

INFORME SOBRE AGROQUIMICOS PLAGUICIDAS EN ESCUELAS RURALES DEL PARTIDO DE TANDIL

Graciela Canziani
Virginia Aparicio
Agustina Cortelezzi
Eduardo De Gerónimo
María Soledad Fontanarrosa
Adela Tisnés
Brenda Alba
María Eugenia Adaro
Florencia Castets
Jonathan Cepeda
Melina Córdoba
Silvina Delgado
Rocío Quimey Gómez
Rocío Fernández San Juan
Leyli Kazlauskas
Karen Schimpf

2020

Voluntariado Universitario



Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires



INDICE

| | |
|---|----|
| Presentación | 6 |
| Motivación de los proyectos | 8 |
| <hr/> | |
| Sección I: Descripción de los estudios que se realizaron en Escuelas Rurales del Partido de Tandil en el marco de los proyectos de Voluntariado Universitario EcoAgricultura y EcoAgricultura II | 11 |
| Protocolos | 11 |
| Concentraciones y Límites | 11 |
| Resultados | 13 |
| Muestras de agua | 14 |
| Muestras de suelo | 15 |
| Discusión | 15 |
| Conclusiones | 19 |
| <hr/> | |
| Sección II: Conceptos básicos para la comprensión de los riesgos | 21 |
| ¿Qué es un plaguicida? | 21 |
| ¿Qué significa la toxicidad de una sustancia? | 22 |
| Toxicidad aguda o inmediata | 22 |
| Persistencia de un plaguicida | 24 |
| ¿Qué efectos tienen los plaguicidas en la salud? | 25 |
| Definiciones relativas a la acción tóxica | 25 |
| Toxicidad crónica o a largo plazo | 26 |
| ¿A partir de cuánta exposición es riesgoso un plaguicida? | 29 |
| Convenios Internacionales | 33 |
| <hr/> | |
| Sección III: Características de los plaguicidas detectados en Escuelas Rurales del Partido de Tandil | 34 |
| Insecticidas | 34 |
| Clorpirifós | 34 |
| Imidacloprid | 36 |

*Informe sobre Agroquímicos Plaguicidas en Escuelas Rurales del Partido de Tandil
Proyectos EcoAgricultura y EcoAgricultura II*

| | |
|--|----|
| Herbicidas | 37 |
| Acetoclor | 37 |
| Atrazina y sus metabolitos Atz-desisopropil, Atz-desetil y Atz-OH | 38 |
| Diclosulam | 40 |
| Glifosato y su metabolito AMPA (ácido amino-metilfosfórico) | 41 |
| Imazapyr | 45 |
| Imazaquin | 46 |
| Imazetapir | 46 |
| Metolaclor | 47 |
| Metsulfuron metil | 48 |
| 2,4-D | 50 |
| Fungicidas | 51 |
| Triticonazol | 51 |
| A modo de resumen | 52 |
| <hr/> | |
| Sección IV: Consideraciones finales | 56 |
| Sobre las Buenas Prácticas Agrícolas | 56 |
| Sobre los cócteles y los residuos | 59 |
| A modo de conclusión | 61 |
| Referencias | 62 |
| <hr/> | |
| Anexo I: Vistas Aéreas de algunas de las Escuelas Rurales participantes en los proyectos EcoAgricultura y EcoAgricultura II | 69 |
| <hr/> | |
| Anexo II: Publicaciones y talleres originados en los proyectos de Voluntariado Universitario EcoAgricultura y EcoAgricultura II | 76 |
| <hr/> | |
| Agradecimientos | 78 |
| <hr/> | |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Límite de detección (LOD) y límite de cuantificación (LOQ) del equipo utilizado para cada ingrediente activo en muestras de agua y de suelo. | 12 |
| Tabla 2. Tabla de detección de agroquímicos en muestras de agua. | 13 |
| Tabla 3. Tabla de detección de agroquímicos en muestras de suelo | 14 |
| Tabla 4. Concentraciones de agroquímicos cuantificadas en las muestras de agua. | 16 |
| Tabla 5. Concentraciones de agroquímicos cuantificadas en las muestras de suelo. | 17 |
| Tabla 6. Categorías de peligrosidad de los plaguicidas, según la OMS (IPCS, 2009). | 23 |
| Tabla 7. Categorías de Toxicidad de los plaguicidas, según la EPA (USEPA, 2002). | 24 |
| Tabla 8. Clasificación de disrupción endocrina de la Unión Europea (INSHT). | 28 |
| Tabla 9. Límites permisibles de plaguicidas en agua para consumo humano ($\mu\text{g/l}$) (Hansen et al, 2013). | 31 |
| Tabla 10. Valores regulados ($\mu\text{g/L}$) del Glifosato en Agua Potable. | 31 |
| Tabla 11. Resumen de algunas características de los plaguicidas descriptos en esta sección y efectos registrados en la salud humana. | 52 |
| Tabla 12. Resumen de algunas características de los plaguicidas descriptos en esta sección y efectos registrados en los ecosistemas. | 54 |

Índice de Figuras

| | |
|--|---|
| Figura 1. Ubicación de las escuelas rurales pertenecientes al partido de Tandil participantes en los proyectos EcoAgricultura (2017) y EcoAgricultura II (2018). | 7 |
|--|---|

*Informe sobre Agroquímicos Plaguicidas en Escuelas Rurales del Partido de Tandil
Proyectos EcoAgricultura y EcoAgricultura II*

| | |
|---|----|
| Figura A.1. la EES N°5, en María Ignacia – Vela | 69 |
| Figura A.2. La EES técnica N°2 Anexo 3021, en Fulton | 70 |
| Figura A.3. La EEP N°33 “Guillermo E. Hudson”, en el Paraje La Porteña | 70 |
| Figura A.4. La EES Agropecuaria N°1 “Dr. Ramón Santamarina”, llamada también Escuela Granja | 71 |
| Figura A.5. La EEP N°19 “Bernardino Rivadavia” y la EES Técnica N°4 de Gardey | 71 |
| Figura A.6. La EEP N°6 “Amanecer de Esperanzas” y la EES N°6 Ext.2020, en el Paraje San Antonio | 72 |
| Figura A.7. La EEP N°29 “Cornelio Saavedra”, de Desvío Aguirre | 72 |
| Figura A.8. La EES N°13 De la Canal | 73 |
| Figura A.9. El JIRIMM N°2 y la EEP N°64 “Almafuerte”, en el Paraje La Patria | 74 |
| Figura A. 10. La EEP N° 12, “Miguel de Azcuénaga”, en el Paraje Los Mimbres | 74 |
| Figura A.11. El JIRIMM N°913, en Azucena | 75 |
| Figura A.12. La EEP N°4 y la EES N°16, en Cerro Leones | 75 |

Informe sobre Agroquímicos Plaguicidas en Escuelas Rurales del Partido de Tandil

Graciela Canziani^{1,2}, Virginia Aparicio^{3,4}, Agustina Cortelezzi^{2,4}, Eduardo De Gerónimo^{3,4},
María Soledad Fontanarrosa^{2,4}, Adela Tisnés^{4,5}, Brenda Alba¹, María Eugenia Adaro¹,
Florencia Castets^{1,2}, Jonathan Cepeda¹, Melina Córdoba¹, Silvina Delgado¹, Rocío Quimey
Gómez¹, Rocío Fernández San Juan^{1,4}, Leyli Kazlauskas¹, Karen Schimpf^{2,4}

¹ Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 7000 Tandil.

² Instituto Multidisciplinario sobre Ecosistemas y Desarrollo Sustentable (UNCPBA – CIC), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 7000 Tandil.

³ Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Ruta 226 Km 73.5, 7620 Balcarce.

⁴ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

⁵ Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 7000 Tandil.

Presentación

Este informe describe parte de los objetivos, procedimientos y resultados de dos proyectos de extensión universitaria financiados por la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación a través del Programa de Voluntariado Universitario **Compromiso Social de la Comunidad Universitaria**. Los proyectos se denominan **EcoAgricultura** (V10-UNICEN6063) y **EcoAgricultura II** (V26-UNICEN10338) y se desarrollaron durante los años 2017 y 2018, con la colaboración de la Jefatura Distrital Tandil. En cada uno de los proyectos se trabajó con ocho Escuelas Rurales del partido de Tandil, en diferentes niveles de la educación: Inicial, Primaria y Secundaria. En total se trabajó con 15 escuelas, una de las cuales participó en los dos periodos de estudio.

Estos proyectos fueron desarrollados por docentes de la Facultades de Ciencias Exactas, Ciencias Humanas y Ciencias Veterinarias de la UNICEN, junto con estudiantes y graduados pertenecientes a las carreras de Licenciatura en Tecnología Ambiental, Licenciatura en

Diagnóstico y Gestión Ambiental y del Doctorado en Ciencias Aplicadas Mención Ambiente y Salud, todos de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Las Escuelas Rurales participantes (Figura 1) fueron:

- JIRIMM N°913, Azucena
- JIRIMM N°2 y EEP N°64 “Almafuerte”, Paraje La Patria, también llamado Paraje Santa Teresa
- EEP N°4 “Mariano Moreno”, Cerro Leones
- EEP N°6 “Amanecer de Esperanzas”, Paraje San Antonio
- EEP N°12 “Miguel de Azcuénaga”, Paraje Los Mimbres
- EEP N°19 “Bernardino Rivadavia”, Gardey
- EEP N°29 “Cornelio Saavedra”, Desvío Aguirre
- EEP N°33 “Guillermo E. Hudson”, Paraje La Porteña
- EES N° 5 María Ignacia Vela
- EES N°6 Ext.2020, Paraje San Antonio
- EES N°13 De la Canal
- EES N°16 “Mariano Moreno”, Cerro Leones
- EES Agropecuaria N°1 “Dr. Ramón Santamarina”
- EES Técnica N°2 Anexo 3021 Fulton
- EES Técnica N°4 Gardey.

El propósito de los proyectos fue promover el conocimiento de la agroecología y la producción orgánica, en el ámbito de las Escuelas Rurales, como alternativas sostenibles de producción de alimentos, es decir amigables con el ambiente y beneficiosas para la salud.

Algunos de los objetivos específicos que se plantearon fueron:

- Conocer la realidad local de las Escuelas Rurales respecto de su entorno productivo.
- Adquirir conocimiento sobre la experiencia de productores orgánicos y agroecológicos del partido.
- Informar a los integrantes de las comunidades educativas rurales sobre los servicios de los ecosistemas, los conceptos de sostenibilidad, agroecología y producción orgánica.
- Dar a conocer los efectos de los plaguicidas y otros productos sintéticos y sus riesgos para la salud.
- Detectar presencia de residuos de plaguicidas en el entorno de los establecimientos escolares.

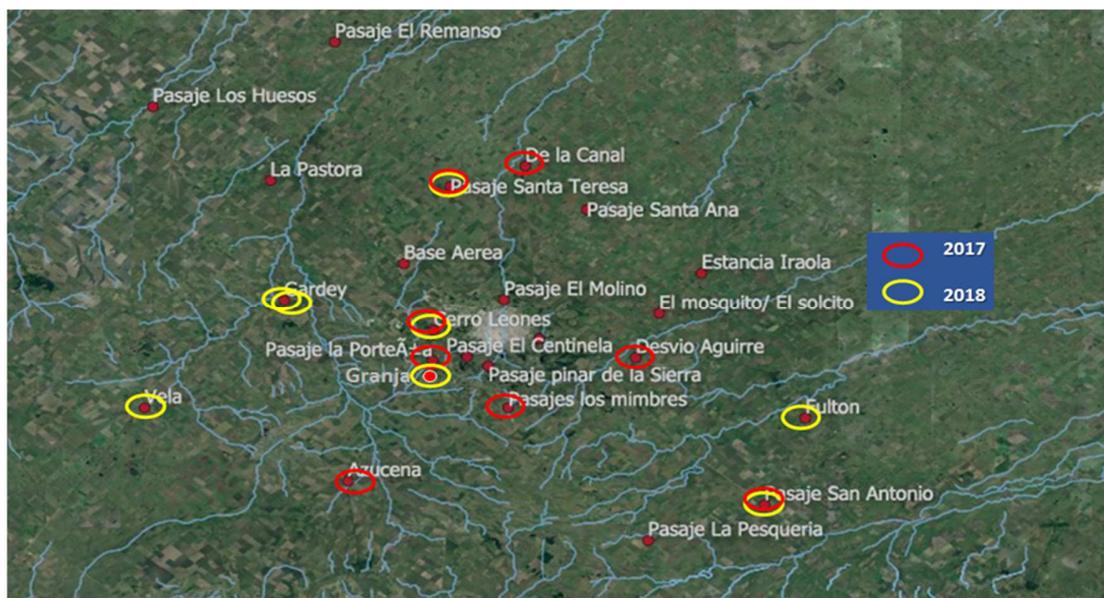


Figura 1. Ubicación de las escuelas rurales pertenecientes al partido de Tandil participantes en los proyectos EcoAgricultura (2017) y EcoAgricultura II (2018). Se indican con distinto color las escuelas según el año en que se trabajó con ellas.

Se hizo hincapié en los beneficios que la agroecología y la producción orgánica ofrecen en comparación con el actual modelo productivo dependiente de fertilizantes y agroquímicos biocidas, que tienen efectos nocivos tanto para la salud como para la calidad del ambiente. Para ello se trabajó con los niños y adolescentes a través del método de indagación, utilizando juegos como disparadores y coordinando las actividades con los docentes rurales en función de la programación anual.

Motivación de los Proyectos

Desde mediados del siglo XX, los agroquímicos plaguicidas se han convertido en insumos ampliamente utilizados en la producción agropecuaria. Aun cuando permiten aumentar rendimientos, producen notables efectos perjudiciales: contaminación de cursos de agua y del suelo, pérdida de carbono orgánico del suelo, pérdida de biodiversidad y efectos dañinos a la salud humana (Souza Casadinho, 2013). Además, los cambios en el uso de la tierra, las prácticas agrícolas intensivas y el uso de plaguicidas han producido en todo el mundo la disminución de los polinizadores, especialmente abejas y mariposas, que son

fundamentales para la producción de muchos cultivos, particularmente frutas, verduras, semillas, nueces y aceites (IPBES, 2016). Estos alimentos son imprescindibles por los numerosos nutrientes que aportan a la dieta humana.

Numerosos estudios sobre la contaminación ambiental producida por estos compuestos dan cuenta de que las moléculas de agroquímicos plaguicidas son transportadas muchos kilómetros por aire, se descargan con las lluvias, se depositan en los suelos y el viento las desplaza junto con el sedimento eólico (Aparicio et al, 2018) , corren por ríos y arroyos (Tomasoni, 2013; De Gerónimo et al., 2014; Lupi et al., 2019; Castro Berman et al., 2018) y, por supuesto, se infiltran en las napas de agua (Pérez-Lucas et al, 2019).

La fracción de una aplicación de plaguicidas que puede derivar (es decir, desplazarse en el aire) alcanza valores de hasta el 90% del producto arrojado sobre un cultivo. En el caso de los herbicidas, está demostrado que la eficiencia de uso es inferior al 20%, siendo el resto del compuesto volatilizado (0-90%), absorbido por el suelo (1-10%), lixiviado (1-5%) o arrastrado por erosión (0-5%) (Hang, 2010).

En Argentina, la Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE) informó que el consumo de plaguicidas aumentó 858% en los últimos 22 años, mientras que la superficie cultivada lo hizo en un 50% y el rendimiento de los cultivos sólo aumentó un 30% (Tomasoni, 2013).

En el partido de Tandil, existe una tendencia creciente al proceso de “agriculturización” (Vázquez y Zulaica, 2011, Vázquez y Zulaica 2012, Vázquez et al., 2014), esto es el avance de la agricultura por sobre la tradicional actividad ganadera. Fundamentalmente en las últimas dos décadas, se ha intensificado el uso de productos biocidas sintéticos que incrementan el riesgo para la salud de las poblaciones aledañas, y el deterioro del ambiente y de los procesos ecológicos fundamentales para el sostenimiento de la vida. La invisibilización de los riesgos y daños asociados al uso de los agroquímicos biocidas pone en evidencia la necesidad de dar a conocer a la población sobre ellos para que pueda tomar las precauciones pertinentes.

En el caso de las escuelas rurales del partido de Tandil, la preocupación de la comunidad educativa con relación a las pulverizaciones ha ido en aumento ya que las mismas se realizan en las inmediaciones de las escuelas. En los últimos años, docentes y padres de varias escuelas rurales de Tandil han manifestado su inquietud respecto a esta problemática ambiental e incluso la han hecho pública a través de denuncias en medios locales. Atendiendo a la constante demanda de información por parte de las comunidades educativas, y ante la posibilidad de la presencia de plaguicidas en los predios escolares,

planificamos encuentros de saberes en los diferentes establecimientos y realizamos toma de muestras de suelo y agua para evaluar la gravedad del problema.

En este informe, se exponen los resultados relacionados a uno de los objetivos propuestos en el marco de los proyectos, esto es, detectar/determinar presencia/ausencia de residuos de plaguicidas en el entorno de los establecimientos escolares.

Este informe consta de las siguientes secciones:

- I. Descripción de los estudios que se realizaron en Escuelas Rurales del Partido de Tandil en el marco de los proyectos de Voluntariado Universitario EcoAgricultura y EcoAgricultura II
- II. Conceptos básicos para la comprensión de los riesgos
- III. Características de los plaguicidas detectados en Escuelas Rurales del Partido de Tandil
- IV. Consideraciones finales
- V. Referencias

Anexo I: Vistas Aéreas de algunas de las Escuelas Rurales participantes en los proyectos EcoAgricultura y EcoAgricultura II

Anexo II: Publicaciones y talleres originados en los proyectos de Voluntariado Universitario EcoAgricultura y EcoAgricultura II

Sección I

Descripción de los estudios que se realizaron en Escuelas Rurales del Partido de Tandil en el marco de los proyectos de Voluntariado Universitario EcoAgricultura y EcoAgricultura II

Como parte del desarrollo de los proyectos de Voluntariado Universitario, EcoAgricultura (2017) y EcoAgricultura II (2018), se realizaron muestreos para detectar la presencia de plaguicidas en el agua y el suelo de las Escuelas Rurales participantes. Los sitios de muestreo se ubicaron en los patios de juego y jardines de éstas, realizándose en cada una la extracción de varias muestras de suelo al azar, dependiendo del tamaño del predio. También se extrajo una muestra de agua del tanque de almacenamiento en aquellas que cuentan con pozo. Los muestreos se realizaron en los meses de Junio y en Diciembre de 2018 respectivamente.

Protocolos

Para realizar el muestreo se tuvieron en cuenta los protocolos de muestreo para agua y suelo del Centro de Investigaciones del Medioambiente (CIMA) de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata (CIMA, 2016). Los plaguicidas fueron determinados empleando un cromatógrafo líquido de ultra performance (UPLC Waters® ACQUITY®) acoplado a un espectrómetro de masas triple cuadrupolo (Quattro Premier XE) (UPLC-MSMS). La técnica utilizada para el análisis de plaguicidas fue desarrollada en la EEA INTA Balcarce y se encuentra descripta por De Gerónimo et al. (2014). En el caso particular de Glifosato y AMPA, se empleó la metodología descrita por Aparicio et al. (2013) y Okada et al. (2018). Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Análisis de Suelo, Planta y Agua de la EEA INTA Balcarce.

Concentraciones y Límites

Corresponde mencionar que tanto la detección como la determinación de la concentración de un compuesto químico depende no sólo del equipo que se utilice sino también de las propiedades moleculares del compuesto. Para cada equipo y para cada ingrediente activo¹

¹ Un **ingrediente activo** (i.a.) es el ingrediente de un medicamento farmacéutico o pesticida que es biológicamente activo. Por lo tanto, un ingrediente activo genera en un ser vivo un efecto que puede medirse. La sustancia en cuestión puede tener origen animal o vegetal, pero también puede haber sido sintetizada de manera artificial como es el caso de los agroquímicos plaguicidas.

en la muestra a analizar, existe un límite de detección (LOD), --es decir que concentraciones menores a ese límite no son detectadas,-- así como un límite de cuantificación (LOQ), --es decir que por debajo de ese límite se puede detectar la presencia pero no determinar la concentración del ingrediente activo en la muestra. Si una muestra contiene distintos ingredientes activos, en un equipo dado, el límite de detección y el límite de cuantificación para cada ingrediente activo es distinto. De igual manera, ambos límites son distintos según se trate de muestras de agua o de muestras de suelo. En la Tabla 1 se muestran ambos límites para cada ingrediente activo encontrado según sea la muestra de agua o de suelo, utilizando el equipo antes mencionado.

