthropods to plant protection products: could Typhlodromus pyri and Aphidius spp. be used as indicator species? Chemosphere, 39: 1357-1370.

Caprile A.C., Aparicio V.C., Portela S.I., Sasal M.C., Andriulo A.E. 2017. Drenaje y transporte vertical de herbicidas en dos molisoles de la pampa ondulada argentina. Ciencia Suelo (Argentina) 35(1):147-159. ISSN: 03263169

CASAFE (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes). 2012. Mercado Argentino de Productos Fitosanitarios 2012.
https://www.casafe.org/pdf/2015/ESTADISTICAS/Informe-Mercado-Fitosanitario-2012.pdf. Revisado 9/3/2022.

CASAFE. 2018. El mercado de agroquímicos se mantuvo estable respecto de 2015. https://www.casafe.org/pdf/2018/ESTADISTICAS/Informe-Mercado-Fitosanitarios-2016.pdf. Revisado 28/10/21.

Cassman K., Grassini P. 2020. A global perspective on sustainable intensification research. Nature Sustainability, 3: 262-268.

Cavallin A., Rossit D.G., Savoretti A.A., Frutos M., et al. 2017. Logística inversa de residuos agroquímicos en Argentina: resolución heurística y exacta. September 2017. 46 Jornadas Argentinas de Informática e Investigación operativa - XLIII Conferencia Latinoamericana de Informática. Ciudad de Córdoba, Argentina. 1-7.

Chmiel J.A., Daisley B.A., Pitek A.P., Thompson G.J., Reid G. 2020. Understanding the Effects of Sublethal Pesticide Exposure on Honey Bees: A Role for Probiotics as Mediators of Environmental Stress. Front. Ecol. Evol. 8:22. doi: 10.3389/fevo.2020.00022.

Copes W. 2016. Alamedas rompevientos para mitigar la deriva de pulverizaciones. Fruticultura y Diversificación, 22 (77) : 34-39.

Copley, C., 2016. German beer purity in question after environment group finds weed-killer traces. https://www.reuters.com/article/us-germany-beer/german-beer-purity-in-questionafter-environ-ment-group-finds-weed-killer-traces-idUSKCN0VY222

Darder M.L., Caprile A.C., Milesi Delaye L. 2016. Contaminación en agroecosistemas, estudio de caso de la cuenca del arroyo Pergamino Parte 2 “Escurrimiento y Plaguicidas”. Gestión Ambiental. RTA, Vol. 10, Nº 30. 57-61

De Gerónimo, E; V Aparicio; S Bárbaro; R Portocarrero; S Jaime & JL Costa. 2014. Presence of pesticides in surface water from four sub-basins in Argentina. Chemosphere, 107: 423-431.

Desneux N., Decourtrye A., Delpuech J.M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annu. Rev. Entomol. 52: 81-106.

Donley N. The USA lags behind other agricultural nations in banning harmful pesticides. Environ Health 18, 44 (2019). https://doi.org/10.1186/s12940-019-0488-0

Duke, S. O. 1996 Herbicide-Resistant Crops: Agricultural, Environmental, Economic, Regulatory and Technical Aspects. CRC Press, Lewis Publ. Boca Raton, FL. 420p.

Durán A., Paris M., Maitre M.I., Marino, F. 2016. Diagnóstico ambiental en la zona del cinturón hortícola de la ciudad de Santa Fe. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo, 48(1), 129-143. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/8450/cp10-paris.pd

Dutcher J.D. 2007. A Review of Resurgence and Replacement Causing Pest Outbreaks in IPM. In: Ciancio A., Mukerji K.G. (eds) General Concepts in Integrated Pest and Disease Management. Integrated Management of Plants Pests and Diseases, vol 1. Springer, Dordrecht.
https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6061-8_2

Epple J., Maguhn J., Spitzauer P.,Kettrup A. 2002. Input of pesticides by atmospheric deposition. Geoderma, 105: 327–349.

Etchegoyen, M.A., Ronco, A.E., Almada, P., Abelando, M., & Marino, D.J. 2017. Occurrence and fate of pesticides in the Argentine stretch of the Paraguay-Paraná basin. Environmental monitoring and assessment, 189(2), 63.

European Commission. 2009. Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC.

Eyhorn F., Roner T., Specking H. 2015. Reducing pesticide use and risks - What action is needed?. Briefing paper. HELVETAS Swiss Intercooperation. 31 pp.

