

**Proyecto PNUD ARG 20/G27 “Gestión ambientalmente racional de contaminantes orgánicos persistentes, mercurio y otras sustancias peligrosas en Argentina”**



# **Sulfloramida**

## **Caracterización de la sustancia, usos y dinámica ambiental**

Gestión ambientalmente racional  
de contaminantes orgánicos persistentes,  
mercurio y otras sustancias peligrosas



Ministerio de Ambiente  
y Desarrollo Sostenible  
**Argentina**

**PNUD ARG 20/G27 Gestión ambientalmente racional de  
contaminantes orgánicos persistentes, mercurio y otras sustancias  
peligrosas en Argentina**  
**Argentina. Diciembre 2023**

## Sulfloramida: Caracterización de la sustancia, usos y dinámica ambiental

Sulfloramida : caracterización de la sustancia, usos y dinámica ambiental : proyecto PNUD ARG 20-G27 gestión ambientalmente racional de contaminantes orgánicos persistentes, mercurio y otras sustancias peligrosas en Argentina / coordinación general de Verónica Bernárdez; trabajo preliminar de Karina Miglioranza, Julio Fuchs, Marcelo Wolansky, Sonia Soloneski, Norma Gorosito, Roberto Pitluk, Damián Lobos; revisado por: Martina Ormaechea, Celeste Grimolizzi, Daissy Bernal, Cecilia Haissaguerre Diana, Facundo Codone, Silvia Luna - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Programa Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD, 2024.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online  
ISBN 978-631-90261-6-0

1. Medio Ambiente. 2. Contaminación. 3. Contaminantes. I. Bernárdez, Verónica, coord.  
CDD 363.70526

El presente documento ha sido realizado a solicitud del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación (MAyDS) en el marco de la ejecución del Proyecto PNUD ARG 20/G27 sobre el "Gestión ambientalmente racional de contaminantes orgánicos persistentes, mercurio y otras sustancias peligrosas en Argentina".

El análisis y las recomendaciones de políticas de esta publicación no reflejan necesariamente las opiniones del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, de su Junta Ejecutiva o de sus Estados Miembro.

Todos los derechos están reservados. Ni esta publicación ni partes de ella pueden ser reproducidas mediante cualquier sistema o transmitidas, en cualquier forma o por cualquier medio, sea este electrónico, mecánico, de fotocopiado, de grabado o de otro tipo, sin permiso escrito previo del editor. Hecho el depósito que establece la Ley N° 11.723. Se agradecen las contribuciones de Alemania, Australia, Austria, Bangladesh, Bélgica, Brasil, Canadá, China, Costa de Marfil, República Checa, Dinamarca, Egipto, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Grecia, India, Indonesia, Irlanda, Italia, Japón, Corea del Sur, Luxemburgo, México, Países Bajos, Nueva Zelanda, Nigeria, Noruega, Pakistán, Portugal, Rusia, Eslovaquia, Eslovenia, Sudáfrica, Suecia, Suiza, Turquía y Reino Unido al Fondo del Medio Ambiente Mundial.

Copyright © PNUD, 2023

Esmeralda 130, Piso 13, C1035ABD  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

[www.ar.undp.org](http://www.ar.undp.org)



# Autoridades

Presidente de la Nación

**Alberto Fernández**

Vicepresidenta de la Nación

**Cristina Fernandez de Kirchner**

Jefe de Gabinete de Ministros

**Agustín Rossi**

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

**Juan Cabandié**

Titular de Unidad de Gabinete de Asesores

**Juan Manuel Vallone**

Secretario de Control y Monitoreo Ambiental

**Sergio Federovisky**

Subsecretario de Fiscalización y Recomposición

**Jorge Etcharrán**

Director General de Proyectos con  
Financiamiento Externo y Cooperación  
Internacional