Tabla 1. Límite de detección (LOD) y límite de cuantificación (LOQ) del equipo utilizado para cada ingrediente activo en muestras de agua y de suelo.

| Descripción | AGUA | | SUELO | |
|-------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| | LOD (µg/L) | LOQ (µg/L) | LOD (µg/Kg) | LOQ (µg/Kg) |
| Acetoclor | 0,003 | 0,008 | 0,5 | 1,6 |
| Atrazina | 0,0001 | 0,0004 | 0,1 | 0,3 |
| Atz-OH | 0,003 | 0,009 | 0,5 | 1,8 |
| Atz-desisopropil | 0,002 | 0,006 | 0,6 | 2,1 |
| Atz-desetil | 0,0004 | 0,002 | 0,5 | 1,8 |
| Clorpirifos | 0,003 | 0,011 | 0,2 | 0,8 |
| Diclosulam | 0,002 | 0,006 | 0,8 | 2,5 |
| 2,4-D | 0,005 | 0,015 | 10,6 | 35,2 |
| Glifosato | 0,05 | 0,1 | 0,3 | 0,8 |
| AMPA | 0,1 | 0,15 | 0,4 | 1,4 |
| Imazapir | 0,001 | 0,004 | 0,9 | 3,3 |
| Imazaquin | 0,0003 | 0,001 | 0,4 | 1,2 |
| Imazetapir | 0,0001 | 0,0004 | 0,8 | 2,7 |
| Imidacloprid | 0,003 | 0,008 | 1,7 | 5,9 |
| Metolaclor | 0,001 | 0,004 | 0,1 | 0,3 |
| Metsulfurón metil | 0,002 | 0,006 | 0,1 | 0,3 |
| Triticonazol | 0,001 | 0,004 | 0,1 | 0,4 |

Resultados

Los resultados de los análisis de las muestras de agua y de suelo recolectadas se muestran en la Tabla 2 y la Tabla 3. En todas las escuelas rurales se detectó la presencia de algún ingrediente activo (i.a.) de agroquímicos plaguicidas, sumando un total de 16 ingredientes activos. En dichas Tablas se indica con una cruz la presencia de cada i.a. identificado.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), de estos 16 ingredientes activos detectados, los herbicidas Atrazina, Diclosulam, Imazapir, Imazetapir e Imazaquin están clasificados como **Clase IV** (banda verde). Los herbicidas Acetoclor, Glifosato, Metolaclor, Metsulfurón metil y el fungicida Triticonazol pertenecen a la **Clase III** (banda azul). Finalmente, pertenecen a la **Clase II** (banda amarilla) los insecticidas Clorpirifós e Imidacloprid y el herbicida 2,4-D. Los compuestos Atz-OH, Atz-desisopropil y Atz-desetil son metabolitos (es decir producto de la degradación) de la Atrazina, mientras que AMPA (ácido aminometilfosfónico) es metabolito del Glifosato. El hecho de que éstos sean metabolitos no disminuye su toxicidad respecto de la de los ingredientes activos que le dan origen.

Tabla 2. Tabla de detección de agroquímicos en muestras de agua.

| Descripción: Detección de plaguicidas en AGUA | Fecha | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------------------|----------|--------|-------------|------------|------------|--------------|--------------|------------|-----------|----------|
| | | Metsulfurón metil | Atrazina | Atz-OH | Atz-desetil | Diclosulam | Imazetapir | Imidacloprid | Triticonazol | Metolaclor | Imazaquin | Imazapir |
| JIRIMM N°913 Azucena | JUN | | | X | | | X | | | | | |
| EEP N°12 Los Mimbres | JUN | X | X | X | X | | X | | | | | |
| EEP N°6 San Antonio | JUN | X | | | X | X | X | | | | | |
| EES N°6 Ext.2020 San Antonio | DIC | X | | | X | X | | X | X | X | | |
| EEP N°29 Desvío Aguirre | JUN | X | X | | X | | X | | | | | |
| EESA N°1 Granja | DIC | X | X | | X | X | | X | X | X | | |
| EEST N°2 Anexo 3021 Fulton | DIC | X | | | | X | | X | X | X | X | X |
| EEP N°64 La Patria | JUN | X | X | X | X | X | | | | | | |
| EEP N°64 La Patria | DIC | X | | | X | X | | X | X | X | | |
| No. de muestras positivas | | 8 | 4 | 3 | 7 | 6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 |
| Frecuencia (%) | | 0,89 | 0,44 | 0,33 | 0,77 | 0,67 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,11 | 0,11 |

Tabla 3. Tabla de detección de agroquímicos en muestras de suelo.

Muestras de Agua

Las muestras tomadas del tanque abastecido por agua de pozo de las escuelas presentaron un mínimo de 2 y un máximo de 7 plaguicidas en agua. La EESA N°1 (Escuela Granja) y EESR N°2 Anexo 3021 (Fulton) fueron los establecimientos que mayor número de ingredientes activos presentaron en agua (7 plaguicidas), seguidas por la Escuela de Concentración San Antonio (EEP N°6 y EES N°6) y la EEP N°64 (La Patria) con 6 plaguicidas cada una.

En las muestras de **agua**, las sustancias químicas encontradas con mayor frecuencia fueron el Metsulfurón metil (en el 89% de las muestras), Atz-desetil (metabolito de Atrazina, en 77% de las muestras) y el Diclosulam (67%), mientras que los ingredientes activos Imazetapir, Imidacloprid, Atrazina, Triticonazol y Metolaclor aparecieron con una frecuencia del 44%.

Muestras de Suelo

Por otro lado, en las muestras de **suelo** tomadas al azar de los predios escolares, los ingredientes activos más frecuentes fueron Atrazina y su metabolito Atz-OH (63% y 69% de las muestras respectivamente), AMPA (69%, metabolito del Glifosato), Glifosato (56%) y 2,4-D (50% de las muestras).

Estas muestras, tomadas del suelo de los predios escolares donde los niños juegan habitualmente, presentaron un mínimo de 1 y un máximo de 8 plaguicidas. El predio de la Escuela de Concentración San Antonio (EEP N°6 y EES N°6) fue muestreado tanto en Junio como en Diciembre, encontrándose 7 y 8 plaguicidas respectivamente. También se encontraron 7 plaguicidas en las muestras de suelo de la EEP N° 33 (La Porteña) y la EEP N°29 (Desvío Aguirre), que sumadas a la EEST N°2 (Fulton) con 6 plaguicidas, resultaron los establecimientos que mayor número de ingredientes activos presentaron en suelo.

En las Tablas 4 y 5 figuran las concentraciones determinadas en las muestras analizadas.

Discusión²

² Para poder comprender plenamente el significado de estos resultados es esencial tener conocimiento de algunos conceptos básicos y de los términos que habitualmente se utilizan para expresar estos conceptos. Estos son tratados en la sección siguiente.

La inclusión del análisis de muestras de agua y suelo en estos dos proyectos de extensión universitaria obedece al propósito de atender la percepción de riesgo ante la evidencia de la presencia de sustancias tóxicas en el ámbito donde niños y docentes desarrollan sus actividades buena parte del día. No se pretendió realizar un trabajo exhaustivo de investigación, que requeriría del relevamiento adicional de más parámetros, sino responder a la inquietud de los docentes respecto de la eventual presencia de contaminación que podrían estar sufriendo debido a las aplicaciones de agroquímicos plaguicidas en los lotes aledaños o cercanos.

Los agroquímicos plaguicidas que se encontraron en las muestras presentaron concentraciones muy por debajo de aquellas que producen toxicidad aguda, es decir cuyos efectos tóxicos se manifiestan luego de una exposición única de corta duración, usualmente durante 24 horas después de la misma, y que se refiere a la capacidad de una sustancia para producir una lesión, irritación o alergia a nivel de la piel, los ojos y las mucosas. La clasificación de los plaguicidas de acuerdo con su grado de peligrosidad se basa en la determinación de la llamada dosis letal aguda DL50 oral en ratas, es decir la dosis que mata al 50% de una población de estos animales en laboratorio en el plazo de 24 o 48 horas, y constituye la base de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (ver Tabla 6).

Tabla 4. Concentraciones de agroquímicos cuantificadas en las muestras de agua.

| Descripción: Detección en AGUA | Fecha | Metsulfurón metil | Atrazina | Atz-OH | Atz-desetil | Diclosulam | Imazetapir | Imidacloprid | Triticonazol | Metolaclor | Imazaquin |
|--------------------------------------|-------|----------------------|----------|--------|-------------|------------|------------|--------------|--------------|------------|-----------|
| LOD (µg/L) | | 0,002 | 0,0001 | 0,003 | 0,0004 | 0,002 | 0,0001 | 0,003 | 0,001 | 0,001 | 0,0003 |
| LOQ (µg/L) | | 0,006 | 0,0004 | 0,009 | 0,002 | 0,006 | 0,0004 | 0,008 | 0,004 | 0,004 | 0,001 |
| JIRIMM N°913 Azucena | JUN | | | <0.009 | | | <0.0004 | | | | |
| EEP N°12 Los Mimbres | JUN | <0.006 | 0,004 | <0.009 | 0,160 | | <0.0004 | | | | |
| EEP N°6 San Antonio | JUN | <0.006 | | | <0.002 | <0.006 | <0.0004 | | | | |
| EES N°6 Ext.2020 San Antonio | DIC | <0.006 | | | 0,002 | | | <0.008 | <0.004 | 0,013 | |

*Informe sobre Agroquímicos Plaguicidas en Escuelas Rurales del Partido de Tandil
Proyectos EcoAgricultura y EcoAgricultura II*

| | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------------|
| EEP N°29 Desvío Aguirre | JUN | <0.006 | <0.0004 | 0,003 | <0.0004 | | | | |
| EESA N°1 Granja | DIC | <0.006 | 0,017 | 0,042 | | <0.008 | 0,045 | <0.004 | |
| EEST N°2 Anexo 3021 Fulton | DIC | <0.006 | | | <0.006 | <0.004 | 0,011 | <0.004 | 0,041 <0.001 |
| EEP N°64 La Patria | JUN | 0,200 | <0.0004 | <0.009 | 0,031 | | | | |
| EEP N°64 La Patria | DIC | <0.006 | | 0,025 | | <0.008 | <0.004 | 0,018 | |
| | | | | | | | | | |

*Informe sobre Agroquímicos Plaguicidas en Escuelas Rurales del Partido de Tandil
Proyectos EcoAgricultura y EcoAgricultura II*

Tabla 5. Concentraciones de agroquímicos cuantificadas en las muestras de suelo.

| Descripción: Detección en SUELO | Fecha | Atrazina | Atz-OH | Atz-desisopropil | Atz-desetil | Glifosato | AMPA | 2,4-D | Triticonazol | Metolaclor | Acetoclor | Imazetapir | Imidacloprid | Clorpirifos |
|---------------------------------------|-------|----------|--------|------------------|-------------|-----------|-------|-------|--------------|------------|-----------|------------|--------------|-------------|
| LOD (µg/Kg) | | 0,1 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 10,6 | 0,1 | 0,1 | 0,5 | 0,8 | 1,7 | 0,2 |
| LOQ (µg/Kg) | | 0,3 | 1,8 | 2,1 | 1,8 | 0,8 | 1,4 | 35,2 | 0,4 | 0,3 | 1,6 | 2,7 | 5,9 | 0,8 |
| EEP N°33 La Porteña | JUN | <0.3 | <1.8 | <2.1 | <1.8 | 14,7 | 88,7 | <35.2 | | | | <2.7 | | |
| EESA N°1 Granja | DIC | <0.3 | <1.8 | | 0,20 | | | | | <0.3 | | | | |
| EEST N°4 Gardey | DIC | | | | | | | | | <0.3 | 10,6 | | | |
| EEP N°19 Gardey | DIC | | | | | | | | <0.4 | | | | | |
| EEP N°4 Cerro Leones | JUN | | <1.8 | | | | 13,2 | <35.2 | | | | | | |
| EES N°16 Cerro Leones | DIC | <0.3 | | | | | | | <0.4 | | | | <5.9 | |
| EEP N°64 La Patria | JUN | <0.3 | 65,0 | | | 8,2 | 172,7 | <35.2 | | | | | | |
| EEP N°64 La Patria | DIC | | <1.8 | | | 3,1 | <1.4 | | <0.4 | | | | | |
| EES N°13 De la Canal | JUN | <0.3 | | | | 5,7 | 50,5 | <35.2 | | | | | | |
| EEP N°12 Los Mimbres | JUN | | <1.8 | | | 2,5 | 10,2 | <35.2 | | | | | | |
| JIRIMM N°913 Azucena | JUN | | | | | | 19,7 | 42,5 | | | | | | |
| EES N° 5 Vela | DIC | <0.3 | <1.8 | | 1,25 | | | | <0.4 | | | | | |
| EEP N°6 San Antonio | JUN | <0.3 | 25,0 | <2.1 | <1.8 | 2,5 | 12,7 | <35.2 | | | | | | |
| EES N°6 Ext.2020 San Antonio | DIC | 5,5 | <1.8 | <2.1 | 3,17 | 3,1 | <1.4 | | <0.4 | | 5,6 | | | |
| EEST N°2 Anexo 3021 Fulton | DIC | <0.3 | 4 | | 0,70 | 22,1 | 42,3 | | | <0.3 | | | | |
| EEP N°29 Desvío Aguirre | JUN | <0.3 | <1.8 | | <1.8 | 3,0 | 34,2 | 35,5 | | | | | | <0.8 |

Sin embargo, no existen límites definidos para evitar la toxicidad crónica o a largo plazo, es decir la que produce enfermedades que se desarrollan con el tiempo luego de que la persona fue expuesta una o repetidas veces al plaguicida (ver pg. 25). En particular, corresponde mencionar que muchos plaguicidas son genotóxicos (Aiassa et al., 2012; Bernardi et al., 2015; Aiassa et al., 2019) y/o disruptores endocrinos, que son capaces de generar efectos nocivos a la salud **a muy bajas dosis**. Puede decirse que no hay dosis mínima debajo de la cual haya seguridad de no desarrollar una enfermedad cuando se está expuesto a estos plaguicidas. Entre los plaguicidas detectados en las muestras se encuentran el 2,4-D, el Acetoclor y la Atrazina conocidos como disruptores endocrinos en la Categoría 1, y el Glifosato y el Clorpirifós en la Categoría 2 (ver Tabla 8).

Existen los llamados límites de exposición, que son establecidos por las agencias gubernamentales o internacionales con el propósito de proteger a la salud pública, y que representan valores por debajo de los cuales se cree que la mayor parte de las personas pueden exponerse repetidamente sin sufrir efectos adversos para la salud (ver pg. 29 y siguientes). El problema es que estos límites de exposición (ingesta diaria aceptable (DAI), nivel de efecto adverso no observable (NOAE), ingesta diaria tolerable (TDI), valor guía (GV), valores regulatorios de plaguicidas en agua potable (VRPA), valor límite umbral (TLV) y otros) están fijados en función de criterios arbitrarios y varían en órdenes de magnitud según el organismo y/o el país que los establece (ver Tablas 9 y 10). La diversidad y arbitrariedad de los valores para los límites de exposición puede observarse en la descripción de los plaguicidas encontrados en las muestras de agua y de suelo de las escuelas rurales que figuran en la Sección III de este informe.

Corresponde también tener en cuenta la persistencia de un plaguicida en el ambiente, es decir el tiempo en que el producto se mantiene activo y con todas sus propiedades biocidas (ver pg. 24). La persistencia de un plaguicida se establece a través de su vida media, que es el tiempo requerido para que el 50 % del plaguicida original aplicado se degrade, descomponiéndose en otros productos, que no son necesariamente menos dañinos. En las muestras analizadas se encontraron la Atrazina y varios de sus metabolitos (Atz-desisopropil, Atz-desetil y Atz-OH), tanto en agua de pozo como en suelo, lo cual permite inferir la posibilidad de acumulación por superposición de aplicaciones, así como anteriores concentraciones más altas de Atrazina. Algo similar ocurre con el Glifosato y su metabolito AMPA, que resultó cuantificado en concentraciones más altas que las del producto original.

Cabe también mencionar que la vida media es una aproximación del tiempo que puede llevar la degradación de la mitad de la cantidad del producto aplicado, dado que son múltiples los factores ambientales que contribuyen a degradarlo: temperatura, humedad, presencia de microorganismos, proporción de materia orgánica en el suelo, acidez, etc., que

varían de un lugar a otro y de un mes a otro. El rango de variación de la vida media para un mismo producto puede ser de varios órdenes de magnitud. Esto quiere decir que las moléculas de un producto que fue aplicado pueden permanecer en el ambiente mucho más tiempo del que establece la ficha técnica del mismo, y en dosis que por ser bajas no son inocuas, sino que pueden generar enfermedades. Por ejemplo, la vida media por biodegradación de la Atrazina puede variar entre 10 días y 5824 días, es decir casi 16 años (Abdelhafid et al., 2000).

Conclusiones

El uso de productos biocidas sintéticos, particularmente en las vaporizaciones periódicas en los campos de cultivos aledaños a las escuelas rurales, ponen en riesgo la salud de los alumnos y personal docente. Este riesgo hace necesario generar conciencia en la población, particularmente la rural, y al mismo tiempo ofrecer alternativas viables y sostenibles de producción. El trabajo realizado nos permitió comprender, tanto a los extensionistas como a los docentes rurales, que las familias rurales no cuentan con información correcta y adecuada de los riesgos que corren cotidianamente por la manipulación y/o exposición a los agroquímicos biocidas y en muchos casos se observa un desconocimiento de los peligros.

Es así como los niños de nivel primario nos relataron con orgullo cómo ayudaban a sus papás en la aplicación de plaguicidas con mochila, sin precaución alguna; o cómo se les morían las gallinas cuando pasaba el mosquito. Las maestras nos informaron que algunos de los niños ayudaban como banderilleros, lo cual sorprende dada la disponibilidad de tecnología que los reemplaza. Incluso es frecuente escuchar que los niños llaman “remedios” a los plaguicidas, lo cual contribuye a creer que los plaguicidas no pueden hacer ningún daño dado que los remedios son para sanar. El problema reside en el riesgo para el bienestar físico de los niños y sus familias que significa el estar expuestos a acción tóxica de los agroquímicos plaguicidas (ver pgs. 25 a 29). En varias ocasiones, las docentes nos comentaron las dificultades que encontraron para transmitir a los padres la necesidad de utilizar equipos de protección para realizar las aplicaciones de agroquímicos plaguicidas. En un reciente trabajo sobre daños genéticos por exposición a plaguicidas en la provincia de Córdoba (Aiassa et al., 2019) los autores señalan que los elementos de protección utilizados por los treinta aplicadores de plaguicidas que participaron en el estudio fueron insuficientes; no usaban overoles impermeables ni guantes resistentes a productos químicos para el trabajo, que son algunas de las principales medidas para evitar el contacto con las sustancias. El equipo de protección personal mínimo incluye overoles

impermeables, máscara antigás y guantes resistentes a productos químicos (Lanteri et al. 2009).

Corresponde mencionar que los adolescentes del nivel secundario se mostraron en general más informados, conscientes y críticos de los daños que los agroquímicos biocidas producen a la salud, así como en el suelo y el agua y de los efectos negativos de la pérdida de biodiversidad y las consecuencias en la productividad del campo.

Si bien la ordenanza municipal N° 12316 que regula la aplicación de plaguicidas prohíbe *“la aplicación de agroquímicos por vía aérea o terrestre, en lotes que se encuentren a menos de 150 metros de establecimientos escolares, centros de salud, establecimientos elaboradores de productos alimenticios”*, los docentes y los niños de las escuelas rurales, ubicadas mayoritariamente entre campos de cultivo en los que se aplican regularmente los plaguicidas, hasta el alambrado mismo del predio escolar (ver Anexo), están sujetos a riesgos constantes. Los docentes con quienes desarrollamos estos proyectos se mostraron muy interesados en nuestra propuesta y en casi todos los casos estaban motivados por alguna situación de riesgo ambiental acaecida en el entorno de su escuela.

Contrariamente a lo que se puede suponer, los niños de las escuelas rurales, sobre todo los más chicos, no están necesariamente compenetrados en las temáticas relacionadas a las formas de producción y a su efecto en el ambiente. Los educadores son personas clave para llegar a las familias y dar a conocer sistemas alternativos viables de producción que respeten los diferentes seres vivos y sean sostenibles en el tiempo, a través del proceso educativo de los niños. Y desde luego, para que estos niños sean adultos responsables en el futuro.

Sección II

Conceptos básicos para la comprensión de los riesgos ³

¿Qué es un plaguicida?

Hay diferentes definiciones de lo que son los plaguicidas. La mayoría de ellas hacen referencia a que eliminan o limitan el desarrollo de una plaga. El Glosario de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, IUPAC, (Stephenson et al., 2006) define el término plaga de una manera muy esclarecedora: “*Plaga: organismo que se encuentra en un lugar (o en una población) donde los humanos no desean que esté.*” Lo que no aclara la definición es cuales son los humanos que determinan esos organismos que no desean que se encuentren en determinados lugares y/o poblaciones, que en consecuencia son determinados como plagas, lo que impacta también directamente en los medios de eliminarlos, los plaguicidas (Lowy, 2019: 70).

Tradicionalmente se consideraba plaga a cualquier animal que producía daños. Recientemente, la FAO (2018) ha adoptado como definición de plaga: “*cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales*”. Los plaguicidas se pueden usar para controlar insectos, ratones y otros animales, malezas u hongos. Los plaguicidas también se usan para matar organismos que pueden causar enfermedades como bacterias y virus, incluso en entornos hospitalarios y médicos.