FAO. 2012. Pérdidas y desperdicios de alimentos en el mundo - Alcance, causas y prevención. https://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf Consultado 17/03/2022

FAO y WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations & World Health Organization). (2015). International code of conduct on pesticide management: guidelines on pesticide legislation. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://apps.who.int/iris/handle/10665/195648

Fernandes G., Aparicio V.C., Bastos M.C., De Gerónimo E., Labanowski J., Prestes O.D., Zanella R., dos Santos D.R. 2019. Indiscriminate use of glyphosate impregnates river epilithic biofilms in southern Brazil. Science of the Total Environment. 651: 1377-1387.

Fisher M.C., Hawkins N.J., Sanglard D., Gurr S.J. (2018) Worldwide emergence of resistance to antifungal drugs challenges human health and food security. Science 2018, 360, 739–742.

Gagneten, A.M.; Maitre, M.I.; Reno, U.; Regaldo, L.; Roldán, S. y Enrique, S. 2014. Efectos del herbicida Ron–do® sobre Cerodaphniareticulate (Crustacea, Cladocera) y degradabilidad del glifosato (N–fosfometilglicina) en condiciones experimentales. Natura Neotropicalis 45 (1 y 2): 71-85.

García, S.I. 2016. La vigilancia de las intoxicaciones en Argentina y en América Latina. Notificación, análisis y gestión de eventos. *Acta toxicológica argentina*, *24*(2), 134-160. Recuperado en 11 de abril de 2022, de

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-37432016000200006&lng=es&tlng=es.

Giaccio G.C.M., Laterra P., Aparicio V.C., Costa J.L., Puricelli M.M. 2019. Glyphosate and nutrient retention in preferential flow pathways | Retención de glifosato y nutrientes en vías de flujo preferencial. Ecología Austral 29:329-338.

Giaccio, G.C.M., Laterra, P., Cabria, F. 2017. Floristic associations and filtering ability of riparian vegetation strips | Asociaciones florísticas en franjas de vegetación ribereña y sus capacidades de filtrado. Phyton, 2017, 86, pp. 112–123.

Giaccio, G.C.M., Laterra, P., Aparicio, V.C., Costa, J.L. 2016. Glyphosate retention in grassland riparian areas is reduced by the invasion of exotic trees | La Retención de glifosato en las Áreas ribereñas con pastizales se reduce por la invasión de Árboles exóticos. Phyton, 2016, 85, pp. 108–116.

Gonzalo Mayoral, E.S., Aparicio, V.C., De Gerónimo, E., Costa, J.L. 2021. Metsulfuron-methyl and glyphosate transport in a mollisol soil in the pampean region of Argentina. Soil and Environment, 2021, 40(2), pp. 127–140.

Hawkins NJ, Bass C, Dixon A, Neve P. 2018. The evolutionary origins of pesticide resistance [published online ahead of print, 2018 Jul 3]. Biol Rev Camb Philos Soc. 94(1): 135-155. doi:10.1111/brv.12440.

Hu M., & Chen, S. 2021. Non-Target Site Mechanisms of Fungicide Resistance in Crop Pathogens: A Review. Microorganisms 2021, 9, 502. https://doi.org/10.3390/microorganisms9030502

Jagger M. 2017. Gobernabilidad, Percepción, Control y Efectos del Uso de Agroquímicos en la Región Metropolitana de Buenos Aires. Presunta contaminación por el uso inadecuado de agroquímicos. Universidad Nacional de La Matanza

Keulemans W., Bylemans D., De Coninck B. et al. 2019. Farming without plant protection products Can we grow without using herbicides, fungicides and insecticides?. Scientific Foresight Unit EPRS. European Parliamentary Research Service. 44 pp. doi:10.2861/05433.

Kogan M. 1998. Integrated Pest Management: Historical Perspectives and Contemporary Developments Annual Review of Entomology 1998 43:1, 243-270.

Lajmanovich, R.C., Attademo, A.M., Peltzer, P.M., Junges, C.M., & Cabagna, M.C. 2011. Toxicity of four herbicide formulations with glyphosate on Rhinella arenarum (Anura: Bufonidae) tadpoles: B-esterases and glutathione S-transferase inhibitors. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 60(4), 681-689.

Lefebvre M., Langrell S., Gomez-Y-Paloma, S. Incentives and policies for integrated pest management in Europe: a review. Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 2015, 35 (1), pp.27-45. 10.1007/s13593-014-0237-2. hal-01284266

Lupi L., Bedmar F., Puricelli M., Wunderlin D., Miglioranza K.S.B. 2019. Glyphosate runoff and its occurrence in rainwater and subsurface soil in the nearby area of agricultural fields in Argentina. Chemosphere. 225: 906-914.

Lutri V.F., Matteoda E., Blarasin M., Cabrera A., Giuliano Albo J. 2020. Hydrogeological features affecting spatial distribution of glyphosate and AMPA in groundwater and surface water in an agroecosystem. Córdoba, Argentina. Science of the Total Environment, 2020, 711, 134557.

Loehr R.C. 2012. Pollution control for agriculture: Problems, processes, and applications. Elsevier. ISBN: 9780323138840.

Loewy, R. 2011. Dinámica ambiental de plaguicidas. Pp. 237-263 en Anguiano, O. y Montagna, C. (eds.) Clasificación y toxicología de plaguicidas. Editorial Universidad Nacional del Comahue (EDUCO), Neuquén.

Lorenzatti EA, Negro CL, De la Sierra P, Marino F, Lenardón A. 2008. Plaguicidas en aire. Estudio preliminar en la ciudad de Santa Fe. Revista FABICIB, 12: 129-135

Mac Loughlin T.M., Peluso M.L., Aparicio V.C., Marino D.J.G. 2020. Contribution of soluble and particulate-matter fractions to the total glyphosate and AMPA load in water bodies associated with horticulture. Science of The Total Environment. 703: 134717.

Mac Loughlin T. M., Peluso M. L., Marino, D. 2022. Multiple pesticides occurrence, fate, and environmental risk assessment in a small horticultural stream of Argentina. *The Science of the total environment*, 802: 149893. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149893

Maggioni D.A., Signorini M.L., Michlig N., Repetti M.R., Sigrist M.E., Beldomenico H.R. (2018) National short-term dietary exposure assessment of a selected group of pesticides in Argentina. J Environ. Sci Health B, DOI: 10.1080/03601234.2018.1474552

Mas L.I., Aparicio V.C., De Gerónimo E., Costa J.L. 2020. Pesticides in water sources used for human consumption in the semiarid region of Argentina. SN Applied Sciences. 2(4): 691.

Massot F., Smith M.E., Vitali V.A., Giulietti A.M., Merini L.J. 2016. Assessing the glyphosate tolerance of Lotus corniculatus and L. tenuis to perform rhizoremediation strategies in the Humid Pampa (Argentina). Ecological Engineering 90: 392–398.

Méndez M.J., Aimar S.B., Aparicio V.C., Ramirez Haberkon N.B., Buschiazzo D.E., De Gerónimo E., Costa J.L. 2017. Glyphosate and Aminomethylphosphonic acid (AMPA) contents in the respirable dust emitted by an agricultural soil of the central semiarid region of Argentina. Aeolian Research. 29:23-29.

Moltoni L. 2018. La fumigada, las granjas y el molino. Pertenencias y construcción social del riesgo en un pequeño pueblo entrerriano. Tesis doctoral. Universidad Nacional de General Sarmiento – Instituto de Desarrollo Económico y Social

Montedoro F. D., Butinof M. 2019. Percepción poblacional de riesgo de exposición a plaguicidas en una localidad de la Pampa Húmeda Argentina. Revista de Salud Ambiental, 19(2), 136-147.

Montoya J.C., Cervellini J.M., Porfiri. 2015. Supresión de rama negra (Conyza bonariesis var. Angustifolia) mediante el uso de cultivos de cobertura. XXII Congreso de la ALAM. I Congreso de la ASACIM.9 y 10 de Septiembre, Buenos Aires, Argentina.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_supresion_de_rama_negra.pdf

Montoya JC; Costa JL; Liedl R; Bedmar F., Daniel P. 2006. Effects of soil type and tillage practice on atrazine transport through intact soil cores. Geoderma. 137: 161-173. DOI: 10.1016/j.geoderma.2006.08.007

Montoya J.C., Porfiri C., Vazquez P.M., Papiernik S., Azcarate P., Roberto Z. 2020. DRASTIC and PIRI GIS-Based Indexes: Assessing the Vulnerability and Risk of Groundwater Pollution. In: Chantre G., González-Andújar J. (eds) Decision Support Systems for Weed Management. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44402-0_10