Estos agroquímicos, aplicados en nuestro país por varios cientos de millones de Kg/lt de formulados por año, pueden ser dañinos para las personas, los animales y/o el medio ambiente. Los agroquímicos plaguicidas cubren un amplio espectro de efectos tóxicos, por lo que pueden afectar la salud humana y ambiental de maneras muy variadas. La exposición a un plaguicida en particular puede ocurrir a través de múltiples rutas de exposición (oral, dérmica e inhalación) dependiendo del tipo y uso del plaguicida. Las formas comunes de exposición a plaguicidas para la población en general incluyen los residuos de plaguicidas

³ El material incluido en esta sección ha sido en su mayor parte recabado del sitio del Instituto Regional de Estudios de Sustancias Tóxicas (IRET) de la Universidad Nacional de Costa Rica (<http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/>), y completado con referencias científicas pertinentes a cada tema según fuese necesario.

en aire, en agua de consumo y en alimentos, aunque en regiones rurales la población está también expuesta a la deriva de las aplicaciones y las moléculas de plaguicidas adheridas a partículas de tierra que levanta el viento (Aparicio et al, 2018). Los niños en particular son altamente susceptibles a la exposición a plaguicidas, porque su organismo no está totalmente desarrollado (FAO-OIT, 2015). La exposición laboral a plaguicidas es un riesgo serio para los trabajadores agrícolas, los aplicadores y los operadores comerciales de control de plagas porque ocurre repetidamente y por períodos largos.

La exposición a plaguicidas puede afectar la salud de diversas formas. Por razones de tipo ético, para estimar efectos tóxicos agudos en seres humanos, los estudios de los efectos se llevan a cabo con animales, generalmente ratas y conejos, y luego se extrapolan los resultados utilizando factores de conversión.

¿Qué significa la toxicidad de una sustancia?

La **toxicidad** es el grado de efectividad de una sustancia tóxica para producir daño en un organismo. En otras palabras, la toxicidad es la capacidad inherente de una sustancia química de producir efectos adversos en los organismos vivos, es decir efectos de deterioro de tipo funcional, lesiones patológicas que afectan el funcionamiento del organismo y reducen su capacidad de respuesta a factores de riesgo o estrés. De acuerdo con el tiempo de exposición para que se llegue a manifestar el efecto tóxico o de su duración, éstos se dividen en dos grupos: **agudos y crónicos** (Klaassen, 2008).

Toxicidad aguda o inmediata

La toxicidad aguda se define como los efectos tóxicos observados con una exposición única de corta duración, usualmente registrando los efectos durante 24 horas después de la aplicación en animales de laboratorio. Se busca estimar la dosis o concentración letal 50% aguda (DL50 o CL50), los efectos irritantes y corrosivos para la piel y ojos y la sensibilización.

Se denomina **Dosis o Concentración Letal 50** (DL50 o CL50) a la cantidad de miligramos de ingrediente activo por kilogramo de peso requerido para matar al 50% de los animales de laboratorio expuestos, usualmente ratas o conejos. La DL50 debe determinarse para las diferentes vías de exposición (oral, dérmica e inhalatoria) y en diferentes especies animales. La DL50 oral en ratas constituye la base de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la clasificación de los plaguicidas de acuerdo con su grado de peligrosidad (Tabla 6). En aquellos casos en que la toxicidad oral es superada por la dérmica, se utiliza esta última para la asignación de la categoría.

Tabla 6. Categorías de peligrosidad de los plaguicidas, según la OMS (IPCS, 2009).

| Categoría | | DL50 en ratas (mg/kg de peso) | | | |
|-----------|--|-------------------------------|----------|------------|------------|
| | | Oral | | Dérmica | |
| | | Sólido* | Líquido* | Sólido* | Líquido* |
| Ia | Extremadamente peligroso | < 5 | < 20 | < 10 | < 40 |
| Ib | Altamente peligroso | 5-50 | 20-200 | 10 - 100 | 40- 400 |
| II | Moderadamente peligroso | 50-500 | 200-2000 | 100 - 1000 | 400 - 4000 |
| III | Ligeramente peligroso | >500 | > 2000 | > 1000 | > 4000 |
| IV | En condiciones de uso normales [†] , no hay peligro de efectos agudos | 5000 o más | | 5000 o más | |

* Estado físico del ingrediente activo.

† Significa "uso según las normas vigentes".

Por diferentes razones existen dos grupos de plaguicidas que no están incluidos en la clasificación de la OMS:

- O: productos obsoletos o discontinuados.
- FM: fumigantes gaseosos o volátiles, porque la clasificación no considera criterios de concentración en aire.

Löwy (2019) señala que la OMS, en sus recomendaciones para la clasificación toxicológica de los plaguicidas (OMS, 2010), en la primera página inmediatamente después de la carátula y de los títulos dice: "... el material publicado se distribuye sin garantía de cualquier tipo, ya sea explícita o implícita. La responsabilidad de la interpretación y el uso del material recaen en el lector. En ningún caso la Organización Mundial de la Salud será responsable por daños derivados de su uso (OMS, 2010: ii)."

La OMS señala que no se hace cargo de su uso, no que no se hace cargo de su mal uso. El texto es claro: la OMS recomienda pero no se hace responsable, de ninguna manera, de las

consecuencias de lo que recomienda, trasladando la responsabilidad al lector del texto (Löwy, 2019: 106).

Por su parte, la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (EPA) reconoce cuatro categorías de toxicidad aguda (Tabla 7).

Tabla 7. Categorías de Toxicidad de los plaguicidas, según la EPA (USEPA, 2002).

| | | DL50 en ratas | | | | |
|------|----------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|---|---|
| | Categorías | Oral (mg/kg) | Dérmica (mg/kg) | Inhalación (mg/l) | Efectos oculares | Efectos dérmicos |
| I* | Altamente tóxico | < 50 | < 200 | 0,05 | Corrosivo, opacidad corneal no reversible >21 días | Corrosivo. |
| II* | Moderadamente tóxico | 50-500 | 200-2000 | 0,05 a < 0,5 | Opacidad corneal. Irritación persistente de 8-21 días | Irritación severa a las 72 horas (eritema o edema severo). |
| III* | Ligeramente tóxico | 500-5000 | 2000-5000 | 0,5-2 | Irritación reversible en 7 días o menos, no opacidad corneal | Irritación moderada a las 72 horas (eritema moderado). |
| IV | Prácticamente no tóxico | > 5000 | > 5000 | > 2 | Sin irritación. Efectos desaparecen en menos de 24 horas | Irritación leve a las 72 horas. |

* La dosis letal para una persona adulta de los ingredientes activos de clase I es de 5 gramos (menos de 1 cuchara de té), de clase II es 5 a 30 gramos y de clase III más de 30 gramos.

Persistencia de un plaguicida

El término *persistencia* se introdujo en la literatura científica de plaguicidas para describir la existencia continua de ciertos insecticidas en el medio ambiente y actualmente se aplica a cualquier compuesto químico orgánico que tenga actividad biológica. Las sustancias

químicas persistentes no son realmente estables o inertes dado que casi siempre hay alguna degradación. Idealmente, un plaguicida debería controlar efectivamente el organismo objetivo durante un período crítico de tiempo durante su crecimiento y luego degradarse a productos inofensivos para el hombre y otros organismos. Pero en realidad, esta situación rara vez ocurre y, dependiendo de su forma de uso y condiciones ambientales, puede darse la existencia continua del compuesto original y/o de metabolitos biológicamente activos durante períodos prolongados (Greenhalgh, 1980). Estos residuos o contaminantes indeseados pueden y suelen poner en peligro directa o indirectamente alguna forma de vida. Es por esto que resulta necesario saber cuánto tiempo persiste un plaguicida dado después de su aplicación y cuáles son los efectos de su persistencia, es decir, su potencial de bioacumulación o su toxicidad selectiva para ciertos organismos. El período durante el cual un compuesto químico ejerce un efecto dependerá no sólo de sus propiedades químicas, sino también de las características del entorno específico y de los organismos presentes. Es decir que la persistencia de un plaguicida en el ambiente no denota una característica absoluta de esa sustancia química, sino que es función de muchas interacciones (Greenhalgh, 1980).

La persistencia se suele expresar en tiempos de *vida media* o residencia, pero se relacionan únicamente con una condición y ambiente específicos (Greenhalgh, 1980). La *vida media* o DT_{50} de un plaguicida es el tiempo requerido (en días) para convertir el 50% de éste en otra o varias sustancias, en cualquiera de las matrices o compartimentos ambientales (agua, aire, suelo, biota). Es importante tener en cuenta que la vida media no es un valor absoluto sino variable que, como se mencionó antes, depende de varios factores (humedad, temperatura, acidez, microorganismos, etc.).

Por otro lado, las propiedades físicas y químicas del plaguicida determinan qué tan probable es que se mueva a través del suelo (movilidad en el suelo), qué tan bien se disuelve en el agua (solubilidad en agua), y cuán probable es que sea transportado por el aire (volatilidad).

¿Qué efectos tienen los plaguicidas en la salud?

Definiciones relativas a la acción tóxica

Acción tóxica se refiere al mecanismo de acción a través del cual la sustancia produce el efecto adverso y las manifestaciones clínicas en el ser humano. Cuando la información está disponible, la severidad del efecto se expresa como *leve*, *moderada* o *severa* y se indica también si la sustancia es *corrosiva*.

Se denomina **toxicidad tóxica** a la capacidad de una sustancia para producir una lesión, irritación o alergia a nivel de la piel, los ojos y las mucosas (BCPC, 2003; Klaassen, 2008).

- La capacidad irritativa **ocular** (ojos) de una sustancia química es medida a través del goteo de la sustancia en uno de los ojos de los conejos. Se evalúan las lesiones a intervalos de 24 y 72 horas, y de 4 ó 7 días y se les asigna un índice de irritación primaria de acuerdo con el tipo y la gravedad de las lesiones causadas en la conjuntiva, córnea e iris.
- La capacidad irritativa **dérmica** (piel) de una sustancia se mide a través de una única aplicación de la sustancia a la piel afeitada de conejos, durante 4 ó 24 horas. Las lesiones producidas en la piel son evaluadas a las 24 y 72 horas después de la aplicación. Se le asigna un índice de irritación según la capacidad de producir eritema, edema, ampollas u otras lesiones.
- La actividad **alérgica** se define como la capacidad de desencadenar reacciones alérgicas con la exposición repetida a la sustancia. La prueba de capacidad sensibilizante se realiza en cobayos. En el caso que exista información de capacidad irritativa y de actividad alérgica para otros grupos de mamíferos, también será incluida en la hoja de seguridad del ingrediente activo (i.a.).

En las clasificaciones de toxicidad no se tienen en cuenta las toxicidades que ocurren en intervalos de tiempo más largos o bien que se manifiestan más lentamente, es decir que enferma pero no mata, como la subletal crónica o a largo plazo por aplicaciones repetidas y subletal crónica por una sola aplicación, y la bioacumulación. Tampoco se consideran los efectos sinérgicos de varias sustancias tóxicas actuando simultáneamente o incluso aquellos entre sustancias tóxicas de síntesis y compuestos naturales que se encuentran en el ambiente (Lajmanovich et al. 2019).

Toxicidad crónica o a largo plazo

La toxicidad crónica o a largo plazo es la que produce enfermedades que se desarrollan con el tiempo luego de que la persona fue expuesta una o repetidas veces al plaguicida. La literatura científica comprueba y alerta que los plaguicidas en general están vinculados al desarrollo de enfermedades debido a efectos que incluyen:

- **Neurotoxicidad**, que se manifiesta con distintos niveles, desde irritabilidad, euforia, y descoordinación de movimientos, pasando por alteraciones fisiológicas en los órganos sensoriales, hasta alteraciones morfológicas como muerte de neuronas. Se la vincula a la enfermedad de Alzheimer y síndromes del espectro autista (Vela et al., 2003; INSHT).

- **Genotoxicidad**, que se refiere a la alteración en el material genético o en sus componentes asociados, generada por muy baja exposición a muy bajas concentraciones de plaguicidas como mutagenicidad, aberraciones cromosómicas, y daño en el ADN (Klaassen, 2008). Estas mutaciones han sido relacionadas con **leucemias, linfomas y tumores sólidos**. Las aberraciones cromosómicas se han asociado con **el cáncer, el envejecimiento prematuro, retraso mental, malformaciones** y otras enfermedades (Aiassa et al., 2019). La bibliografía señala que el cuerpo tiene capacidad de curar, de revertir los daños genéticos, pero que esos mecanismos se ven sobrepasados si la exposición es repetida (Bernardi et al, 2015). La importancia en la detección precoz del daño genético radica en que permite tomar las medidas necesarias para disminuir o suprimir la exposición al agente deletéreo cuando aún éste es reversible (Bernardi et al, 2015), y de ese modo prevenir y disminuir el riesgo de desarrollar neoplasias y otras alteraciones patológicas. En Aiassa et al. (2012) se revisan los principales conceptos en la temática, la utilidad de los estudios de genotoxicidad y se hace referencia a los trabajos realizados en los últimos veinticinco años sobre monitoreo genético de personas expuestas laboralmente a plaguicidas. Los autores enfatizan que los ensayos de genotoxicidad, que incluyen aberraciones cromosómicas, micronúcleos, intercambio de cromátidas hermanas y cometa, deberían ser considerados como herramientas indispensables en la implementación de una vigilancia médica completa en personas potencialmente expuestas a diversos contaminantes ambientales y en especial aquellas que habitan en el mismo lugar con personas que ya han desarrollado algún tipo de neoplasia en edades tempranas, con el fin de prevenir la ocurrencia de tumores de origen ambiental y especialmente laboral.

- **Carcinogenicidad**, que se refiere a la capacidad de un plaguicida de producir una neoplasia o cáncer (IARC, 2008). Suelen tomarse en cuenta dos clasificaciones para carcinogenicidad: la de la EPA (USEPA, 2018) y la de la Agencia Internacional para Investigaciones en Cáncer (IARC). Ambas clasificaciones se basan en los estudios epidemiológicos realizados en la especie humana y en el desarrollo de tumores evidenciables histológicamente en animales de experimentación.

- **Efectos reproductivos** por exposición durante el período previo o posterior a la concepción y la gestación. Los estudios de teratogénesis (proviene del griego «terato», que significa monstruo) incluyen los efectos por exposición durante el período embrionario, que usualmente se relacionan con **malformaciones congénitas mayores**; los efectos causados por exposición durante la edad fetal, que usualmente son **malformaciones morfológicas menores**, trastornos en la maduración funcional, y todos los efectos relacionados con la fertilidad masculina o femenina, el desarrollo peri- y postnatal de los embriones que en algunos casos se extienden a varias generaciones. En Argentina, la vinculación entre

teratogénesis y agroquímicos plaguicidas ha sido estudiada por los equipos de investigadores de A. Carrasco y R. Lajmanovich (Izaguirre et al, 2000; Lajmanovich et al, 2003; Lajmanovich et al, 2005; Paganelli et al, 2010; Peltzer et al, 2011; López et al, 2012, entre otros)

● **Disrupción endocrina:** Un disruptor endocrino es una sustancia química capaz de alterar el equilibrio hormonal y de provocar diferentes efectos adversos sobre la salud, a veces irreversibles (Tabla 8). Los efectos dependen del sistema hormonal al que afecten (estrogénico, tiroideo, etc.) y de la etapa de la vida en que se dé la exposición (durante el desarrollo fetal, niñez, pubertad, etc.), y son diferentes según el sexo. Son de especial importancia los efectos en los hijos de personas expuestas (INSHT). En esta categoría encontramos enfermedades como el **hipotiroidismo, la diabetes y la celiaquía**. Entre los posibles efectos se encuentran, en **adultos expuestos**, alteraciones y daños del sistema reproductor que van desde la modificación de los niveles de hormonas, hasta las malformaciones en la descendencia, la muerte embrionaria y fetal y el cáncer de mama, testículo y próstata; y en la **descendencia** de personas expuestas, deformación de órganos reproductores, cáncer vaginal, no descenso testicular, reducción del número de espermatozoides, pubertad precoz, problemas en el desarrollo del sistema nervioso central, hiperactividad y problemas de aprendizaje. Se sabe que uno de los factores que contribuye al **autismo** es la exposición de la madre a plaguicidas durante el embarazo. Los disruptores endocrinos pueden generar efectos nocivos a la salud a muy bajas dosis. Sería muy importante hacer un **estudio epidemiológico** de los niños de las familias rurales en nuestro partido.

● **Enfermedades neurodegenerativas** como el **Parkinson** (Meco et al., 1994), que comúnmente se manifiesta entre los 50 y 70 años. Recientes estudios epidemiológicos y experimentales han demostrado que la exposición a ciertos plaguicidas puede contribuir en la patogénesis de este desorden.

Respecto de su capacidad para generar disrupción endocrina, las sustancias químicas son categorizadas según la Tabla 8.

Tabla 8. Clasificación de disrupción endocrina de la Unión Europea (INSHT)

| Descriptor | Criterio |
|-------------|--|
| Categoría 1 | Sustancias de las que se tienen pruebas de su capacidad efectiva o potencial para causar alteraciones endocrinas que ni están restringidas ni se están abordando bajo la legislación comunitaria vigente y sustancias de las que se tienen pruebas de su capacidad efectiva para causar alteraciones |

| | |
|-------------|---|
| | endocrinas que ya están reguladas o se abordan en la legislación vigente (estudios epidemiológicos y experimentales) |
| Categoría 2 | Sustancias de las que se tienen pruebas de su capacidad potencial para causar alteraciones endocrinas que ya están reguladas o se abordan en la legislación vigente (estudios epidemiológicos y experimentales) |
| Categoría 3 | Sustancias de las que no hay datos (categoría 3a) o no se han reunido datos suficientes (categoría 3b) sobre su capacidad para causar alteraciones endocrinas. |

¿A partir de cuánta exposición es riesgoso un plaguicida?

Los límites de exposición son valores establecidos por las agencias gubernamentales o internacionales con el propósito de proteger a la salud pública y a los trabajadores. Estos valores representan cantidades por debajo de las cuales se cree que la mayor parte de las personas pueden exponerse repetidamente sin sufrir efectos adversos para la salud. Sin embargo, existe una gran variabilidad en la susceptibilidad individual por lo que la definición de estos límites no permite asegurar que la totalidad de las personas vayan a estar exentas de algún efecto adverso. Por otro lado, existe una variedad de conceptos y de criterios involucrados, lo que resulta que en distintos países se asignen valores que discrepan en uno o varios órdenes de magnitud.

El concepto de **ingesta diaria aceptable (ADI)** por las siglas en inglés fue propuesto por el Consejo de Europa en 1961 y posteriormente por el Comité Experto Conjunto FAO/OMS para los Aditivos Alimentarios (JECFA) que pertenece a ambos organismos de las Naciones Unidas. La **ingesta diaria aceptable** o **ADI** es una medida de la cantidad de una sustancia específica (originalmente establecida para un aditivo alimentario, y posteriormente también para un residuo de un medicamento veterinario o un plaguicida) en alimentos o agua potable que puede ingerirse por vía oral diariamente durante toda la vida sin un riesgo apreciable para la salud (OMS, 1987). La dosis ADI suele expresarse en miligramos de la sustancia por kg. de peso corporal por día (Lu y Kacew, 2002; Faustman y Omenn, 2001).

Un valor de ADI debe basarse en investigación actualizada, con estudios a largo plazo en animales y observaciones de humanos. Primero, se determina un nivel de efecto adverso no observado (NOAEL, no-observed-adverse-effect level), es decir, la cantidad de una sustancia que no muestra efectos tóxicos en animales (Fennema, 1996; Faustman y Omenn, 2001) utilizando un rango adecuado de dosis, incluidas las dosis altas. Luego se ajusta respetando las diferencias entre animales de laboratorio y humanos y teniendo en cuenta las diferencias en sensibilidad entre humanos. El valor ADI se considera un nivel de consumo

seguro para un adulto sano de peso normal que consume una cantidad diaria promedio de la sustancia en cuestión. El concepto de ADI puede entenderse como una medida para indicar la toxicidad de la exposición a largo plazo a través de la ingestión repetida de compuestos químicos en los alimentos (originalmente presentes y/o agregados), en oposición al concepto de toxicidad aguda.

Para contaminantes no deseados u otros productos químicos suele usarse el concepto de **ingesta diaria tolerable** (TDI, tolerable daily intake). La ingesta diaria tolerable se refiere a la cantidad diaria de una sustancia química que se ha evaluado como segura para el ser humano a largo plazo (generalmente toda la vida). El término TDI se prefiere al de ADI cuando se trata de contaminantes que no se utilizan intencionalmente. Tanto el valor ADI como el TDI se calculan con experimentos en animales. Debido a que los *factores de incertidumbre* (factores de seguridad) pueden variar según la calidad de los datos y el tipo de efecto adverso estudiado, los valores de TDI *no son buenas estimaciones de la nocividad* de los productos químicos y deben considerarse herramientas administrativas para establecer límites permitidos para los productos químicos *en lugar de medidas científicas certeras* (Renwick, 1999; Faustman y Omenn, 2001). Existe además el concepto de **valor límite umbral** (TLV, threshold limit value) de una sustancia química, que es *el nivel al que se cree* que un trabajador puede estar expuesto día tras día para una vida laboral sin efectos adversos.

La OMS ha establecido un límite regulatorio para **aguas de consumo** (IUPAC, 2003; OMS 2008). El **valor guía** (GV) se define como la máxima cantidad del plaguicida que se puede ingerir diariamente en el agua de consumo y se expresa en µg/L. Sin embargo, los **Valores Regulatorios de Plaguicidas en Agua Potable (VRPA)** son valores de orientación regulatoria aplicados por jurisdicciones para controlar la contaminación por plaguicidas en agua potable (país, provincia, estado, organismos regulatorios nacionales y supranacionales). En la Tabla 9 se muestran a modo de ejemplo algunos plaguicidas que han sido regulados en agua potable con mayor frecuencia, y los valores que se les ha asignado en distintos países.