Oberschelp J., Harrand L., Mastrandrea C., Salto C., Flores Palenzona M. 2020. Cortinas forestales: rompevientos y amortiguadoras de deriva de agroquímicos. Ediciones INTA, Estación Experimental Agropecuaria Concordia, 13 p

Oerke E.C. 2006. Crop Losses to Pests. Journal of Agricultural Science, 144, 31-43. http://dx.doi.org/10.1017/S0021859605005708

Okada E., Costa J.L., Bedmar F. 2017. Glyphosate Dissipation in Different Soils under No-Till and Conventional Tillage. Pedosphere. DOI: 10.1016/S1002-0160(17)60430-2.

Oszust J.D., Ralirez A.C., Sione S.M., Wilson M.G., Gabioud E.A., Repetti M.R., Sasal M.C., Polla W. 2015. Evaluación de la concentración de glifosato en un embalse asociado a un ambiente agrícola en Entre Ríos. Presentado en: XXV Congreso Nacional del Agua. 15-19/06/15. Paraná, Entre Ríos.

OTA. 2021. Aspectos sociales del uso y aplicación de agroquímicos. Síntesis de aportes del ámbito científico y técnico. 4to. Informe Observatorio Técnico de Agroquímicos. Gobierno de la Provincia de Buenos Aires

Paravani, E.V. 2017. Genotoxicidad inducida por la Cipermetrina en la retina del pez cebra (Danio rerio). Tesis para la obtención del Grado Académico de Doctor en Ciencias Biomédicas. Instituto Universitario Italiano de Rosario. 169

Peluso, L., et al, (2013). Integrated ecotoxicological assessment of bottom sediments from the Paraná basin, Argentina. Ecotoxicology and Environmental Safety, 98: 179–186

Pérez D. J., Okada E., De Gerónimo E., Menone M.L, Aparicio V.C., Costa J. L. 2017. Spatial and temporal trends and flow dynamics of glyphosate and other pesticides within an agricultural watershed in Argentina. Environ Toxicol Chem 2017 36: 3206–3216. DOI: 10.1002/etc.3897

Peshin R. Economic Benefits of Pest Management;, Encyclopedia of Pest Management, pages 224-227, Pub. Marcel Dekker, 2002.

Polleta, G.L.; Larriera, A.; Kleinsorge, E. y Mudry, M.D. 2009. Genotoxicity of the herbicide formulation Roundup® (glyphosate) in broad-snouted caiman (Caiman latirostris) evidenced by the Comet assay and the Micronucleus test. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. 672: 95-102.

Porfiri C., Montoya J., Koskinen, W., Azcarate P. 2015. Adsorption and transport of imazapyr through intact soil columns taken. Geoderma 251-252: 1-9.

Porfido OD. 2014. Los plaguicidas en la República Argentina. Tema: Salud Ambiental Nº 14. © Departamento de Salud Ambiental. Dirección Nacional de Determinantes de la Salud e Investigación. Ministerio de Salud de la Nación. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/0000000341cnt-14-plaguicidas_argentina.pdf

Portocarrero, R., Aparicio, V., De Gerónimo, E., Costa, J.L. 2019. Soil properties of sugarcane fields controlling triazine leaching potential. Soil Research

Powles S.B., and Yu Q. 2010. Evolution in Action: Plants Resistant to Herbicides. Annu. Rev. Plant Biol. 2010. 61:317–47.

Primost J.E., Marino D.J.G, Aparicio V.C., Costa J.L., Carriquiborde P. 2017. Glyphosate and AMPA, “pseudo-persistent” pollutants under real-world agricultural management practices in the Mesopotamic Pampas agroecosystem, Argentina. Environmental Pollution 229: 771-779.

Quejereta G. A., Ramos L. M., Flores A. P., Hughes E. A., Zalts A., Montserrat, J. M. 2012. Environmental pesticide distribution in horticultural and

floricultural periurban production units. Chemosphere, 87(5), 566–572. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.12.074.

Ramírez-García J., Carrillo J.M., Ruizb M., Alonso-Ayusoa M., Quemada M. 2015. Multicriteria decision analysis applied to cover crop species and cultivars selection. Field Crops Research 175 (2015) 106–115.

Ramírez Haberkon, N.B., Aimar, S.B., Aparicio, V.C., Costa, J.L., Mendez, M.J. 2021a. Management effects on glyphosate and AMPA concentrations in the PM10 emitted by soils of the central semi-arid region of Argentina. Aeolian Research, 2021, 49, 100658.

Ramírez Haberkon N.B., Aparicio V.C., Mendez M.J. 2021b. First evidence of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in the respirable dust (PM10) emitted from unpaved rural roads of Argentina. Science of the Total Environment, 773, 145055

Rampoldi E.A., Hang S., Barriuso E. 2014a. Carbon-14-Glyphosate behavior in relationship to pedoclimatic conditions and crop sequence. J. Environ. Qual. 43:558-567. doi:10.2134/jeq2013.09.0362.

Rampoldi E.A., Hang S., Barriuso E. 2014b. Carbon-14-glyphosate behavior in relationship to pedoclimatic conditions and crop sequence. Journal of environmental quality. 43: 558-567.

Reno, U.; Gutierrez, M.F.; Regaldo, L. and Gagneten, A.M. 2014. The Impact of Eskoba, a Glyphosate Formulation, on the Freshwater Plankton Community. Water Environment Research, Volume 86, Number 12: 2294-2300.

Reno, U.; Doyle S; Momo F; Regaldo L; Gagneten AM. 2018. "Effects of glyphosate formulations on population dynamics of freshwater microcrustaceans". Ecotoxicology Special Issue: Pesticides. doi.org/10.1007/s10646-017-1891-3.

Rockstrom J, Williams J, Daily G, Noble A, Matthews N, Gordon L, Wetterstrand H, DeClerck F, Shah M, Steduto P, de Fraiture C, Hatibu N, Unver O, Bird J, Sibanda L, Smith J. 2017. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. Ambio, 46: 4-17.

Ronco, A.E.; Marino, D.J.G.; Abelando, M.; Almada, P. & Apartin, C.D. 2016. Water quality of the main tributaries of the Paraná Basin: glyphosate and AMPA in surface water and bottom sediments. Environmental monitoring and assessment, 188(8), 1-13.

Rubio, F., Guo, E., Kamp, L. 2014. Survey of glyphosate residues in honey, corn and soy products. J. Environ. Anal. Toxicol. 5:249. https://www.researchgate.net/publication/276315324_Survey_of_Glyphosate_Residues_in_Ho- ney_Corn_and_Soy_Products

Rueda-Ayala V., Jaeck O., Gerhards R. 2015. Investigation of biochemical and competitive effects of cover crops on crops and weeds. Crop Protection, 71: 79-87. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.01.023

Saran A, Capellino D, Fernandez L, Merini L. 2021. The 7th International Conference on Agricultural and Biological Sciences. "Isolation and Identification of Fomesafen-tolerant rhizospheric microorganisms from crops". China, August 9th-11th, ONLINE via MS Team.

Sasal, M.C.; Wilson, M.G.; Sione, S.M.; Beghetto, S.M.; Gabioud, E.A.; Oszust, J.D.; Paravani, E.V.; Demonte, L.; Repetti, M.R.; Bedendo, D.J.; Medero, S.L.; Goette, J.J.; Pautasso, N. y G.A. Schulz. (2017). Monitoreo de glifosato en agua superficial en Entre Ríos. La investigación acción participativa como metodología de abordaje. Revista RIA. 43 (2): 195-205.

Sasal M.C, Andriulo A.E., Wilson M.G., Portela S.I. 2010. Pérdidas de glifosato por drenaje y escurrimiento en Molisoles bajo siembra directa. Información tecnológica Vol. 21(5): 135-142.

Sasal M.C., Demonte L., Cislaghi A., Gabioud EA., Oszust JD., Wilson MG, Michlig N., Beldoménico HR., Repetti MR. 2015. Glyphosate loss by runoff and its relationship with phoshorous fertilization. J. Agric. Food Chem. 63 (18): 4444-4448.

Sasal M.C., Wilson M.G., Garciarena N.A. 2012. Impacto ambiental de la introducción de un cultivo de cobertura al monocultivo de soja. 2012. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, 16 al 20 de abril.