En la Tabla 10 se muestran los Valores Regulados VRPA permitidos para el Glifosato en agua en distintos países. Notar que en Argentina existen dos valores, uno consta en la Ley 24051 de Residuos Peligrosos que toma como referencia la Canadian Water Quality Guidelines (1987), y el otro es el de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2003) que refiere a estudios de la USEPA. La Tabla 10 muestra la arbitrariedad en la determinación de los valores límite.

Tabla 9. Límites permisibles de plaguicidas en agua para consumo humano ($\mu\text{g/l}$) (Hansen et al, 2013)

| Agroquímico Plaguicida | Unión Europea | EEUU | Canadá | OMS |
|------------------------|---------------|------|--------|-----|
| Clorpirifós | - | - | 9 | 30 |
| 2,4-D | - | 70 | 100 | 30 |
| Atrazina | 0,1 | 3 | 5 | 2 |
| Glifosato | - | 700 | 280 | - |

Tabla 10. Valores regulados ($\mu\text{g/L}$) del Glifosato en Agua Potable

| País | $\mu\text{g/L}$ |
|--------------------------------|-----------------|
| Reino Unido | 100 |
| Unión Europea | 0,1 |
| Canadá | 280 |
| Australia | 1000 |
| Argentina / Ley 24051 | 280 |
| Argentina / Subsecretaría RRHH | 300 |

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos declara que los productos químicos que dan lugar a enfermedades distintas del cáncer y a mutaciones genéticas a menudo se denominan "tóxicos sistémicos" debido a sus efectos negativos sobre la función de sistemas de órganos. Además, los productos químicos que causan cáncer y mutaciones genéticas también suelen provocar toxicidad sistémica. Según la EPA, la toxicidad sistémica *se trata como si hubiera un umbral de exposición identificable* (tanto para el individuo como para las poblaciones) por debajo del cual no hay efectos adversos observables (NOAEL). Esta característica distingue los efectos sistémicos de los efectos cancerígenos y mutagénicos, que a menudo se tratan como procesos sin umbral. Los efectos sistémicos se han evaluado tradicionalmente usando términos como "ingesta diaria aceptable (IDA)", "factor de seguridad (SF)" y "margen de seguridad (MOS)".

El Grupo de Trabajo de Dosis de Referencia (RfD) de la EPA ha propuesto una terminología nueva: "dosis de referencia (RfD)", "factor de incertidumbre (UF)"; "margen de exposición (MOE)"; y "dosis reguladora (RgD)". La RfD es una estimación (con una incertidumbre que abarca quizás un orden de magnitud) de una exposición diaria a la población humana (incluidos los subgrupos sensibles) *que probablemente no tendrá un riesgo apreciable de efectos nocivos* durante toda la vida. La RfD generalmente se expresa en unidades de miligramos por kilogramo de peso corporal por día (mg/kg/día). Por lo general, las dosis inferiores a la RfD *probablemente no estén asociadas con riesgos adversos* para la salud. A medida que aumenta la frecuencia y/o magnitud de las exposiciones que exceden la RfD, aumenta la probabilidad de efectos adversos en una población humana. Sin embargo, no debe concluirse categóricamente que todas las dosis por debajo de la RfD son "aceptables" (o estarán exentas de riesgo) y que todas las dosis en exceso de la RfD son "inaceptables" (o darán lugar a efectos adversos) (EPA, 1993).

Se han establecido niveles legales de concentración, supuestamente seguros, para una larga lista de sustancias contaminantes y que deberían marcar un umbral entre el nivel de consumo que representa un riesgo y el que no. Corresponde preguntarse cuán confiables son estos valores si se consideran los términos en que las agencias involucradas (OMS, JECFA, EPA, IUPAC, etc.) se expresan: "sin un riesgo apreciable", "los factores de incertidumbre pueden variar", "es el nivel al que se cree que", "se trata como si hubiera un umbral de exposición identificable", "que probablemente no tendrá un riesgo apreciable de efectos nocivos", "las dosis inferiores a la RfD probablemente no estén asociadas con riesgos adversos para la salud", etc. Por otro lado, ante las evidencias científicas, para muchas sustancias se ha revisado y reducido el nivel de exposición que se consideraba "seguro" y la concentración que hace unos años se tenía por "segura" ahora se tiene por insegura.

Se sabe que exponerse a varias sustancias tóxicas simultáneamente puede tener un efecto mayor que exponerse a cada una de esas sustancias separadamente por el llamado efecto sinérgico. Sin embargo, la toxicología oficial empleada para establecer los niveles legales, supuestamente seguros, de exposición a las sustancias tóxicas no ha evaluado el riesgo real de las mezclas de sustancias a las personas que están expuestas de forma cotidiana. No se ha definido un nivel admisible de consumo para la combinación, por ejemplo, del Glifosato con el clorpirifos, con la cipermetrina, con el 2,4-D o con la atrazina o para las muchísimas posibles combinaciones de los cientos de ingredientes activos que pudieran darse entre plaguicidas y con otros elementos, como el arsénico, o miles de compuestos que se encuentran en el ambiente. En una sola comida una persona puede verse expuesta simultáneamente a una larga lista de plaguicidas diferentes.

Un trabajo de investigación realizado por investigadores de la Universidad Nacional de La Plata sobre presencia de agroquímicos biocidas en frutas y verduras obtenidas en verdulerías (MacLoughlin et al, 2018) permitió conocer la magnitud de la contaminación de los alimentos más comunes. Se detectaron agroquímicos plaguicidas en el 65% de las muestras totales. En el 44% de las muestras con plaguicidas, éstos se encontraron en concentraciones por debajo de o en los límites máximos de residuos permitidos (LMR), pero en el 56% de dichas muestras las concentraciones estaban por encima de los LMR. Muchas de las muestras que contenían múltiples plaguicidas estaban por encima de los LMR respectivos para al menos uno de los agentes detectados (MacLoughlin et al, 2018). Las normativas existentes no contemplan tales casos de co-ocurrencia. Estas condiciones crean una situación por la que la población en nuestro país está expuesta cotidianamente a una mezcla compleja de plaguicidas en las frutas y vegetales que consume habitualmente.

Convenios Internacionales

La presencia de plaguicidas en el ambiente ha llevado a tomar acciones para reducir los efectos negativos de estas sustancias. Existen varios instrumentos internacionales que han contribuido a que se elimine el uso de algunos de los plaguicidas de mayor preocupación por su toxicidad, persistencia, potencial de bioacumulación y movilidad. Entre estos convenios destacan el Código Internacional de Conducta de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), los planes de acción regional para el Manejo Adecuado de Sustancias Químicas de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA, 2012) y el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (POP) (UNEP, 2001).

Sección III

Características de los plaguicidas detectados en Escuelas Rurales del Partido de Tandil

INSECTICIDAS

Clorpirifós

El Clorpirifós es un insecticida organofosforado clorado. Es conocido por ser un insecticida con capacidad irritativa ocular, cuya exposición crónica causa un síndrome parecido a la gripe. Se ha descrito que puede provocar desorientación, pérdida de la memoria, falta de concentración, depresión severa, irritabilidad, insomnio y dificultad para hablar luego de una exposición crónica en humanos.

Su modo de acción como insecticida es no sistémico, por contacto, estomacal y respiratorio. Inhibe la colinesterasa. Los productos químicos que interfieren con la acción de la colinesterasa, como el gas sarín, son potentes neurotoxinas, causando excesiva salivación y ojos llorosos en bajas dosis, seguido por espasmos musculares y finalmente muerte. Se utiliza para el control de insectos minadores, chupadores y cortadores en el suelo y follaje, en muchos cultivos y para eliminar plagas domésticas (cucarachas, moscas, termitas, polillas). Es **clase II, Moderadamente peligroso** (OMS) y **clase II, Moderadamente tóxico** (EPA). La toxicidad tóxica muestra capacidad irritativa ocular positiva (moderada) y dérmica positiva, pero no muestra capacidad alérgica.

La toxicidad crónica y a largo plazo muestra efectos neurotóxicos de **nivel 2** (colinérgico, neuropatía retardada), así como disrupción endocrina de **categoría 2**. Se observa genotoxicidad positiva (aberraciones cromosómicas) y efecto positivo en Parkinson, así como otros efectos crónicos: síndrome tipo influenza (debilidad, anorexia y malestar general); también desorientación, pérdida de memoria, irritabilidad, insomnio, dificultad para hablar, depresión severa. Inhibe la acetilcolinesterasa. En la Unión Europea se le asignan la "frase de riesgo" **R25**: Tóxico por ingestión.

Límites de exposición: ADI: 0,01 mg/kg; TLV-TWA: 0,2 mg/m³. Límites en agua de consumo: 0,1 µg/L (Unión Europea); GV (valor guía) 30 µg/L (OMS).

Hasta ocho países de la Unión Europea—entre ellos, Francia, Alemania, Irlanda, Finlandia y Suecia— prohibieron su uso en años pasados o nunca han autorizado su empleo. Igualmente está vetado su uso en California y en otros cinco estados de Estados Unidos. La preocupación por los efectos nocivos del clorpirifós ha generado una moratoria implementada por la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) hasta el 31 de enero de 2020 para estudiar y determinar si se prohíbe definitivamente su uso en la agricultura o si se permite su utilización como ha venido ocurriendo desde la década del 60. Se estima que la Comisión Europea prohibirá el uso del clorpirifós en todos los países comunitarios desde comienzos de 2020.

En Argentina, por Resolución MSN1631/2013 (<http://goo.gl/dXZ4ju>), *“Prohíbese la formulación de productos desinfectantes domisanitarios de venta libre, profesional y de uso exclusivo en Salud Pública, en base a más de un principio activo cuyo mecanismo de acción sea la inhibición de las colinesterasas”*. Adicionalmente el Clorpirifós está categorizado como “restringido”, por Resolución MSN 456/2009 (<http://goo.gl/vdwQXV>), *“Prohíbese la importación, producción, comercialización y uso en formulaciones de productos domisanitarios, a excepción de cebos con cierre a prueba de niños con no más de 0,5% de principio activo”*. El SENASA lo aprobó en 1962 y aunque el Ministerio de Salud dispuso su prohibición para uso doméstico en 2009, sigue estando permitido en el ámbito rural.

La utilización del Clorpirifós en Argentina se extendió al punto de liderar el ranking de los 20 con mayor presencia en frutas y verduras, según asegura el informe del grupo de trabajo “Naturaleza de Derechos” que sistematiza datos oficiales recabados por el SENASA entre 2011 y 2016 (Clarín Sociedad del 18/06/2019). Según estudios científicos estadounidenses citados en el informe, los niños más expuestos al insecticida en sus primeros meses de vida o cuando aún estaban en el vientre de sus madres, sufren retrasos mentales como poca memoria, trastornos de déficit de atención o hiperactividad. Y tienen un cociente intelectual hasta 7 puntos menor que otros chicos. También provoca un aumento de la frecuencia del autismo y de lesiones cerebrales precoces.

En cuanto a su comportamiento ambiental, tiene baja solubilidad en el agua y tendencia a asociarse más con la fase orgánica que con la acuosa. Es absorbido al suelo y no percola fácilmente, se degrada con lentitud por la acción microbial transformándose en 3,5,6-tricloropiridin-2-ol (TCP). Este metabolito es medianamente soluble, volátil, persistente y móvil en el suelo. Tiene un alto potencial de lixiviación. El clorpirifós ha sido detectado con frecuencia en aguas superficiales de las regiones agrícolas y urbanas de los Estados Unidos y se encuentra entre los 10 insecticidas problema que superan la norma ecotoxicológica de agua (MTR 0,003 µg/L) en Holanda.

El Clorpirifós es muy tóxico para organismos acuáticos. Puede causar efectos adversos a largo plazo en el ambiente acuático (**R53** de la UE). Tiene efectos negativos en la reproducción de las aves. El metabolito 3,5,6-tricloropiridin-2-ol (TCP) es medianamente tóxico para mamíferos y peces y altamente tóxico para lombrices de tierra.

Fuente:

IRET-UNA (Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional de Costa Rica).
[en línea] (Último acceso 19 octubre 2019).
<http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/153-clorpirifos>

Imidacloprid

El Imidacloprid es un insecticida neonicotínico clorado. Su modo de acción es sistémico, translaminar, de contacto y estomacal. Actúa sobre el sistema nervioso central, activando los receptores de la acetilcolina nicotínica. Se utiliza para control de insectos chupadores, áfidos y trips en diversos cultivos y para pulgas en perros y gatos.

La clasificación es **clase II, moderadamente peligroso** según la OMS y **clase II, moderadamente tóxico** según la EPA). La acción tóxica y síntomas son los del síndrome tóxico por nicotínico. Su toxicidad tóxica es negativa respecto de la capacidad irritativa ocular, dérmica y alérgica. En cuanto a la toxicidad crónica y a largo plazo, la teratogenicidad no es clara; la mutagenicidad es positiva (débil); hay evidencia de no carcinogenicidad según la EPA; se observa incremento en los niveles de colesterol en la sangre y afectación de la glándula tiroides. En la Unión Europea se le asignan la “frase de riesgo” **R22**: Nocivo por ingestión.

Límites de exposición: ADI: 0,06 mg/kg. Límite máximo de residuos en agua superficial: MTR 0,013 µg/L (Holanda).

En cuanto a su comportamiento ambiental, su solubilidad en agua es alta y su persistencia en el suelo es de extrema a alta, la movilidad en el suelo es mediana. La bioacumulación es ligera. Su degradación en el suelo está relacionada con la existencia o no de cobertura vegetal, observándose que es mayor cuando hay cobertura. Su metabolito es el ácido 6-cloronicotínico, que luego se degrada a CO₂. Tiene afinidad por la materia orgánica en el suelo. Sin embargo, tiene potencial de moverse a través de los suelos porosos. Se encuentra entre los 10 insecticidas problema que superan la norma ecotoxicológica de agua (MTR) y de agua potable en Holanda.

El Imidacloprid es muy tóxico para organismos acuáticos. En la Unión Europea se le asignan la “frase de riesgo” **R53**: Puede causar efectos adversos a largo plazo en el ambiente acuático. Su toxicidad aguda en peces es ligera, en zooplancton es mediana, en algas es de mediana a ligera. En aves la toxicidad aguda es de alta a ligera, mientras que para los insectos (sobre todo abejas) resulta extrema y para lombrices de tierra es alta.

Fuente:

IRET-UNA (Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional de Costa Rica). [en línea] (Último acceso 19 octubre 2019). <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/331-imidacloprid>

HERBICIDAS

Acetoclor

El Acetoclor es un herbicida que es absorbido por las raíces y por el tallo de las plántulas y actúa inhibiendo la división celular por bloqueo de la síntesis proteica. Se lo utiliza para el control preemergente selectivo de gramíneas anuales y algunas malezas de hoja ancha en cultivos de maíz, maní, soja, algodón, papa y caña de azúcar.

Tanto la OMS como la EPA lo clasifican como **clase III (ligeramente peligroso y ligeramente tóxico)** respectivamente) en función de su toxicidad aguda oral, dérmica y ocular. Respecto de su toxicidad crónica y a largo plazo, la EPA lo considera como **probable carcinógeno humano**. Tiene la **categoría 1** como disruptor endocrino y se observan efectos crónicos como toxicidad renal, oligospermia, atrofia testicular y nefritis intersticial. En la Unión Europea se le asignan las “frases de riesgo” **R20**: Nocivo por inhalación. **R37/38**: Irrita las vías respiratorias y la piel. **R43**: Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel. Límites de exposición: ADI: 0,01 mg/kg.

En el ambiente, el Acetoclor se adsorbe fuertemente al suelo, tiene poco potencial de lixiviación. La degradación microbial ocurre principalmente en el suelo. Sus tres metabolitos ácido t-sulfónico, ácido t-oxámico y el ácido sulfóxido tioacético son medianamente persistentes y móviles en el suelo. Es muy tóxico para organismos acuáticos, incluyendo peces, zooplancton y algas, y mediana a ligeramente tóxico para aves e insectos (abejas). Sus metabolitos son medianamente tóxicos para las lombrices de tierra. Está incluido en la lista del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) de plaguicidas reportados como disruptores endocrinos y/o con efectos reproductivos.

Fuente:

IRET-UNA (Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional de Costa Rica).
[en línea] (Último acceso 19 octubre 2019).
<http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/14-acetocloro>

Atrazina y sus metabolitos Atz-desisopropil, Atz-desetil y Atz-OH

La Atrazina es un herbicida sistémico, que es absorbido principalmente por raíces y algo por follaje, y se acumula en meristemas apicales y hojas bloqueando la fotosíntesis. Se utiliza en el control pre y postemergente selectivo de malezas gramíneas y de hoja ancha en plantaciones forestales, maíz, sorgo, caña de azúcar, y ciertos tipos de nueces entre otros. También se usa para prevenir el crecimiento de hierbas a lo largo de rutas y líneas ferroviarias. La Atrazina puede ser rociada sobre cosechas antes de que las plantas empiecen a crecer y después de que han emergido del suelo. En EEUU y muchos otros países la atrazina es un *Plaguicida de Uso Restringido* (RUP), lo que significa que solamente personas certificadas pueden adquirir o usar Atrazina. La Atrazina generalmente se usa en los meses de primavera y verano. Para que sea eficaz, la Atrazina necesita disolverse en agua y entrar a las plantas a través de sus raíces. La Atrazina es incorporada por todas las plantas, pero en plantas no afectadas, es degradada antes de que afecte la fotosíntesis.

Su clasificación es **Clase IV, No peligro agudo** (OMS) y **Clase III, Ligeramente tóxico** (EPA). Los síntomas de intoxicación son del síndrome tóxico por triazinas. En cuanto a la toxicidad tópica, muestra capacidad irritativa ocular severa, dérmica positiva leve y capacidad alergénica positiva en humanos. Su toxicidad crónica y a largo plazo incluye neurotoxicidad en **nivel 4** (polineuropatía sensoriomotora); como disruptor endocrino corresponde a la **categoría 1**. En la Unión Europea se le asignan las “frases de riesgo” **R43**: Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel. **R48/22**: Nocivo, riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.

Debido a que este herbicida se asocia con una relativamente elevada toxicidad crónica y potencial de acumularse como sustancia recalcitrante en agua superficial y subterránea, está restringido su uso (RUP) en los EEUU y ha sido prohibido en varios países de la Comunidad Europea, por ejemplo, Italia, Alemania, Suecia, Austria, Francia, Finlandia y Dinamarca (Hansen et al. 2013; OJEU, 2004).

La exposición de mujeres a la Atrazina a través del agua potable ha sido asociada con bajo peso del feto y defectos del corazón, de las vías urinaria y de las extremidades en el feto.

No se sabe si la Atrazina o sus metabolitos pueden ser transferidos de la madre al feto a través de la placenta, o de una madre que lacta a su bebé a través de la leche materna.

Límites de exposición: ADI: 0,005 mg/kg; Límites en agua de consumo: 2 µg/L (Centroamérica); 0,1 µg/L (Unión Europea); GV 0,1 µg/L, HV 40 µg/L (Australia); % TDI 10, GV 2 µg/L (OMS).

En el ambiente se observa una solubilidad baja en agua, persistencia en el suelo de alta a mediana, y movilidad en el suelo de extrema a alta, mientras que su persistencia en agua sedimentado es alta. Su bioacumulación es ligera. El límite máximo de residuos en agua superficial es de 2,4 µg/L en Holanda. Es relativamente estable en el suelo y en los ambientes acuáticos donde tiene una vida media de meses. Se degrada por fotólisis y por la acción bacteriana. En aguas superficiales se ha encontrado en concentraciones mayores a 0,01µg/L, en aguas subterráneas y pozos rurales en concentraciones que algunas veces exceden los niveles de concentración máximos permitidos. Uno de sus metabolitos, la Atz-dietil, es muy soluble en agua, móvil en el suelo y tiene también potencial de lixiviación a aguas subterráneas.

Después de que la Atrazina se aplica al suelo, permanecerá ahí por días o meses, e incluso podrá permanecer por varios años. La vida media por biodegradación puede variar entre 10 días y 5824 días (Abdelhafid et al. 2000). Los procesos bióticos lentos involucrados en la biodescomposición de Atrazina en el agua y las capas más profundas del suelo exacerban la persistencia en el medio ambiente no solo de la Atrazina en sí, sino también de sus subproductos como el Atz-desisopropil, el Atz-desetil y el Atz-OH (Winkelmann y Klaine, 1991; en Bravo-Yumi et al. 2018)

Toda la Atrazina que es movilizada desde el suelo hacia arroyos u otros cuerpos de agua permanecerá ahí por mucho tiempo debido a que la degradación de esta sustancia en ríos y lagos es lenta al igual que en aguas subterráneas. Cuando la Atrazina se adhiere a partículas de polvo, es improbable que se degrade. La Atrazina es removida del aire principalmente por la lluvia. Cuando la Atrazina se encuentra en partículas de polvo, el viento puede transportarla lejos del área de aplicación. Por ejemplo, se ha encontrado Atrazina en agua de lluvia a más de 290 Km de los campos más cercanos donde fuera aplicada.