Schmidt M., López V. T., Tobías M., Grinberg E., Merlinsky G. Conflictividad socio-ambiental por uso de agroquímicos en Salta, Santiago del Estero y Santa Fe, Argentina. 2021. Cien Saude Colet. Disponible en: http://www.cienciaesaudecoletiva.com.br/artigos/conflictividad-socioambiental-por-uso-de-agroquimicos-en-salta-santiago-del-estero-y-santa-fe-argentina/17986?id=17986&id=17986.

Seehaus M. 2019. Análisis socioambiental del uso de plaguicidas agrícolas en el municipio de Oro Verde (Entre Ríos, Argentina). Percepción de la población y cuantificación de la depositación atmosférica de plaguicidas. Tesis doctoral. Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano. Facultad de Agronomía. UBA.

SENASA. 2003. Resolución 500/2003. Créase el Sistema Federal de Fiscalización de Agroquímicos y Biológicos. Objetivos y organización. Apéndice II. Glosario de términos. http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/85000-89999/88014/norma.htm

SENASA. 2017. ¿Qué son los productos fitosanitarios? Una guía útil y sencilla. http://www.senasa.gob.ar/sites/default/files/pdf_completo.pdf

SENASA. 2018. Resolución-829-2018-SENASA - Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. http://www.senasa.gob.ar/normativas/resolucion-829-2018-senasa-servicio-nacional-de-sanidad-y-calidad-agroalimentaria

SENASA. 2020. Registro Nacional de Terapéutica Vegetal. https://www.argentina.gob.ar/files/productosformuladosoctubre2021xls Ingreso 23/3/2022

SPRINT, convocatoria Horizonte 2020. Proyecto de investigación: Transición Sostenible de Protección Vegetal: Un Enfoque de Saludi Global. (2020-2025). https://www.sprint-h2020.eu/

Starobinsky G., Monzón J., di Marzo Broggi E., Braude H. 2021. Bioinsumos para la agricultura que demandan esfuerzos de investigación y desarrollo. Capacidades existentes y estrategia de política pública para impulsar su desarrollo en Argentina. Documento de Trabajo N° 17. Serie de Documentos para el Cambio Estructural. Consejo para el Cambio Estructural y Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación ISSN 2718-8124. 137 pp.

Steffen W, Broadgate W, Deutsch L, Gaffney O, Ludwig C. 2015. The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. The Anthropocene Review, 2: 81-98.

Sudo M., Takahashi D., Andow D. A., Suzuki Y., Yamanaka T. 2017. Optimal management strategy of insecticide resistance under various insect life histories: Heterogeneous timing of selection and inter-patch dispersal. Evol. Appl. https://doi.org/10.1111/eva.12550.

Székács, A; M Mörtl & B Darvas. 2015. Monitoring Pesticide Residues in Surface and Ground Water in Hungary: Surveys in 1990–2015. Journal of Chemistry, 2015:15.

Tuesca D & Nisensohn L (2001) Resistencia de Amaranthus quitensis a imazetapir y clorimurón-etil. Pesquisa agropecuaria brasileira 36, 601-606.

Ustarroz D., Beltrami J.B., Cura L.N., Alvarez C. 2020. Evaluación de cultivos de cobertura de *Vicia villosa* Roth sola y consociada con Triticosecale Wittmack como reguladores de las poblaciones de malezas en la región central de Córdoba. Malezas 3, 4 – 11. https://issuu.com/asacim/docs/asacim_03_issuu

Van den Berg, F., Kubiak, R., Benjey, W.G. 1999. Emission of pesticides into the air. Water, Air, and Soil Pollution, 115: 195–218.

Weber.B. y Lowder S.W.(1985) Soil factors affecting herbicide behaviour in reduced-tillage systems.Ch. 14 pp.227-39. En Weed Control in Limited Tillage

Systems. A.F.Wiese (ed.).Monograph Series of the WSSA. Weed Science Society of America.

Wilson, M.G.; Maggi, A.E.; Castiglioni, M.G.; Gabioud, E.A. y M.C. Sasal (2020). Conservation of Ecosystem Services in Argiudolls of Argentina. Agriculture 10, 649.

Wingeyer A.B., Amado T., Perez Bidegain M., Studdert G., Perdomo Varela C., Garcia F. (2015). Increasing Agricultural Production Impact on Soil Quality in Argentina, Bolivia, Southern 55 Brazil, Paraguay and Uruguay: A Review. Sustainability 7:2213-2242. doi:10.3390/su7022213.