La toxicidad aguda en peces es alta y en crustáceos también; en anfibios va de alta a mediana; en aves es ligera; en insectos, particularmente en las abejas es de mediana a ligera; y en lombrices de tierra es mediana. Para la vegetación acuática la toxicidad es extrema. Se lo considera un producto muy tóxico para organismos acuáticos (R50) y que puede causar efectos adversos a largo plazo en el ambiente acuático (R53). Está incluido en

la lista del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) de plaguicidas reportados como disruptores endocrinos y/o con efectos reproductivos. La Dietil-atrazina es un compuesto medianamente tóxico para algas.

Se ha demostrado que la Atrazina causa alteraciones en los niveles hormonales en animales, lo que afecta la capacidad para reproducirse. La Atrazina también produjo daño en el hígado, el riñón y el corazón en animales. En animales se ha demostrado que la Atrazina retarda el desarrollo del feto, y la exposición a altos niveles de Atrazina durante la preñez disminuyó la supervivencia de los fetos.

Fuentes:

Abdelhafid A., Houot S. y Barriuso E. (2000). How increasing availabilities of carbon and nitrogen affect atrazine behaviour in soils. *Biol Fertil Soils*. 30: 333-340.

Bravo-Yumi, N.P.; Espinoza-Montero, P.; Brillas, E.; Peralta-Hernández, M.P. (2018). Electrochemical Abatement of Atrazine Solutions Using an Undivided Stirred Tank Cell with Pt or BDD Anode. *J. Mex. Chem. Soc.* 62(2): 295-304.

Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC), Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR), España. [en línea] (Último acceso 21 octubre 2019). https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs153.html

Hansen, A.M.; Treviño-Quintanilla, L.G.; Márquez-Pacheco, H.; Villadacanela, M.; González-Márquez, L.C.; Guillén-Garcés, R.A.; Hernández-Antonio, A. (2013) Atrazina: Un herbicida polémico. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29: 65-84. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.

IRET-UNA (Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional de Costa Rica). [en línea] (Último acceso 19 octubre 2019).

<http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/36-atrazina>

OJEU (2004). Commission decision concerning the noninclusion of atrazine in Annex I to Council Directive 91/414/EEC and the withdrawal of authorisations for plant protection products containing this active substance. *Official Journal of the European Union*. Bruselas, BE. 3 pp.

Winkelman, D.A.; Klaine, S. (1991) Degradation and bound residue formation of atrazine in a Western Tennessee soil. *J. Environ. Toxicol. Chem.* 10: 335-345.

Diclosulam

El Diclosulam es un herbicida que se absorbe por raíces y follaje, se trasloca y acumula principalmente en los meristemas (células responsables del crecimiento) y poco en las raíces, deteniendo la división celular y provocando la muerte de la planta. Inhibe la enzima acetolactato sintetasa. Se utiliza para el control preemergente de malezas de hoja ancha.

La OMS lo clasifica como **clase IV, No peligro agudo** y la EPA como **clase III, Ligeramente tóxico**. En cuanto a la toxicidad tóxica, tiene capacidad irritativa ocular positiva y dérmica positiva, pero capacidad alérgica negativa. La toxicidad crónica y a largo plazo tiene como efectos crónicos la dilatación e hiperplasia de los túbulos renales y la hipertrofia hepatocelular. Límites de exposición: ADI: 0,05 mg/kg.

Respecto de su comportamiento ambiental, su solubilidad en agua es baja; la persistencia en el suelo es alta a ligera; su movilidad en el suelo es alta; su bioacumulación es leve.

Fuente:

IRET-UNA (Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional de Costa Rica).
[en línea] (Último acceso 19 octubre 2019).
<http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/584-diclosulam>

Glifosato y su metabolito AMPA (ácido amino-metilfosfórico)

El Glifosato es un herbicida sistémico que penetra por el follaje e inhibe la síntesis de aminoácidos aromáticos que forman proteínas. Es un ácido fosforoso (organofosforado), estable hasta los 60 °C y a la luz. Se usa para el control postemergente no selectivo de malezas anuales y perennes en presiembra en muchos cultivos, en postsiembra dirigido o en cultivos resistentes (transgénicos). Es usado en mínima labranza, en zonas no agrícolas y también como madurador en la caña de azúcar.

En 2007, el Glifosato fue el herbicida más utilizado en el sector agrícola de los Estados Unidos y el segundo más utilizado (después del 2,4-D) en aplicaciones de hogar y jardín, gobierno e industria, y comerciales. En Argentina, el consumo de herbicidas a base de Glifosato aumentó marcadamente con la introducción de semillas transgénicas en 1996, y 197 millones de kg de productos a base de Glifosato se aplicaron en 2012 (Lupi et al, 2015). Desde finales de la década de 1970 hasta 2016, hubo un aumento de 100 veces en la frecuencia y el volumen de la aplicación de herbicidas a base de Glifosato (GBH) en todo el mundo, y se esperan mayores incrementos en el futuro, en parte en respuesta a la emergencia y propagación global de malezas resistentes al Glifosato (Myers et al. 2016), requiriendo cada vez mayores aplicaciones para mantener la efectividad. El desarrollo de resistencia al Glifosato en malezas se está convirtiendo en un problema cada vez más costoso.

El incremento absoluto y relativo del uso de los formulados del Glifosato se ponen de manifiesto en el informe *Mercado Argentino de Productos Fitosanitarios 2012* (Kleffmann Group, 2013), que hace suyo CASAFE, la Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. El

documento señala que del total de 317 millones de l/Kg de formulados de plaguicidas utilizados ese año, sólo 120 millones no contenían Glifosato; lo que implica que más del 60% del total de plaguicidas utilizados fueron formulados que contenían este producto (Löwy, 2019). Dado que CASAFE dejó de informar el volumen del mercado de agroquímicos biocidas, considerando la superficie cultivada en nuestro país se estima que en la actualidad se aplican unos 400 millones de l/Kg de formulados a base de Glifosato en Argentina.

Su clasificación actual es **Clase III, ligeramente peligroso** (OMS); y **Clase III, ligeramente tóxico** (EPA). La Organización Mundial de la Salud, considerando sólo la letalidad aguda, en el corto plazo, lo clasificaba toxicológicamente en 1995 como **Clase IV, No peligro agudo**, pero en 2009 cambió la clasificación a **Clase III**. Su acción tóxica y síntomas corresponden al síndrome tóxico por fosfonatos. En cuanto a la toxicidad tópica, muestra capacidad irritativa ocular positiva (leve); dérmica positiva (leve), y capacidad alergénica negativa.

Respecto de su toxicidad crónica y a largo plazo, la evidencia surgida en la última década a través de estudios epidemiológicos y en animales, señala la necesidad de nuevos estudios sobre la toxicidad del Glifosato. Además, la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) de la Organización Mundial de la Salud concluyó en 2015 que el Glifosato es "**probablemente cancerígeno** para los humanos". Un metaanálisis publicado recientemente (Zhang et al., 2019) analizó si había una asociación entre un mayor riesgo de linfoma no Hodgkin en humanos y altas exposiciones acumulativas a herbicidas a base de Glifosato. El análisis utilizó la última actualización de la cohorte del Estudio de Salud Agrícola (AHS) publicada en 2018 y cinco estudios de casos y controles publicados en 2019. La investigación encontró un "vínculo convincente" entre las exposiciones a los herbicidas a base de Glifosato y un mayor riesgo de linfoma no Hodgkin.

En respuesta al incremento del uso de herbicidas a base de Glifosato (GBH por las siglas en inglés) y los avances en la comprensión científica de sus peligros potenciales, un grupo de científicos emitió una Declaración de Preocupación basándose en nuevas evidencias científicas publicadas en la literatura científica reciente que describe los usos de GBH, sus mecanismos de acción, la toxicidad en animales de laboratorio y estudios epidemiológicos (Myers et al., 2016). Ellos mencionan que los herbicidas a base de Glifosato (GBH) son los más utilizados en el mundo y su uso continúa aumentando; que a menudo contaminan las fuentes de agua potable, así como la atmósfera, especialmente en las regiones agrícolas, observando que la vida media del Glifosato en el agua y el suelo es más larga que la previamente aceptada y que por consiguiente la exposición humana a los GBH no sólo es mayor a lo que se había estimado, sino que también está aumentando. Por otro lado, recuerdan que el Glifosato está clasificado como probable carcinógeno humano por el IARC-OMS, y que las estimaciones reglamentarias de las ingestas diarias tolerables de Glifosato

en los Estados Unidos y la Unión Europea se basan en ciencia obsoleta. Por consiguiente, plantean la necesidad de nuevos estudios epidemiológicos, biomonitorio y estudios de toxicología que se basen en los principios de la endocrinología para determinar los efectos de los GBH en las funciones endocrinas. Esto apunta a revisar la **categoría 2** que le fuera asignada al Glifosato como disruptor endocrino. Por otro lado, se le asigna un efecto positivo en Parkinson, así como genotoxicidad positiva, generando aductos de ADN. Un aducto de ADN es un segmento de ADN unido a un químico que causa cáncer. Este proceso podría ser el comienzo de una célula cancerosa o carcinogénesis. También tiene un efecto crónico produciendo adenoma de túbulos renales. En la Unión Europea se le asignan la “frase de riesgo” **R41**: Riesgo de lesiones oculares graves.

Límites de exposición: EEUU ha determinado la ADI de Glifosato en 1,75 mg/kg, mientras que la Unión Europea lo ha establecido en 0,5 mg/kg (European Commission, 2017).

En el trabajo de Löwy (2019) se puede leer: “Bajo el título *Efectos del Glifosato en la Salud* Antoniou y colaboradores (2010) dan cuenta de estudios toxicológicos del glifosato referidos a las alteraciones funcionales en hígado, riñón, corazón y del sistema hematopoyético en ratas alimentadas con maíz modificado genéticamente del grupo del Biólogo Molecular Gilles-Éric Séralini de la Universidad de Caen, Francia, del 2009 (Spiroux de Vendomois et al., 2009), los efectos de los formulados de Glifosato como disruptores endocrinos de las células humanas, incluso cuando las sustancias se encuentran en concentraciones de hasta 800 veces menores que los niveles residuales permitidos para algunos cultivos transgénicos utilizados para comida de animales en Estados Unidos (Gasnier et al., 2009). De la penetración del Glifosato atravesando la membrana celular y su acción dentro de la célula favorecida por los denominados *elementos inertes* (Haefs et al., 2002); los efectos adversos de formulados de Glifosato y su principal metabolito, el AMPA, que indujeron defunciones en la primera división celular en embriones estudiados por el grupo del Doctor Robert Bellé, de la Estación Biológica de Roscoff (CNRS/Université Paris 6) en Francia, con concentraciones de entre 500 y 5000 veces más bajas que las aplicaciones en cultivos de campo. (Marc et al., 2004), (Bellé et al., 2007), (Marc et al. 2004b).”

El Glifosato puede tener efectos cancerígenos en mamíferos no humanos. Estos incluyen la inducción de tendencias positivas en la incidencia de carcinoma de túbulo renal y hemangiosarcoma en ratones macho, y aumento del adenoma de células de los islotes pancreáticos en ratas macho (Guyton et al., 2015). Los herbicidas a base de Glifosato pueden causar arritmias potencialmente mortales en los mamíferos. La evidencia también muestra que tales herbicidas causan cambios electrofisiológicos directos en los sistemas cardiovasculares de ratas y conejos (Gress et al., 2015).

En cuanto a su comportamiento ambiental, el Glifosato se adsorbe a las partículas de suelo. Su solubilidad en agua es alta. Puede entrar al agua superficial y subsuperficial por uso indirecto o directo en el ambiente acuático o por escorrentía. Se encuentra entre los 10 herbicidas problema que superan la norma de agua potable en Holanda (2003-2008). La degradación microbiana es la mayor causa de su pérdida en el suelo, liberando CO₂. El principal metabolito es el **ácido amino-metilfosfórico**, llamado **AMPA**, que por su alta solubilidad puede contaminar las aguas superficiales. Su persistencia en el suelo es muy variable, de extrema persistencia a no persistente, y puede acumularse en el suelo o el sedimento. Su bioacumulación es ligera.

Límites máximos de residuos en agua superficial: 10 µg/L (Suecia); MTR 77 µg/L (Holanda).

Desde el punto de vista ecotoxicológico, la toxicidad aguda del Glifosato en peces va de mediana a alta; en crustáceos (zooplancton) y en lombrices es mediana, en aves y en abejas es ligera, y para algas y plantas acuáticas la toxicidad aguda va de mediana a alta.

En la Unión Europea se le asignan las “frases de riesgo” **R50**: Muy tóxico para organismos acuáticos; y **R53**: Puede causar efectos adversos a largo plazo en el ambiente acuático. Medianamente tóxico para anfibios.

Fuentes:

- European Commission (2017). ["EU Pesticides database: Glyphosate"](#). [en línea].[consulta: 29 de agosto 2018].
- Guyton KZ, Loomis D, Grosse Y, El Ghissassi F, Benbrahim-Tallaa L, Guha N, Scocciati C, Mattock H, Straif K (2015). Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. *The Lancet. Oncology*. 16 (5): 490–1. doi:10.1016/S1470-2045(15)70134-8
- Gress S; Lemoine S; Séralini GE; Puddu PE (April 2015). Glyphosate-based herbicides potently affect cardiovascular system in mammals: review of the literature. *Cardiovascular Toxicology*. 15 (2): 117–26. doi:10.1007/s12012-014-9282-y
- IRET-UNA (Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional de Costa Rica). [en línea] (Último acceso 19 octubre 2019). <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/306-glifosato>
- Kleffmann Group (2013). Mercado Argentino de Productos Fitosanitarios 2012. *Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes CASAFE*. [en línea].[consulta: 20 de octubre 2019]. <http://www.casafe.org/publicaciones/estadisticas/>
- Löwy CR (2019). *La Construcción del Discurso Agroquímico Plaguicida. De la OMS a los Territorios*. Tesis de doctorado no publicada. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Lupi L; Miglioranza KSB; Aparicio VC; Marino D; Bedmar F; Wunderlin DA. (2015) Occurrence of glyphosate and AMPA in an agricultural watershed from the southeastern region of Argentina. *Science of the Total Environment* 536: 687–694.

Myers JP; Antoniou MN; Blumberg B; Carroll L; Colborn T; Everett LG; Hansen M; Landrigan PJ; Lanphear BP; Mesnage R; Vandenberg LN; van Saal FS; Welshons WV; Benbrook CM (2016). Concerns over use of glyphosate-based herbicides and risks associated with exposures: a consensus statement. *Environmental Health* 15: 19. Published online 2016 Feb 17. doi: [10.1186/s12940-016-0117-0](https://doi.org/10.1186/s12940-016-0117-0)

Zhang L; Rana I; Shaffer RM; Taioli E; Sheppard L. (2019). Exposure to glyphosate-based herbicides and risk for non-Hodgkin lymphoma: A meta-analysis and supporting evidence. *Mutation Research* 781: 186-206 (Jul-Sep 2019) doi: 10.1016/j.mrrev.2019.02.001. Epub 2019 Feb 10.

Imazapyr

El Imazapyr es un herbicida sistémico no selectivo perteneciente a la familia de las imidazolinonas, usado para el control de un amplio espectro de malezas incluyendo gramíneas anuales y perennes, y malezas de hoja ancha, especies leñosas, tanto terrestres como acuáticas.

Su clasificación según la OMS es U o **clase IV, no peligro agudo**. Según la base de datos toxicológicos de EPA para Imazapyr (USEPA, 2006), el compuesto tiene una **baja toxicidad aguda** a través de las vías de exposición **oral** (Categoría de toxicidad IV) y **dérmica** (Categoría de toxicidad III). Imazapyr se ubica en la categoría de **toxicidad aguda II** para la exposición por **inhalación**. No es irritante para la piel y es negativo para la sensibilización dérmica; sin embargo, Imazapyr produce **daño ocular irreversible** (Categoría de **toxicidad I**).

Si se libera al suelo, Imazapyr suele tener una movilidad muy alta. En general, no ocurre la volatilización desde el suelo húmedo. Imazapyr se biodegrada según su vida media aeróbica en el suelo de 17.7 a 63.1 días. Si se libera al agua, no suele adsorberse a los sólidos y sedimentos suspendidos y la volatilización desde las superficies de agua no es un proceso importante.

Fuentes:

National Library of Medicine. TOXNET, Toxicology Data Network. [en línea] (Último acceso 4 noviembre 2019). <https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/a?dbs+hsdb:@term+@DOCNO+6676>

USEPA (2006). Reregistration Eligibility Decision for Imazapyr. Prevention, Pesticides and Toxic Substances. EPA 738-R-06-007.

Imazaquin

El Imazaquin es un herbicida cuyo modo de acción es sistémico, absorbido por raíces y follaje con traslocación y acumulación meristemática. Bloquea la síntesis de aminoácidos ramificados, interfiriendo con el ADN y el crecimiento celular. Se lo utiliza para control selectivo de malezas de hoja ancha en soja y de gramíneas y ciperáceas.

Su clasificación según la OMS es U o **clase IV, no peligro agudo**, y según EPA es **clase III, ligeramente tóxico**. La toxicidad tóxica respecto de su capacidad irritativa ocular es negativa y dérmica positiva leve, mientras que la capacidad alergénica es positiva moderada. En cuanto a la toxicidad crónica y a largo plazo, en animales de experimentación se han reportado miopatías, anemias e hiperplasia de médula ósea. En la Unión Europea se le asignan la “frase de riesgo” **R22**: Nocivo por ingestión.

Límites de exposición: ADI: 0,25 mg/kg.

Su comportamiento ambiental indica que es degradado en el suelo por actividad microbial y fotólisis, aunque permanece activo en el suelo varias semanas e incluso varios meses, dependiendo de las condiciones ambientales.

Fuente:

IRET-UNA (Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional de Costa Rica).
[en línea] (Último acceso 19 octubre 2019).
<http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/327-imazaquin>

Imazetapir

El Imazetapir es un herbicida cuyo modo de acción es sistémico, se absorbe por hojas y/o raíces y los conductos lo llevan a los meristemas (células responsables del crecimiento). Inhibe la síntesis de aminoácidos ramificados y ADN. Se utiliza para el control pre- y postemergente de malezas de hoja ancha y gramíneas anuales en diversos cultivos.

Su clasificación según la OMS es U o **clase IV, no peligro agudo**, y según EPA es **clase III, ligeramente tóxico**. La toxicidad tóxica respecto de su capacidad irritativa ocular es positiva (leve) y dérmica positiva, mientras que la capacidad alergénica es negativa. No hay evidencia de toxicidad crónica y a largo plazo.

Límites de exposición: ADI: 0,25 mg/kg.

Respecto de su comportamiento ambiental, tiene un potencial de absorción de ligero a moderado en el suelo y es poco volátil. Los microorganismos no juegan un rol importante en la degradación del producto. Por su alta movilidad y persistencia en el suelo, se lo considera un producto **con alto potencial para contaminar** las aguas subterráneas.

Fuente:

IRET-UNA (Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional de Costa Rica).
[en línea] (Último acceso 19 octubre 2019).
<http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/328-imazetapir>

Metolaclor

El Metolaclor es un herbicida usado para el control selectivo de algunas malezas de hoja ancha y gramíneas anuales en algodón, caña de azúcar, maíz y sorgo. Es utilizado en presembrado incorporado, preemergencia o postemergencia temprana. Actúa al ser absorbido principalmente por el brote de la semilla (hipocótilo) y las raíces. Evita la germinación de las semillas e inhibe la división celular.

Su clasificación es **Clase III, Ligeramente peligroso** (OMS) y **Clase III, Ligeramente tóxico** (EPA). Su toxicidad tóxica muestra capacidad irritativa ocular positiva leve; dérmica positiva leve y capacidad alergénica positiva. No se ha detectado toxicidad crónica o a largo plazo.

Límites de exposición: ADI: 0,1 mg/kg. Límites en agua de consumo: 0,1 µg/L (Unión Europea); GV 10 µg/L (OMS). Límites máximos de residuos en agua superficial: 0,2 µg/L (Holanda).

En cuanto a su comportamiento ambiental, su solubilidad en agua es de alta a ligera; su persistencia en el suelo es ligera mientras que su movilidad en el suelo es de alta a mediana. Su persistencia en agua y sedimento es más persistente. La bioacumulación es de mediana a ligera. No es volátil.

Tiene alto potencial de lixiviación. Se ha detectado en aguas subterráneas y superficiales de varios países de Europa y en aguas superficiales y subterráneas de regiones agrícolas los EEUU. El tiempo de degradación en las aguas subterráneas es de 500 a 1000 días. Se encuentra entre los 10 herbicidas problema que superan la norma ecotoxicológica para agua en Holanda y la de agua potable.

Su toxicidad aguda para peces es alta; para zooplancton es mediana; para aves es ligera así como para insectos (abejas); para lombrices de tierra es mediana. Respecto de la

vegetación acuática, para las algas va de alta a mediana, y para el helecho acuático es extrema. En la Unión Europea se le asignan la “frase de riesgo” **R50**: Muy tóxico para organismos acuáticos. **R53**: Puede causar efectos adversos a largo plazo en el ambiente acuático. De mediana a ligeramente tóxico para anfibios.