Yang L., Elbakidze L., Marsh T, McInntosh C. 2016. Primary and secondary pest management in agriculture: balancing pesticides and natural enemies in potato production. Agricultural Economics. 47: 609-619.

Zhang W.J., F.B. Jiang, Ou J.F.. 2011. Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences, 2011, 1(2): 125-144.

Anexo 1

Soporte legislativo

Legislación nacional y provincial

1. https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto_ley-3489-1958-196080/texto
2. https://legisagroalimentaria.wordpress.com/1959/05/12/decreto-57691959/
3. Mapa Legal CREA: https://www.crea.org.ar/mapalegal/aplicaciones/h
4. http://www.senasa.gob.ar/normativas/resolucion-350-1999-senasa-servicio-nacional-de-sanidad-y-calidad-agroalimentaria
5. http://www.senasa.gob.ar/normativas/resolucion-934-2010-senasa-servicio-nacional-de-sanidad-y-calidad-agroalimentaria
6. http://www.senasa.gob.ar/normativas/resolucion-302-2012-senasa-servicio-nacional-de-sanidad-y-calidad-agroalimentaria
7. https://normas.gba.gob.ar/documentos/Bo2Qdhzx.html (Ley 10699 BA)
8. https://normas.gba.gob.ar/documentos/0vlgoPUe.html (Dto 499 BA)
9. https://www.argentina.gob.ar/normativa/provincial/ley-9164-123456789-0abc-defg-461-9000ovorpyel/actualizacion (Ley Córdoba)
10. http://www.riocuarto.gov.ar/files/documentos/1537378166_Decreto%20Reglamentario%20132-2005%20Ley%20de%20Agroqu%C3%ADmicos.pdf (Decreto Córdoba).
11. https://www.entrerios.gov.ar/ambiente/userfiles/files/archivos/Normativas/Provinciales/Ley_6599_80_PLAGUICIDAS.pdf (Ley 6599/80 y Decretos complementarios- Entre Ríos)
12. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/producciones_sostenibles/legislacion/provincial/_archivos/000001-Agroquimicos/000008-Entre%20R%C3%ADos/027903-Decreto-279-03%20reglamentario%20ley%206599.pdf (Dto 279 ER)

13. https://www.entrerios.gov.ar/boletin/calendario/Boletin/2019/Agosto/05-08-19.pdf (Dto 2239/19 E. Ríos)
14. http://www.iscamen.com.ar/wp-content/uploads/2012/08/MENDOZA-Ley-5665.pdf (Ley 5665/91 Mendoza)
15. https://www.ciafa.org.ar/noticia/121 (Resol 769 Mza Receta)
16. https://asesorialetradadegobierno.lapampa.gob.ar/images/stories/Archivos/AsesoriaLetrada/Ley_3288.pdf (Ley 3288/20 - La Pampa)
17. http://mproduccion.gob.ar/sites/default/files/Ley%20Prov.%206312%20de%20agroqu%C3%ADmicos%20Santiago.pdf (Ley 6312/96 y Decreto Serie A 0038/01 – Santiago del Estero)
18. https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-27279-266332/texto

Legislaciones extranjeras

19. https://www.epa.gov/enforcement/federal-insecticide-fungicide-and-rodenticide-act-fifra-and-federal-facilities
20. https://www.congress.gov/116/plaws/publ8/PLAW-116publ8.pdf
21. https://public-inspection.federalregister.gov/2020-23411.pdf
22. https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0071:0086:es:PDF
23. https://www.boe.es/buscar/pdf/2012/BOE-A-2012-11605-consolidado.pdf
24. https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-19296
25. https://www.impo.com.uy/bases/decretos/264-2004
26. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/institucional/normativa/resolucion-sn004-del-14-mayo-2004-mgapdgsa-distancias-para-aplicaciones
27. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/institucional/normativa/resolucion-n-188011-del-mgap-25112011-distancias-aplicaciones-cercanias
28. https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1078695
29. https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/legislacao/arquivos-de-legislacao/decreto-4074-2002-decreto-dos-agrotoxicos/view

30. https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.833-de-7-de-outubro-de-2021-351524955

31. https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/aviacao-agricola/legislacao/3-in-2-de-03-de-janeiro-de-2008-com-alteracoes-da-in-37-2020.pdf

32. https://www.mapa.gob.es/agricultura/pags/fitos/registro/fichas/pdf/Lista_Sustancias_activas_aceptadas_excluidas.pdf