Fuente:

IRET-UNA (Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional de Costa Rica).
[en línea] (Último acceso 19 octubre 2019).
<http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/388-metolaclor>

Metsulfuron metil

El Metsulfuron-metil es un compuesto residual de sulfonilurea que se usa como herbicida selectivo antes y después de la emergencia para malezas de hoja ancha y algunas gramíneas anuales. Es un compuesto sistémico con actividad foliar y del suelo, y funciona rápidamente después de ser absorbido por raíces y follaje. Su modo de acción es inhibiendo la división celular en los brotes y raíces de la planta, y es biológicamente activo a bajas tasas de uso. Sus usos más comunes incluyen cultivos de trigo, cebada, centeno y también pasturas. Debido a que tiene actividad residual en los suelos, es necesario dejar suficiente tiempo para que el compuesto se degrade antes de plantar ciertos cultivos (22 meses para girasol, lino, maíz o cártamo, y 10 meses antes de plantar sorgo). No debe usarse en ryegrass ni en pasturas que contengan alfalfa o trébol (Thomson, 1993).

La toxicidad aguda del Metsulfuron-metil corresponde a la **Clase III Ligeramente tóxico** de la EPA. Este químico tiene muy baja toxicidad en mamíferos. Respecto de la toxicidad tóxica, exhibe capacidad irritativa ocular positiva y dérmica positiva. Metsulfuron-metil es un irritante moderado de los ojos.

Límites de exposición: ADI: 0.22 mg/kg/día. Hay tolerancias para los residuos de Metsulfuron-metil en productos crudos que van desde 0.05 ppm para la caña de azúcar y la leche, hasta 20.0 ppm para el heno de cebada.

Su solubilidad en agua es alta; la persistencia en el suelo es mediana, mientras que la movilidad en el suelo va de extrema a no persistente. Su persistencia en agua sedimento se observa como más persistente. No es volátil. Límites máximos de residuos en agua superficial: 0,05 µg/L (Suecia).

Existe poca información acerca del comportamiento ambiental de algunos de los metabolitos de este compuesto, como la sulfonilamida ácida, sulfonilamida ester y la

fenilurea. Su metabolito más importante, la sacarina, tiene un gran potencial de lixiviación, es soluble en el agua, muy persistente y móvil en el suelo. La descomposición del Metsulfuron-metil en los suelos depende en gran medida de la temperatura del suelo, el contenido de humedad y el pH. El producto químico se degradará más rápido en condiciones ácidas y en suelos con mayor contenido de humedad y mayor temperatura (Smith, 1986). El producto químico tiene un mayor potencial de movilidad en suelos alcalinos que en suelos ácidos, ya que es más soluble en condiciones alcalinas. El Metsulfuron-metil es estable a la fotólisis, pero se descompondrá en la luz ultravioleta. Las estimaciones de la vida media del Metsulfuron-metil en el suelo varían entre 14 y 180 días, con un promedio general de valores informados de 30 días (Wauchope, 1992).

El Metsulfuron-metil se descompone rápidamente y se elimina del cuerpo. Muestra bajo potencial de bioacumulación. No se observa bioacumulación en peces.

Su toxicidad aguda para peces es ligera, y para zooplancton es ligera. Tiene una toxicidad aviar muy baja. Para insectos (abejas) su toxicidad aguda es mediana, mientras que para lombrices de tierra es baja. Sin embargo, para algas resulta extrema, así como para plantas acuáticas. En la Unión Europea se le asignan las “frases de riesgo” **R50**: Muy tóxico para organismos acuáticos. **R53**: Puede causar efectos adversos a largo plazo en el ambiente acuático. Uno de sus metabolitos, la sacarina es altamente tóxico para las lombrices de tierra, medianamente tóxico para plantas y algas; y es de baja toxicidad para mamíferos, peces y dáfnidos.

Fuentes:

Extension Toxicology Network, Cornell University, Michigan State University, Oregon State University, and University of California at Davis. [en línea] (Último acceso 19 octubre 2019).

<http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/metiram-propoxur/metsulfuron-methyl-ext.html>

Smith A.E. (1986). Persistence of the Herbicides [14C] Chlorsulfuron and [14C] Metsulfuron-methyl in Prairie Soils Under Laboratory Conditions. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 37: 698-704.

Thomson W.T. (1993). Agricultural Chemicals Book II. Herbicides. Thomson Publications. Fresno, CA. University of Hertfordshire, Pesticide Properties DataBase. [en línea] (Último acceso 19 octubre 2019). <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/es/Reports/470.htm>

Wauchope RD; Butler TM; Hornsby AG; Augustijn-Beckers PWM; Burt JP. (1992). The SCS/ARS/CES Pesticide Properties Database for Environmental Decision-Making. In *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. Springer-Verlag Publishers. NY.

2,4-D

El 2,4-D es un herbicida ácido fenoxiacético, clorado. Su modo de acción es sistémico, hormonal. Interfiere en el metabolismo de los ácidos nucleicos, actúa como auxina sintética e inhibe el crecimiento, dado que se absorbe por hojas y raíces luego se trasloca por los conductos y se acumula en los meristemas (células responsables del crecimiento). Se utiliza para el control selectivo de malezas de hoja ancha en pastos, caña de azúcar, arroz, maíz, sorgo, forestales, café, jardines y vegetación acuática. La OMS lo clasifica como **Clase II, Moderadamente peligroso** (OMS). La toxicidad tóxica muestra capacidad irritativa ocular positiva severa; dérmica positiva moderada y, además, capacidad alergénica positiva. Es uno de los componentes del "Agente Naranja" y del "Agente Blanco" utilizados en la guerra de Vietnam.

Respecto de su toxicidad crónica y a largo plazo corresponde mencionar: neurotoxicidad de **nivel 1**; teratogenicidad positiva (paladar hendido, malformaciones esqueléticas); carcinogenicidad **2B, Posible carcinógeno en humanos** (IARC), aunque para la EPA es "No clasificable como carcinógeno humano". Su capacidad de disrupción endocrina es **categoría 1**. Tiene también otros efectos reproductivos: disminuye el número de espermatozoides y su movilidad, aumenta el porcentaje de espermatozoides anormales en trabajadores expuestos. La genotoxicidad es positiva ya que genera aberraciones cromosómicas. También es Parkinson positivo. Otros efectos crónicos son bronquitis, peribronquitis, neumoesclerosis, además de ser nefrotóxico (riñones) y hepatotóxico (hígado). En la Unión Europea se le asignan las "frases de riesgo" **R22**: Nocivo por ingestión. **R37**: Irrita las vías respiratorias. **R41**: Riesgo de lesiones oculares graves. **R43**: Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

Límites de exposición: ADI: 0,01 mg/kg; TLV-TWA: 1 mg/m³. Límites en agua de consumo: 0,1 µg/L (Unión Europea); GV 0,1 µg/L (Australia); % TDI 10, GV 30 µg/L (OMS). Límites máximos de residuos en agua superficial: MTR 26 µg/L (Holanda).

Su comportamiento ambiental refiere que su solubilidad en agua es alta; su persistencia en el suelo es mediana a no persistente; su movilidad en el suelo va de alta a ligera, dependiendo del pH (pH5 alta); su persistencia en agua y sedimento es menor; y su bioacumulación es leve. Su presencia se ha reportado en agua superficiales de California y en agua de origen agrícola y urbano de los Estados Unidos. Se encuentra entre los 10 herbicidas problema que superan la norma para agua potable en Holanda. Su metabolito, el 2,4-diclorofenol es volátil y muy soluble en agua, móvil en el suelo y tiene potencial de bioacumulación.

El 2,4-D está Incluido en la lista del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) de plaguicidas reportados como **disruptores endocrinos** y/o **con efectos reproductivos**. Su metabolito 2,4-diclorofenol es muy tóxico para mamíferos, altamente tóxico para lombrices de tierra, medianamente tóxico para la trucha arco iris y los dáfnidos. Es nocivo para organismos acuáticos. Puede causar efectos adversos a largo plazo en el ambiente acuático.

Su toxicidad aguda en peces va de alta a ligera; en zooplancton es alta; en anfibios va de mediana a ligera; en aves va de mediana a ligera; en insectos (abejas) va de mediana a ligera; en lombrices de tierra es mediana; en algas es mediana; en plantas acuáticas va de extrema a alta.

Fuente:

IRET-UNA (Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional de Costa Rica).
[en línea] (Último acceso 19 octubre 2019).
<http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/5-24-d>

FUNGICIDAS

Triticonazol

El Triticonazol es un fungicida para el tratamiento de semillas para el control de enfermedades comunes de suelos y semillas de cereales que incluyen trigo, cebada, avena, centeno, y también césped y plantas ornamentales.

Su clasificación es **Clase III, Ligeramente peligroso** (OMS). Su uso no está aprobado en Chipre, Dinamarca, Finlandia, Croacia, Países Bajos, Suecia y Eslovaquia. El Triticonazol puede causar irritación de los ojos, la piel, el tracto respiratorio y lesión pulmonar. También puede causar quemaduras del esófago o del tracto gastrointestinal. Se observaron algunos efectos en los estudios de alimentación subcrónica y crónica, incluida la toxicidad suprarrenal y hepática en todas las especies evaluadas (rata, ratón, conejo y perro). El Triticonazol causó efectos toxicológicos en el desarrollo y la reproducción, así como la toxicidad materna en ratas y conejos. No hay evidencia de que sea genotóxico ni cancerígeno y la EPA lo clasificó como "no probable cancerígeno para humanos".

Límites de exposición: dosis de referencia (RfD) de 0.17 mg / kg / día (EPA).

La larga persistencia ambiental y la movilidad moderada del Triticonazol contribuyen al riesgo ambiental al aumentar la exposición potencial y la movilidad fuera del lugar de aplicación. Además de ser persistentes, varios de sus metabolitos más comunes son

estructuralmente similares al progenitor y, por lo tanto, se espera que sean similares al Triticonazol en persistencia y toxicidad. Su solubilidad en agua es baja; su volatilidad es baja; muestra alta probabilidad de lixiviación; no es fácilmente biodegradable; es persistente en el suelo; moderadamente móvil en suelo; muestra bajo potencial de bioacumulación.

Su toxicidad aguda en mamíferos y aves es baja, mientras que en peces y zooplancton es moderada. En vegetación acuática, su toxicidad es moderada. Es moderadamente tóxico para abejas y otros polinizadores. La toxicidad aguda va de baja a moderada para lombrices.

Fuentes:

University of Hertfordshire, PPDB, Pesticide Properties Data Base. [en línea] (Último acceso 19 octubre 2019). <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/es/Reports/673.htm>

New York State Department of Environmental Conservation. [en línea] (Último acceso 4 noviembre 2019). http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/fung-nemat/tcmtb-ziram/triticonazole/triticonazole_den_1112.pdf

A modo de resumen

A continuación, para facilitar la comparación de los efectos más relevantes de los plaguicidas descritos en esta sección, se agregan dos tablas-resumen de sus características respecto de la clasificación de toxicidad aguda DL50 así como los efectos registrados en la salud humana (Tabla 11) y en los ecosistemas (Tabla 12)

Tabla 11. Resumen de algunas características de los plaguicidas descritos en esta sección y efectos registrados en la salud humana.

| Ingrediente activo (i.a.) | Banda | Mecanismo de acción | Efectos en la Salud Humana⁴ |
|----------------------------------|--------------------------|----------------------------|---|
| INSECTICIDAS | | | |
| Clorpirifós | Clase II Amarilla | Neurotoxina | disruptor endocrino categoría 2, genotóxico, neurotóxico nivel 2, Parkinson, depresión, autismo, otras dolencias crónicas |
| Imidacloprid | Clase II Amarilla | Modo de acción sistémico | mutagenicidad positiva, afecta la tiroides, colesterol alto |

⁴ La lista incluye únicamente lo que se encontró comprobado hasta la fecha.

*Informe sobre Agroquímicos Plaguicidas en Escuelas Rurales del Partido de Tandil
Proyectos EcoAgricultura y EcoAgricultura II*

| HERBICIDAS | | | |
|--------------------------|--------------------------|--|--|
| Acetoclor | Clase III Azul | Bloquea síntesis proteica | disruptor endocrino categoría 1, probable carcinógeno humano, toxicidad renal, oligospermia, atrofia testicular y nefritis intersticial, afecta vías respiratorias |
| Atrazina | Clase IV Verde | Bloquea la fotosíntesis | disruptor endocrino categoría 1, neurotoxicidad nivel 4, bajo peso del feto, así como defectos del corazón, de las vías urinaria y de las extremidades |
| Atz-OH | | Son metabolitos tóxicos de la Atrazina | |
| Atz-desisopropil | | | |
| Atz-desetil | | | |
| Diclosulam | Clase IV Verde | Inhibe división celular | dilatación e hiperplasia de los túbulos renales, hipertrofia hepatocelular |
| Glifosato | Clase III Azul | Inhibe la síntesis de aminoácidos | disruptor endocrino categoría 2, probable carcinógeno para los humanos, linfoma no Hodgkin, Parkinson, genotoxicidad positiva, adenoma de túbulos renales |
| AMPA | | Es metabolito tóxico del Glifosato | |
| Imazapyr | Clase IV Verde | - | daño ocular irreversible |
| Imazaquin | Clase IV Verde | Bloquea síntesis de aminoácidos | alergénico |
| Imazetapir | Clase IV Verde | - | - |
| Metolaclor | Clase III Azul | Inhibe división celular | alergénico |
| Metsulfuron metil | Clase III Azul | Inhibe división celular | irritante moderado de los ojos |
| 2,4-D | Clase II Amarilla | Interviene en el metabolismo de los ácidos nucleicos | disruptor endocrino categoría 1, neurotoxicidad de nivel 1, teratogenicidad positiva, posible carcinógeno en humanos, efectos reproductivos (oligospermia, |

| | | | |
|---------------------|-----------------------|---|---|
| | | | espermatozoides anormales), genotóxico, Parkinson, bronquitis, peribronquitis, neumoesclerosis, nefrotóxico, hepatotóxico |
| FUNGICIDAS | | | |
| Triticonazol | Clase III Azul | - | irritación de los ojos, la piel, el tracto respiratorio y lesión pulmonar, quemaduras del esófago o del tracto gastrointestinal |

Tabla 12. Resumen de algunas características de los plaguicidas descriptos en esta sección y efectos registrados en los ecosistemas.

| Ingrediente activo (i.a.) | Toxicidad Ambiental | | | | | | Potencial de lixiviación |
|---------------------------|--|----------|----------|----------|-----------|-------------------|--------------------------|
| | Peces | Aves | Insectos | Plancton | Lombrices | Plantas Acuáticas | |
| INSECTICIDAS | | | | | | | |
| Clorpirifós | Muy alta | Muy alta | Muy alta | Muy alta | Muy alta | Muy alta | Bajo |
| Imidacloprid | Baja | Alta | | Media | Alta | Media | |
| HERBICIDAS | | | | | | | |
| Acetoclor | Alta | Media | Media | Alta | Media | Alta | Bajo |
| Atrazina | Alta | Baja | Media | Alta | Media | Alta | Alto |
| Atz-OH | | | | | | | |
| Atz-desisopropil | Son metabolitos tóxicos de la Atrazina | | | | | | |
| Atz-desetil | | | | | | | |
| Diclosulam | | | | | | | |
| Glifosato | Media | Baja | Baja | Media | Media | Media | |
| AMPA | Es metabolito tóxico del Glifosato | | | | | | |

*Informe sobre Agroquímicos Plaguicidas en Escuelas Rurales del Partido de Tandil
Proyectos EcoAgricultura y EcoAgricultura II*

| | | | | | | | |
|--------------------------|--------|--------|-------|--------|-------|---------|------|
| 2,4-D | Media | - | - | Alta | Alta | Alta | |
| Metolaclor | Alta | | | Media | | Media | Alto |
| Imazetapir | - | - | - | - | - | - | Alto |
| Imazapir | - | - | - | - | - | - | - |
| Imazaquin | - | | - | - | - | - | - |
| Metsulfuron metil | Ligera | Ligera | Media | Ligera | Baja | Extrema | - |
| FUNGICIDAS | | | | | | | |
| Triticonazol | Media | Baja | Media | Media | Media | Media | |
| | | | | | | | |

Sección IV

Consideraciones finales

Sobre las Buenas Prácticas Agrícolas

En el sitio del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (de 2016 a 2019 llamado de Agroindustria), hay una página dedicada a las Buenas Prácticas (BPA) (<https://www.argentina.gob.ar/agricultura/buenas-practicas-agricolas-bpa>). En ella se informa que: *“El término Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) hace referencia a una manera de producir y procesar los productos agropecuarios, de modo que los procesos de siembra, cosecha y pos-cosecha de los cultivos cumplan con los requerimientos necesarios para una producción sana, segura y amigable con el ambiente.”* Más abajo explica que: *“Si bien los fitosanitarios no son inocuos para la salud humana ni para el ambiente, su peligrosidad varía de acuerdo con su grado de toxicidad y la formulación. En este sentido, el riesgo asociado a su uso depende de las dosis utilizadas, las mezclas, las condiciones climáticas, el tipo y estado del equipo de aplicación, y la forma y el grado de exposición. Por lo tanto, su uso responsable es indispensable para prevenir los posibles daños derivados de su uso y manejo.”*

También puede encontrarse un documento titulado *Pautas sobre Aplicaciones de Productos Fitosanitarios en Áreas Periurbanas* (MAGyP, 2013) cuyo objetivo *“... es brindar un aporte como material de referencia científico y técnico para ser utilizado por todos los actores relacionados a este tema, con el propósito de fijar estrategias precisas que aseguren el uso adecuado y control de las aplicaciones de fitosanitarios a fin de asegurar la salud de las personas, animales y plantas, así como también del ambiente que los rodea, de la producción agropecuaria y del patrimonio de terceros, en el marco de las buenas prácticas fitosanitarias”*. En él se reconoce que *“los productos fitosanitarios no son inocuos”*, y que *“se debe valorar la toxicidad del producto formulado claramente detallado en la etiqueta, las condiciones climáticas, el estado de uso del equipo, así como su regulación y calibración y la tecnología de aplicación utilizada y el posible grado de exposición”*.

Cabe señalar que el grupo de trabajo que consensuó el documento estuvo conformado por integrantes y representantes de 13 instituciones públicas y privadas: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, INTA, SENASA, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos (MAGyA) de la provincia de Córdoba, Comisión Federal Fitosanitaria, Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA), Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID), Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE), Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos (CIAFA), Consejo Profesional de Ingeniería Agronómica (CPIA), Federación Argentina de la Ingeniería Agronómica (FADIA), Federación Argentina de Cámaras Agroaéreas (FeArCA), Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA).

Corresponde notar que no fueron incluidos en este grupo ni representantes del Ministerio de Salud ni de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable del propio Gobierno Nacional que pudieran opinar sobre las consecuencias ambientales y a la salud del uso de los plaguicidas. Tampoco participaron de la redacción ni fueron consultados: los trabajadores rurales; los consumidores que compran e ingieren alimentos que tienen plaguicidas; las poblaciones afectadas por la deriva de los plaguicidas; las organizaciones de médicos que tratan a las poblaciones afectadas por las derivas y a la población en general afectada por el consumo de alimentos con plaguicidas; las organizaciones ambientalistas; los productores que no utilizan estos plaguicidas y ven afectadas sus producciones por la aplicación de ellos en campos y propiedades linderas, y sus organizaciones; representantes académicos de las escuelas de pensamiento agroecológicas del INTA y de universidades nacionales y privadas (Lowy, 2019). *“No participaron profesionales que pudieran evaluar el impacto en la salud y el ambiente, ni se tuvieron en cuenta estudios epidemiológicos imprescindibles para la elaboración de este tipo de recomendaciones que tienen el objetivo de ser utilizadas en la redacción de regulaciones de estos productos. Quienes participaron en la elaboración del documento carecen de la competencia profesional en medicina, y tienen competencia absolutamente restringida en temas ambientales y ecológicos, dadas las incumbencias de sus profesiones y especializaciones (Lowy, 2019).”*

Es cierto que implementar buenas prácticas en la aplicación de agroquímicos biocidas es mejor que implementar malas prácticas, pero las buenas prácticas aun cuando se sigan al pie de la letra no pueden, de ninguna manera, proteger a la población ni a los ecosistemas. El problema es que se ignora *“la imposibilidad de controlar a los plaguicidas una vez liberados al ambiente, de las derivas gaseosas, las derivas secundarias y las terciarias; de los residuos de plaguicidas en los alimentos; así como la imposibilidad de realizar controles adecuados que prevengan e impidan estas situaciones (Löwy, 2019)”*.

Diferentes representantes de las empresas que producen y comercializan los plaguicidas desarrollaron *“un fuerte trabajo de lobby en los medios y ante los poderes legislativos y ejecutivos de la Nación y las provincias, buscando que se fijen distancias libres de aplicación de plaguicidas de 100 metros para las aplicaciones terrestres y 200 metros para las aéreas, tendiendo a cero con las denominadas buenas prácticas agrícolas que propone el documento, y omitiendo por completo que esas distancias han sido refutadas ampliamente por la academia, y que el registro de esas sustancias se basa en clasificaciones toxicológicas que ignoran la mayoría de los daños toxicológicos que generan (Löwy, 2019).”*

La literatura científica cuenta con un número suficiente a la vez que creciente de trabajos de investigación realizados por investigadores independientes, es decir no pagados ni financiados por las empresas que producen y comercializan agroquímicos biocidas, que dan cuenta de los daños y perjuicios que estos productos causan a la salud y al ambiente.

En las secciones anteriores se describen las características de 16 agroquímicos plaguicidas usados en proximidad de las escuelas rurales y que son apenas unos pocos de entre cientos de ingredientes activos actualmente en el mercado. Esas descripciones mencionan su modo de acción y sus efectos, pero también hablan de su persistencia, su volatilidad, su movilidad, su capacidad de adsorción a partículas de suelo, su capacidad de lixiviación, de permanencia en el agua, etc. Una vez aplicados en un lote, es decir liberados al ambiente, los agroquímicos plaguicidas no quedan fijos en ese sitio, sino que se difunden en el aire por la llamada deriva. La **deriva** es el desplazamiento de un plaguicida fuera del blanco determinado, transportado por masas de aire o por difusión.

Los plaguicidas pueden ser introducidos en la atmósfera por la deriva de la pulverización, la volatilización y la erosión por el viento de partículas de suelo en los que son adsorbidos. En la atmósfera, los plaguicidas son distribuidos entre las partículas y las fases de vapor basado en la presión de vapor del producto químico, la temperatura ambiente, y concentración de partículas en suspensión (Tomasoni, 2013; Chang et al., 2011). Según el momento en que ocurren, las derivas pueden ser consideradas **deriva primaria**, aquella que se produce al momento de la pulverización; **deriva secundaria**, la que se genera en las horas siguientes a la aplicación; o bien **deriva terciaria**, la que puede producirse semanas, meses o años después de la aplicación (Tomasoni, 2013). En la generación de la deriva primaria intervienen factores climáticos, factores físicos y químicos particulares del o de los productos aplicados, y factores tecnológicos relacionados con las técnicas de aplicación. Finalizada la aplicación, los efectos de factores climáticos como altas temperaturas, alta radiación, baja humedad relativa, cambios de velocidad y dirección del viento, y reversión térmica pueden provocar una evaporación de los agroquímicos aplicados. La nube química que se forma sobre el campo pulverizado, que puede concentrarse aún más con

los plaguicidas evaporados y las gotas que aún no descendieron durante la deriva primaria, puede moverse en toda dirección fuera del campo, generando la deriva secundaria (Tomasoni, 2013). La deriva terciaria es el desplazamiento de plaguicidas y sus residuos fuera del campo pulverizado en tiempos posteriores a la aplicación, del orden de semanas, meses o años, debido a diversos fenómenos, físicos, químicos y biológicos, cuya combinación o acción sinérgica genera que los plaguicidas o sus residuos deriven en distancias tan lejanas de sus puntos de aplicación como el movimiento de las capas altas de la atmósfera lo permita (Tomasoni, 2013). Basta con mencionar que se han encontrado plaguicidas en los hielos de la Antártida.

Como hemos visto en secciones anteriores, los plaguicidas también se descargan con las lluvias, se depositan en los suelos y el viento los desplaza junto con el polvillo o sedimentos eólicos (Aparicio et al., 2018), corren por ríos y arroyos (Tomasoni, 2013; De Gerónimo et al. 2014; Castro Berman et al. 2018; Lupi et al., 2019) y, por supuesto, se lixivian y se infiltran en las napas de agua (Pérez-Lucas et al, 2019).

Queda entonces claro que, una vez aplicado un plaguicida en un lote, es absolutamente imposible acotar su presencia a dicho lote. En consecuencia, las llamadas Buenas Prácticas Agrícolas y el uso responsable de los agroquímicos **no pueden** “asegurar la salud de las personas, animales y plantas, así como también del ambiente que los rodea, de la producción agropecuaria y del patrimonio de terceros,” ni “prevenir los posibles daños derivados de su uso y manejo”, como dice la página dedicada a las Buenas Prácticas (BPA) del sitio web del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

Sobre los cócteles y los residuos

En la Sección II se explica la forma en que se define la toxicidad de un ingrediente activo basándose en la dosis letal 50% aguda o DL50. Es decir que para clasificar un plaguicida sólo se tiene en cuenta la dosis que puede matar directamente a una persona y se elige ignorar los efectos de las bajas dosis y la exposición crónica, que no van necesariamente a la par de la toxicidad letal. Tampoco se tienen en cuenta los efectos sinérgicos de la combinación de varios principios activos o de los productos resultantes (Löwy, 2019). Aunque no hay información científica sobre los efectos de la interacción entre los diferentes tipos de pesticidas y la salud humana, se sabe que la interacción entre sustancias dentro del mismo grupo químico aumenta el daño (Sanborn et al. 2002).

Lo que sucede, así como los riesgos y daños que esto trae aparejado queda claramente descrito por Montenegro (2012):

“Cada plaguicida no es un principio⁵ activo solamente. Es una mezcla de principio activo con inertes, coadyuvantes y otros agregados, alguno de ellos tanto o más tóxico que el plaguicida principal. Es lo que llamamos cóctel 1. Las mezclas de fábrica contenidas en envases sin abrir también pueden sufrir cambios químicos, lo cual genera nuevas sustancias químicas extremadamente peligrosas. En los envases cerrados del plaguicida fosforado malathión se puede formar isomalathión, una sustancia 7 veces más tóxica que el plaguicida originalmente envasado. Es lo que llamamos cóctel 2. Los productores y aplicadores no suelen usar plaguicidas en forma directa, sino que efectúan mezclas y diluciones muy variables, generando así nuevos e impredecibles productos. Es lo que llamamos cóctel 3. Finalmente, cuando esta suma de cócteles –cóctel 1 más cóctel 2 más cóctel 3- es descargada al ambiente, se generan nuevas sustancias, eventualmente más tóxicas o más persistentes o ambas. Es el cóctel 4. Por ejemplo, del cóctel a base de glifosato deriva el AMPA y del cóctel a base de endosulfán deriva el sulfato de endosulfán.

Todas estas sustancias –no solamente un producto activo- llegan a las personas por numerosas rutas, entre ellas deriva, por partículas de suelo contaminadas que transporta el viento, por el agua y por los alimentos. ¿Cómo pueden los productores y los ingenieros agrónomos evitar que pequeñas dosis de estos cócteles lleguen a las personas, y sobre todo a los bebés y a los niños pequeños, que comparativamente a los adultos, en relación con el peso, consumen más agua, más alimentos y más aire, y tienen mayor superficie expuesta? No pueden.

Existe además ese agravante ya mencionado anteriormente que ni la CONABIA ni el SENASA consideran. Los campos en que se practica la agricultura conservan residuos de plaguicidas antiguos como el DDT y el HCH, y recientes como el endosulfán, y toda nueva aplicación se suma a ese "fondo histórico". Se genera así un peligroso cóctel 5. Pero las personas expuestas, a su vez, son portadoras de plaguicidas en sus tejidos graso y sanguíneo, con lo cual todo ingreso de plaguicidas se "agrega" a los depósitos biológicos ya existentes. Es el cóctel 6. Tanto la deriva desde los campos pulverizados como la inhalación e ingesta de residuos de plaguicidas se suma a los que cada persona almacena en sus tejidos, y que le llegaron durante años con los alimentos, el aire o el agua contaminada, o que recibieron de sus madres cuando eran embriones y fetos (transferencia transplacentaria) y bebés (transferencia durante la lactancia). Dado que estas bajas dosis de residuos pueden alterar el sistema hormonal, pues muchos plaguicidas tienen actividad estrogénica, y afectar

⁵ Suele utilizarse la expresión **principio activo** en lugar de ingrediente activo.

asimismo el sistema inmune, con lo cual nos volvemos menos resistentes a enfermedades virales y bacterianas, está claro que la dosis letal 50 con que se guían productores e ingenieros agrónomos resulta inadecuada, y no protege la salud de personas expuestas.”

A Modo de Conclusión

Los agroquímicos biocidas son sustancias de síntesis química diseñadas para ser liberadas al ambiente para eliminar formas de vida, es decir para matar organismos con los que compartimos ecosistemas, genomas y procesos evolutivos. Una vez liberados al ambiente, son incontrolables en su desplazamiento, persistencia y acción, ya sea individual o sea sinérgica con otras sustancias, tanto de síntesis química como aquellas presentes en el ambiente en forma natural. Los daños a la salud, a la biósfera y al funcionamiento de los ecosistemas son cada vez mayores. Como promueve la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), como lo señalan numerosas investigaciones del INTA, y como nos muestran los cada vez más numerosos productores agroecológicos distribuidos en todo el territorio nacional, necesitamos reconvertir nuestros sistemas agroalimentarios hacia la agroecología.

La Relatora Especial sobre el Derecho a la Alimentación, en su Informe al Consejo de Derechos Humanos de las Naciones Unidas durante su 34º Período de Sesiones en marzo de 2017 (HRC, 2017), detalló los impactos del uso de plaguicidas, destacando que: *“A pesar de su uso generalizado, los plaguicidas químicos no han logrado reducir las pérdidas de cosechas en los últimos 40 años. Ello se ha atribuido a su uso indiscriminado y no selectivo, que hace que no solo mueran las plagas, sino también sus enemigos naturales y los insectos polinizadores. La eficacia de los plaguicidas químicos también se ve enormemente reducida por la resistencia que se desarrolla a ellos con el tiempo.”* Afirmó que: *“El éxito debe calcularse en base a criterios distintos a la rentabilidad económica, y tener en cuenta el coste de los plaguicidas para la salud humana, la economía y el medio ambiente. La agroecología impide una exposición directa a plaguicidas tóxicos y ayuda a mejorar la calidad del aire, el suelo, el agua superficial y el agua subterránea. Por su menor consumo energético, la agroecología también puede ayudar a mitigar los efectos del cambio climático, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y proporcionando sumideros de carbono.”* Finalizó recomendando: ***“La sociedad civil debería informar a la población general de los efectos adversos de los plaguicidas para la salud humana y los daños que los plaguicidas causan al medio ambiente, y organizar programas de capacitación sobre agroecología.”***

REFERENCIAS

- Abdelhafid A; Houot S; Barriuso E. (2000). How increasing availabilities of carbon and nitrogen affect atrazine behaviour in soils. *Biol Fertil Soils*. 30: 333-340.
- Aiassa DE; Mañas FJ; Bosch B; Gentile NE; Bernardi N; Gorla N. (2012). Biomarcadores de daño genético en poblaciones humanas expuestas a plaguicidas. *Revista Acta Biológica Colombiana*, 17 (3): 485-510. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028029003>
- Aiassa DE; Mañas FJ; Gentile NE; Bosch B; Salinero MC; Gorla NBM (2019) Evaluation of genetic damage in pesticides applicators from the province of Córdoba, Argentina. *Environmental Science and Pollution Research*. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05344-2>
- Aparicio VC; De Gerónimo E; Marino D; Primost J; Carriquiriborde P; Costa JL. (2013). Environmental fate of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters and soil of agricultural basins. *Chemosphere*, 93:1866-1873.
- Aparicio VC; Aimar S; De Gerónimo E; Méndez MJ; Costa JL (2018). Glyphosate and AMPA concentrations in wind-blown material under field conditions. *Land Degradation and Development* 29 (5): 1317-1326. <https://doi.org/10.1002/ldr.2920>
- BCPC (2003). *The Pesticide Manual. A World Compendium*. Thirteen ed. Clive Tomlin ed. British Crop Protection Council (BCPC). Reino Unido.
- Bernardi N; Gentile N; Mañas F; Méndez A; Gorla N; Aiassa D. (2015). Assessment of the level of damage to the genetic material of children exposed to pesticides in the province of Córdoba. *Arch Argent Pediatría* 113(2):126-132.
- Bravo-Yumi NP; Espinoza-Montero P; Brillas E; Peralta-Hernández MP. (2018). Electrochemical Abatement of Atrazine Solutions Using an Undivided Stirred Tank Cell with Pt or BDD Anode. *J. Mex. Chem. Soc.* 62(2): 295-304.
- Castro Berman M; Marino DJG; Quiroga MV; Zagarese H. (2018). Occurrence and levels of glyphosate and AMPA in shallow lakes from the Pampean and Patagonian regions of Argentina. *Chemosphere* 200: 513 - 522.

- CCA (2012). *Foro de la Comisión para la Cooperación Ambiental sobre manejo de las sustancias químicas*, mayo 15-16, 2012, San Antonio, Texas. Comisión para la Cooperación Ambiental. Montreal, 51 p. [en línea]. (Último acceso 21 octubre 2013). <http://www.cec.org/news-and-outreach/events/cec-chemicals-management-forum>
- Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC), Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR), España. [en línea] (Último acceso 21 octubre 2019). https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs153.html
- Chang FCh; Simcik MF; Capel PD. (2011). Occurrence and fate of the herbicide glyphosate and its degradate aminomethylphosphonic acid in the atmosphere. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30: 548–555.
- CIMA (2016). Pasos a seguir para tomar muestras de agua de red y suelo si sospecha contaminación con agroquímicos. *Agroquímicos, medioambiente y comunidad. Proyecto de extensión*. UNLP
- De Gerónimo E; Aparicio VC; Bárbaro S; Portocarrero R; Jaime S; Costa JL. (2014). Presence of pesticides in surface water from four sub-basins in Argentina. *Chemosphere*, 107:423–431.
- European Commission (2017). "EU Pesticides database: Glyphosate". [en línea] (Último acceso 29 Agosto de 2018).
- Extension Toxicology Network, Cornell University, Michigan State University, Oregon State University, and University of California at Davis. [en línea] (Último acceso 19 octubre 2019). <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/metiram-propoxur/metsulfuron-methyl-ext.html>
- FAO-OIT (2015). *¡Protege a los niños de los plaguicidas!* Guía visual del facilitador, Versión preliminar. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Organización Internacional del Trabajo (OIT).
- FAO (2018). *Glosario de términos fitosanitarios NIMF 5*. Roma. 36 p.
- Faustman EM; Omenn GS (2001). *Risk assessment*. En: Klaassen CD (ed.). *Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons* (6th ed.). New York: McGraw-Hill. pp. 92–4.
- Fennema OR. (1996). *Food chemistry*. New York, N.Y: Marcel Dekker. p. 828.
- Greenhalgh R. (1980) Definition of Persistence in Pesticide Chemistry. *Pure & Appl. Chem.* 52:2563—2566.

*Informe sobre Agroquímicos Plaguicidas en Escuelas Rurales del Partido de Tandil
Proyectos EcoAgricultura y EcoAgricultura II*

- Gress S, Lemoine S, Séralini GE, Puddu PE (April 2015). Glyphosate-based herbicides potentially affect cardiovascular system in mammals: review of the literature. *Cardiovascular Toxicology* 15 (2): 117–26. doi:10.1007/s12012-014-9282-y
- Guyton KZ, Loomis D, Grosse Y, El Ghissassi F, Benbrahim-Tallaa L, Guha N, Scoccianti C, Mattock H, Straif K (2015). Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. *The Lancet. Oncology*. 16 (5): 490–1. doi:10.1016/S1470-2045(15)70134-8
- Hang S. (2010). Comportamiento de Agroquímicos en el Suelo. Cátedra de Edafología. Universidad Nacional de Córdoba y Universidad Católica de Córdoba. *Revista del Colegio de Ingenieros Agrónomos de la provincia de Córdoba*, Año XX, Nº82.
- Hansen AM; Treviño-Quintanilla LG; Márquez-Pacheco H; Villadacanela M; González-Márquez LC; Guillén-Garcés RA; Hernández-Antonio A (2013). Atrazina: Un Herbicida Polémico. Universidad Nacional Autónoma de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 29: 65-84.
- HRC (Human Rights Council) (2017). *Informe de la Relatora Especial sobre el derecho a la alimentación*, A/HRC/34/48. Asamblea General, Naciones Unidas.
- IARC (2008). Agent Reviewed by the IARC Monographs. Volumes 1-99, May. International Agency for Research on Cancer https://monographs.iarc.fr/cards_page/publications-monographs/
- INSHT. *Base de datos de sustancias tóxicas y peligrosas RISCTOX*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio del Trabajo e Inmigración, España. <https://risctox.istas.net/index.asp>
- IPBES (2016): *Resumen para los responsables de formular políticas del Informe de Evaluación de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas sobre polinizadores, polinización y producción de alimentos*. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, H. T. Ngo, J. C. Biesmeijer, T. D. Breeze, L. V. Dicks, L. A. Garibaldi, R. Hill, J. Settele, A. J. Vanbergen, M. A. Aizen, S. A. Cunningham, C. Eardley, B. M. Freitas, N. Gallai, P. G. Kevan, A. Kovács-Hostyánszki, P. K. Kwapong, J. Li, X. Li, D. J. Martins, G. Nates-Parra, J. S. Pettis, R. Radery B. F. Viana (eds.). Bonn, Alemania. Disponible en: <https://www.ipbes.net/assessment-reports/pollinators>
- IPCS (2009). *The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2004*. International Programme on Chemical Safety (IPCS). Corrigenda publicada: 28 Junio 2006.
- IUPAC (2003). Regulatory limits for pesticides residues in water. International Union of Pure and Applied Chemistry Technical Report. *Pure and Applied Chemistry*, 75 (8): 1123-1155.

*Informe sobre Agroquímicos Plaguicidas en Escuelas Rurales del Partido de Tandil
Proyectos EcoAgricultura y EcoAgricultura II*

- Izaguirre MF, Lajmanovich RC, Peltzer PM, Soler AP, Casco VH (2000) Cypermethrin-induced apoptosis in the telencephalon of *Physalaemus biligonigerus* tadpoles (Anura: Leptodactylidae). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 65: 501-507.
- Klaassen CD, ed. (2008). *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*. 7th ed. McGraw-Hill, New York.
- Kleffmann Group (2013). Mercado Argentino de Productos Fitosanitarios 2012. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes CASAFE. [en línea].[consulta: 20 de octubre 2019]. <http://www.casafe.org/publicaciones/estadisticas/>
- Lajmanovich RC, Sandobal MT, Petzler PM (2003) Induction of mortality and malformation in *Scinax nasicus* tadpoles exposed by glyphosate formulations. *Bulletin of Environmental Contaminant and Toxicology* 70: 612-618.
- Lajmanovich RC, Cabagna M, Petzler PM, Stringhini G, Attademo AM (2005) Micronucleus induction in erythrocytes of the *Hyla pulchella* tadpoles (Amphibia: Hylidae) exposed insecticides endosulfan. *Mutation Research* 587: 67-72.
- Lajmanovich RC; Peltzer P; Attademo AM; Martinuzzi CS; Simoniello MF; Colussi CL; Cuzziol Boccioni AP; Sigrist M (2019). First evaluation of novel potential synergistic effects of glyphosate and arsenic mixture on *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) tadpoles. *Heliyon* 5(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02601>
- Lantieri MJ Paz RM; Butinof M; Fernández RA; Stimolo MI; Díaz MP. (2009) Exposición a plaguicidas en agroaplicadores terrestres de la provincia de Córdoba, Argentina: factores condicionantes. *Agriscientia* 26:43-54. [en línea] <http://www.scielo.org.ar/pdf/agrisc/v26n2/v26n2a02.pdf>
- López SL; Aiassa D; Benítez-Leite S; Lajmanovich R; Mañas F; Poletta G; Sánchez N; Simoniello MF; Carrasco AE (2012). Pesticides Used in South American GMO-Based Agriculture. *Advances in Molecular Toxicology Vol 6*: 41-75.
- Löwy CR (2019). La Construcción del Discurso Agroquímico Plaguicida. De la OMS a los Territorios. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. [en línea]. [Último acceso: 5 de marzo de 2020] <https://bios.org.ar/la-construccion-del-discurso-agroquimico-plaguicida-de-la-oms-a-los-territorios/>
- Lu FC; Kacew S. (2002). *Lu's Basic Toxicology: Fundamentals, Target Organs and Risk Assessment*. Taylor & Francis. p. 364.

*Informe sobre Agroquímicos Plaguicidas en Escuelas Rurales del Partido de Tandil
Proyectos EcoAgricultura y EcoAgricultura II*

- Lupi L; Miglioranza KSB; Aparicio VC; Marino D; Bedmar F; Wunderlin DA. (2015) Occurrence of glyphosate and AMPA in an agricultural watershed from the southeastern region of Argentina. *Science of the Total Environment* 536: 687–694.
- Lupi L; Bedmar F; Puricelli M; Marino D; Aparicio VC; Wunderlin D; Miglioranza KSB. (2019). Glyphosate runoff and its occurrence in rainwater and subsurface soil in the nearby area of agricultural fields in Argentina. *Chemosphere* 225 : 906-914.
- MAGyP (2013). Pautas sobre Aplicaciones de Productos Fitosanitarios en Áreas Periurbanas. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Buenos Aires. 34 pgs. [en línea] [Último acceso 21 octubre 2019]. <https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/fitosanitarios/pautas/>
- Mac Loughlin TM; Peluso ML; Etchegoyen M; Alonso LL; de Castro MC; Percudani MC; Marino DJG. (2018). Pesticide residues in fruits and vegetables of the argentine domestic market: Occurrence and quality. *Food Control*, 93, 129–138. doi:10.1016/j.foodcont.2018.05.041
- Meco G; Bonifati V; Vanacore N; Fabrizio E. (1994). Parkinsonism after chronic exposure to the fungicide maneb (manganese ethylene-bis-dithiocarbamate). *Scand J Work Environ Health*, 20: 301-305.
- Montenegro RA. 2012. "Monsanto amenaza Malvinas Argentinas: Semillas envenenadas y pérdida de soberanía alimentaria". Ed. FUNAM y Cátedra de Biología Evolutiva Humana, UNC, Córdoba, 31 p.
- Myers JP; Antoniou MN; Blumberg B; Carroll L; Colborn T; Everett LG; Hansen M; Landrigan PJ; Lanphear BP; Mesnage R; Vandenberg LN; vim Saal FS; Welshons WV; Benbrook CM (2016). Concerns over use of glyphosate-based herbicides and risks associated with exposures: a consensus statement. *Environmental Health* 15: 19.
- New York State Department of Environmental Conservation. [en línea] [Último acceso 4 noviembre 2019]. http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/fung-nemat/tcmtb-ziram/triticonazole/triticonazole_den_1112.pdf
- OJEU (2004). Commission decision concerning the noninclusion of atrazine in Annex I to Council Directive 91/414/EEC and the withdrawal of authorisations for plant protection products containing this active substance. *Official Journal of the European Union*. Bruselas, BE. 3 pp.
- Okada E; Pérez D; De Gerónimo E; Aparicio V; Massone H; Costa JL. (2018). Non-point source pollution of glyphosate and AMPA in a rural basin from the southeast Pampas, Argentina. *Environmental Science and Pollution Research*, 25:15120-15132.
- OMS (1987). "Principles for the safety assessment of food additives and contaminants in food". *Environmental Health Criteria* 70

- OMS (2008). *Guidelines for drinking-water quality* [electronic resource]: incorporating the 1st and 2nd addenda. Vol. 1, Recommendations. – 3rd ed. [en línea] [Último acceso 21 octubre 2019]. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf
- Paganelli A; Gnazzo V; Acosta H; López SL; Carrasco AE (2010). Glyphosate-Based Herbicides Produce Teratogenic Effects on Vertebrates by Impairing Retinoic Acid Signaling. *Chemical Research in Toxicology* 23(10): 1586–1595. doi:10.1021/tx1001749
- Peltzer PM; Lajmanovich RC; Sánchez LC; Attademo AM; Junges CM; Bionda CL; Martino AL; Bassó A (2011). Morphological abnormalities in amphibian populations from the mid-eastern region of Argentina. *Herpetological Conservation and Biology* 6(3): 432-442.
- Pérez-Lucas G; Vela N; El Aatik A; Navarro S. (2019). Environmental Risk of Groundwater Pollution by Pesticide Leaching through the Soil Profile. En: *Pesticides: Use and Misuse and Their Impact in the Environment*, Larramendy M & Soloneski S [eds.]. IntechOpen: Londres. [on line]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/pesticides-use-and-misuse-and-their-impact-in-the-environment>
- Renwick AG. (1999). Toxicokinetics. En: Ballantyne, Bryan; Mars, Tore; Syversen, Timothy (eds.). *General and Applied Toxicology* (2nd ed.). London: MacMillan. Referencia: pp. 91–2.
- Sanborn MD; Cole D; Abelsohn A; Weir E. (2002) Identifying and managing adverse environmental health effects: 4. Pesticides. *Can Med Assoc J* 166:1431–1436.
- Smith AE. (1986). Persistence of the Herbicides [14C] Chlorsulfuron and [14C] Metsulfuron-methyl in Prairie Soils Under Laboratory Conditions. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 37: 698-704.
- Souza Casadinho J. (2013). Dinámica de uso de los agrotóxicos y su relación con la salud socioambiental. En: C. Carrizo y M. Berger (Comp.) *Justicia Ambiental. El trabajo interdisciplinario en agrotóxicos y transgénicos*. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas de América Latina, (RAP-AL). [en línea] (Último acceso 21 octubre 2019). <http://es.scribd.com/doc/177733196/Justicia-Ambiental>.
- Thomson WT. (1993). *Agricultural Chemicals Book II. Herbicides*. Thomson Publications. Fresno, CA.
- Tomasoni M. (2013). *No hay derivas controlables. Generación de derivas de plaguicidas*. Red Universitaria de Ambiente y Salud. Red de Médicos de Pueblos Fumigados. Córdoba. [en línea] (Último acceso 21 octubre 2019). <http://reduas.com.ar/generacion-de-derivadas-de-plaguicidas/>
- UNEP (2001). *Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes*. United Nations Environment Programme [en línea]. (Último acceso 21 octubre 2019). <http://chm.pops.int>

*Informe sobre Agroquímicos Plaguicidas en Escuelas Rurales del Partido de Tandil
Proyectos EcoAgricultura y EcoAgricultura II*

- University of Hertfordshire, *PPDB Pesticide Properties Data Base*. [en línea] (Último acceso 19 octubre 2019). <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/es/Reports/673.htm>
<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/es/Reports/470.htm>
- USEPA (1993). *Reference Dose (RfD): Description and Use in Health Risk Assessments*. Integrated Risk Information System. [en línea] (Último acceso 21 octubre 2019). <https://www.epa.gov/iris/reference-dose-rfd-description-and-use-health-risk-assessments>
- USEPA (2002). *Health Effects Test Guidelines OPPTS 870.1000 Acute Toxicity Testing-Background. Prevention, Pesticides and Toxic Substances (7101)*. U.S. Environmental Protection Agency. EPA 712-C-02-189, December 2002. Docket ID: EPA-HQ-OPP-2002-0325-2002.
- USEPA (2006). *Reregistration Eligibility Decision for Imazapyr. Prevention, Pesticides and Toxic Substances*. EPA 738-R-06-007.
- USEPA (2018). *Chemicals Evaluated for Carcinogenic Potential*. Science Information Management Branch, Health Effects Division, Office of Pesticide Programs U.S. Environmental Protection Agency. [en línea] [Último acceso 21 octubre 2019]. http://npic.orst.edu/chemicals_evaluated.pdf
- Vela MM; Laborda R; García AM. (2003). Neurotóxicos en el ambiente laboral: criterios de clasificación y listado provisional. *Arch prev Riesgo Labor* 6 (1): 17-25.
- Wauchope RD; Butler TM; Hornsby AG; Augustijn-Beckers PWM; Burt JP. (1992). The SCS/ARS/CES Pesticide Properties Database for Environmental Decision-Making. En: *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. Springer-Verlag Publishers. NY.
- Winkelmann D; Klaine S. (1991) Degradation and bound residue formation of atrazine in a Western Tennessee soil. *J. Environ. Toxicol. Chem.* 10: 335-345.
- Zhang L; Rana I; Shaffer RM; Taioli E; Sheppard L. (2019). Exposure to glyphosate-based herbicides and risk for non-Hodgkin lymphoma: A meta-analysis and supporting evidence. *Mutation Research* 781: 186-206.

ANEXO I

Vistas Aéreas de las Escuelas Rurales participantes en los proyectos EcoAgricultura y EcoAgricultura II

Se adjunta como Anexo de este informe un conjunto de imágenes extraídas de Google Maps que permiten visualizar la situación de las Escuelas Rurales del partido de Tandil, algunas ubicadas en zona urbana y otras insertas entre campos agrícolas, con cultivos hasta el límite del predio escolar.



Figura A.1. En María Ignacia – Vela, la EES N°5 se encuentra ubicada en plena zona urbana. Aún así, se detectaron en las muestras de suelo el herbicida Atrazina y dos de sus metabolitos, así como el fungicida Titiriconazol.

*Informe sobre Agroquímicos Plaguicidas en Escuelas Rurales del Partido de Tandil
Proyectos EcoAgricultura y EcoAgricultura II*



Figura A.2. La EES Técnica N°2 Anexo 3021, Fulton, se localiza al extremo de la planta urbana, lindera a un campo agrícola, protegida por una hilera de árboles. Se encontraron 7 plaguicidas en las muestras de agua y 6 en las de suelo.

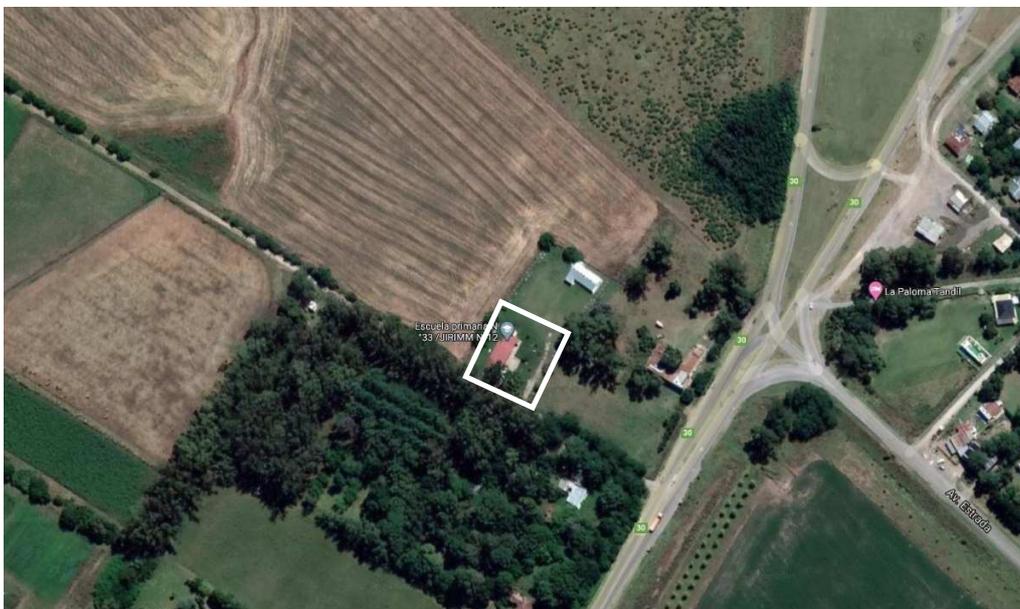


Figura A.3. La EEP N°33 “Guillermo E. Hudson”, Paraje La Porteña, está inserta entre campos. Se encontraron 8 plaguicidas en las muestras de suelo. No se tomaron muestras de agua.

*Informe sobre Agroquímicos Plaguicidas en Escuelas Rurales del Partido de Tandil
Proyectos EcoAgricultura y EcoAgricultura II*



Figura A.4. La EES Agropecuaria N°1 “Dr. Ramon Santamarina”, llamada también Escuela Granja, se encuentra rodeada de campos de actividad agropecuaria. Se encontraron 7 plaguicidas en las muestras de agua y 4 en las de suelo.



Figura A.5. La EEP N°19 “Bernardino Rivadavia” y la EES Técnica N°4 de Gardel, se ubican dentro de la planta urbana, pero relativamente cerca de su límite. Se encontraron 2 y 1 agrotóxicos plaguicidas en las muestras de suelo, respectivamente. No se tomaron muestras de agua.

“mosquito” y los plaguicidas de un aplicador. Se encontraron 4 plaguicidas en las muestras de agua y 6 plaguicidas en las muestras de suelo.



Figura A.8. La EES N°13 De la Canal se encuentra rodeada de campos agrícolas y en su predio se encontraron 4 plaguicidas en las muestras de suelo. No se tomaron muestras de agua.



Figura A.9. El JIRIMM N°2 y la EEP N°64 “Almafuerte”, Paraje La Patria, está inserta entre campos de cultivo. Se realizaron dos muestreos (junio y diciembre). En las muestras de agua se encontraron 5 plaguicidas en el primer muestreo y 6 en el segundo. En las muestras de suelo se encontraron 5 plaguicidas en el primer muestreo y 4 en el segundo.

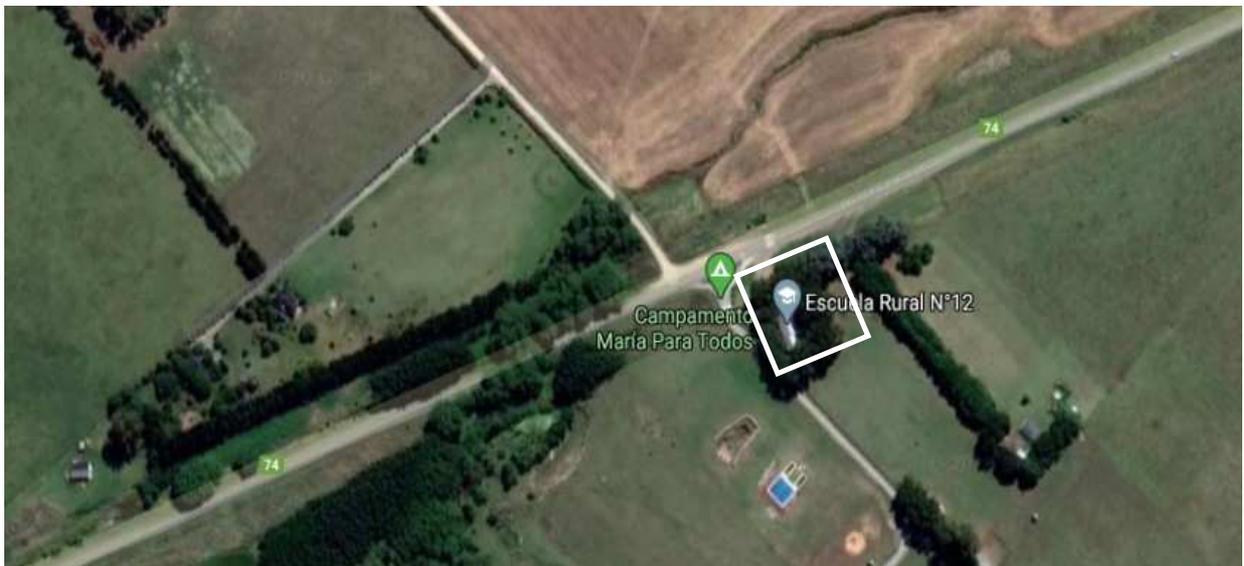


Figura A. 10. La EEP N° 12, “Miguel de Azcuenaga”, en el Paraje Los Mimbres, está ubicada sobre la Ruta 74. Se encontraron 5 plaguicidas en las muestras de agua y 4 en las muestras de suelo.



Figura A.11. El JIRIMM N°913, de Azucena, se encuentra algo alejado de la zona urbana y rodeado de campos. Se encontraron 2 plaguicidas en las muestras de agua y 2 en las muestras de suelo.

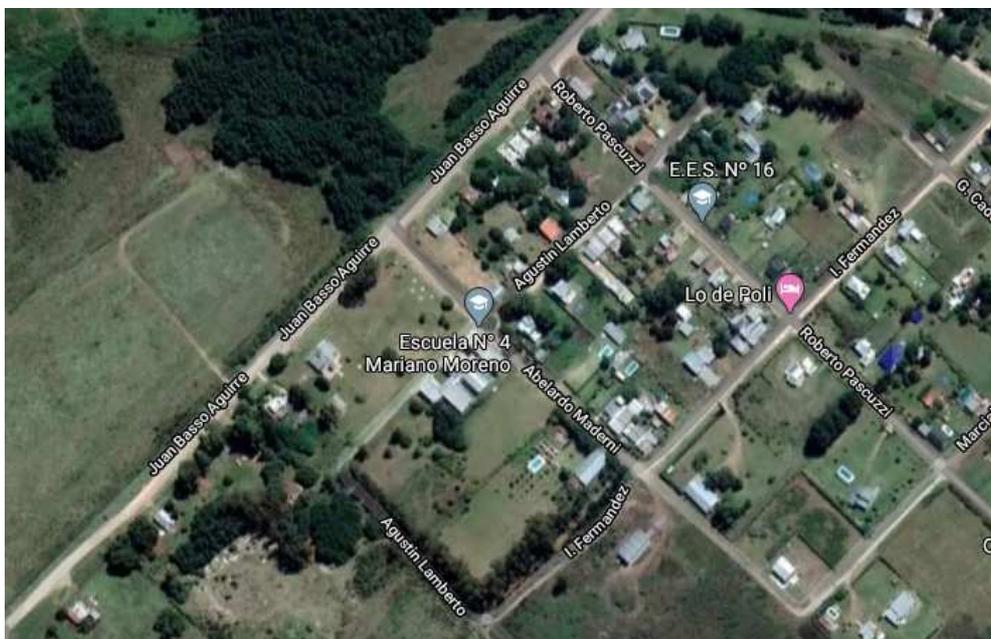


Figura A.12. La EEP N°4 y la EES N°16, de Cerro Leones, se encuentran en la periferia de Tandil, pero no hay actividad agropecuaria cercana. Se tomaron muestras de suelo en el predio de la EEP N°4 en junio y en la EES N°16 en diciembre, encontrándose 3 plaguicidas en la primera y otros 3 distintos en la segunda. No se tomaron muestras de agua.

ANEXO II

Publicaciones y Talleres originados en los proyectos de Voluntariado Universitario EcoAgricultura y EcoAgricultura II

Adaro, M.E.; B. Alba; M. Avalo; F. Castets; J. Cepeda; L. Chiavarino; M. Córdoba; D. Fernández; R. Fernández San Juan; R.Q. Gómez; L.G. Kazlauskas Kong; C. Laino; B. Lombardi; A. Lusi; E. Mansilla; C. Stadler; E. Terán; A. Cortelezzi; R. Ferrati; M.S. Fontanarrosa; C. Ramírez; A. Tisnés; G.A. Canziani. *Proyecto EcoAgricultura, Compromiso Social Universitario*, Poster presentado en la Feria de Proyectos de Extensión, organizada por la Secretaría de Extensión de la Universidad Nacional del Centro, Tandil, el 14 de Noviembre de 2017.

Adaro, M.E.; Alba, B.; Gómez, R.Q.; Kazlauskas Kong, L.G.; Terán, E.J. (2018). *Proyecto de Voluntariado Universitario "EcoAgricultura"*. Libro de Trabajos de las Jornadas de Extensión del MERCOSUR 2018. Secretaría de Extensión. Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Alba, B.; Adaro, M.E.; Cepeda, J.A.; Gómez, Q.; Kazlauskas, L.G.; Stadler, C.S.; Terán, E.J.; Canziani, G. (2019). *Evaluación del desarrollo del Proyecto de Voluntariado Universitario "EcoAgricultura"*. En: A. Ulberich y M.C. Miranda del Fresno [coord.], Libro de resúmenes extendidos, II Jornadas Internacionales de Ambiente y IV Jornadas Nacionales de Ambiente 2018 - 1a ed. - Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2019. Pgs. 453-456.

Adaro, M.E.; Alba, B.; Cepeda, J.A.; Kazlauskas, L.G.; Schimpf, K.G.; Cortelezzi, A.; Fontanarrosa, M.S.; Tisnés, A.; Canziani, G.A. (2019). *Detección de agroquímicos plaguicidas en el suelo y el agua de escuelas rurales del partido de Tandil*. En: Cortelezzi, A.; Entraigas, I.; Grosman, F. [Comp.], *Encuentro de saberes para la gestión responsable de ecosistemas acuáticos pampeanos*.- 1a ed. - Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2019. Libro digital, PDF, ISBN 978-950-658-494-8

Kazlauskas, L.G.; Adaro, M.E.; Alba, B.; Delgado, S.; Naveyra, J.; Retribe, A.; Schimpf, K.G.; Canziani, G.A. (2019). *Enfoque interdisciplinario en la promoción de la Agroecología*. En: Cortelezzi, A.; Entraigas, I.; Grosman, F. [Comp.], *Encuentro de saberes para la gestión responsable de ecosistemas acuáticos pampeanos*.- 1a ed. - Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2019. Libro digital, PDF, ISBN 978-950-658-494-8

*Informe sobre Agroquímicos Plaguicidas en Escuelas Rurales del Partido de Tandil
Proyectos EcoAgricultura y EcoAgricultura II*

Taller para docentes *“Enfoque interdisciplinario en la promoción de la Agroecología”*, a cargo de Ing. Agr. Karen G. Schimpf. En el *57° Curso de Rectores* organizado por el Consejo Superior de Educación Católica, La Plata, 4 al 7 de Febrero de 2020.

Taller para docentes *“Agroquímicos: falacias y riesgos para la salud”*, a cargo del Técnico Ambiental Jonathan Cepeda. En el *57° Curso de Rectores* organizado por el Consejo Superior de Educación Católica, La Plata, 4 al 7 de Febrero de 2020.

Agradecimientos

Agradecemos a la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación por la adjudicación de fondos para la realización de ambos proyectos de Voluntariado Universitario a través del programa Compromiso Social Universitario; a la Secretaría de Extensión de la Universidad Nacional del Centro por el acompañamiento en las distintas etapas de presentación y ejecución de los proyectos; a la Facultad de Ciencias Exactas por el apoyo constante y el reconocimiento del trabajo realizado; a la Jefatura Distrital Tandil por la información, las sugerencias y la confianza brindadas; al Centro Cultural “La Compañía”, a la asociación Colectivo Natural y a los productores agroecológicos por la colaboración en la organización de talleres; a quienes dictaron los talleres formativos para los extensionistas, Dr. Claudio Löwy, Mgr. Javier Souza Casadinho, Lic. Cecilia Ramírez, Dra. Graciela Canziani; a las y los docentes y directores de las escuelas rurales que participaron en los proyectos y a sus alumnos por el interés y el entusiasmo en las actividades propuestas.