**Martín Manuel Illescas**

Director Nacional Sustancias y Residuos Peligrosos

**Oscar Taborda**

Coordinadora del Proyecto PNUD ARG 20/G27

**Verónica Bernárdez**



# Índice

<b>Prólogo</b>	<b>7</b>
<b>Siglas</b>	<b>8</b>
<b>Glosario</b>	<b>10</b>
<b>Introducción</b>	<b>13</b>
<b>Objetivo general</b>	<b>14</b>
<b>Objetivos específicos</b>	<b>14</b>
<b>Metodología</b>	<b>15</b>
<b>Caracterización de la sulfloramida</b>	<b>16</b>
Identificación y caracterización de la sulfloramida	17
Métodos de síntesis de sulfloramida	20
Propiedades fisicoquímicas	20
<b>Marco regulatorio</b>	<b>23</b>
Marco regulatorio para productos basados en sulfloramida y/o PFAS en Argentina y el mundo	24
<b>Dinámica ambiental</b>	<b>31</b>
Comportamiento de la sulfloramida en matrices ambientales	35
<b>Efectos adversos de la sulfloramida en los seres vivos</b>	<b>40</b>
Efectos sobre la biota	41
Efectos letales y subletales algas e invertebrados acuáticos y terrestres	41
Efectos letales y subletales en vertebrados terrestres	43
Efectos en la salud humana	44
Clasificación de peligrosidad de la sulfloramida y sus formulaciones	44
Vías de exposición - Toxicocinética	44
Vías de ingreso	45
Metabolismo	46
Mecanismos de eliminación	47
Toxicodinamia de sulfloramida	47
Mecanismo de toxicidad	47
Efectos de las intoxicaciones	48
Efectos de la exposición aguda a sulfloramida en rata	48
Efectos subletales de la exposición subcrónica y crónica a sulfloramida en animales de laboratorio	48
Mutagenicidad y genotoxicidad de sulfloramida	48
Carcinogenicidad y teratogenicidad de sulfloramida	49
Efectos de la sulfloramida en las capacidades reproductivas	49
Efectos esperables de la exposición aguda y crónica según ruta de ingreso y etiología de la exposición	49
Efectos en trabajadores en el ámbito ocupacional	50
Efectos reportados de PFAS del camino de descomposición de sulfloramida	50
	5

Otros efectos de exposición a la sulfluramida	50
Resumen de la sección	51
<b>Usos: mercado y prácticas agrícolas de la sulfluramida</b>	<b>53</b>
Importación y exportación del principio activo y formulados asociados	54
Importaciones	54
Exportaciones	55
Tipos de formulaciones disponibles en Argentina	56
Diversidad de las productos comercializados	56
Empresas que comercializaban cebos granulados como “línea jardín”	58
Principal uso de la sulfluramida: Hormiguicida	58
Hormigas Cortadoras de Hojas (HCH)	58
Problemática de las HCH	63
Métodos de control de las HCH	66
<b>Contexto social y productivo del uso de sulfluramida</b>	<b>71</b>
Relevamiento	72
Diagnóstico	72
Información secundaria	73
Resultados	73
Incidencia de la plaga de HCH	73
Prácticas de control de plagas	74
Sustancias utilizadas para el control de HCH	75
Ámbitos socio-productivos con mayor incidencia de uso de cebos granulados	75
Mercados y certificaciones	81
Prácticas agroecológicas y sustentabilidad	81
Medidas de comunicación y control	82
Conclusiones parciales	82
<b>Tecnologías alternativas</b>	<b>83</b>
Tendencias actuales en la sustitución de sulfluramida por otros ingredientes activos insecticidas	84
<b>Recomendaciones y propuestas</b>	<b>88</b>
Comunicación	88
Incentivos positivos	89
Acompañamiento técnico	89
Desarrollo de conocimiento	90
<b>Conclusiones</b>	<b>91</b>
<b>Bibliografía consultada</b>	<b>92</b>
<b>Anexos</b>	<b>109</b>

# Prólogo

El presente trabajo se elabora en el marco de las actividades del Proyecto PNUD ARG/20/G27 "Gestión ambientalmente racional de contaminantes orgánicos persistentes, mercurio y otras sustancias peligrosas en Argentina" de la Dirección Nacional de Sustancias y Residuos Peligrosos de la Subsecretaría de Fiscalización y Recomposición perteneciente a la Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación. Dicho proyecto tiene como objetivo minimizar el riesgo de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), mercurio y otras sustancias químicas peligrosas para la salud de los seres vivos y el ambiente.

Una de las líneas de trabajo del Proyecto PNUD ARG 20/G27 consiste en realizar un estudio técnico y económico para potenciales sustitutos de contaminantes orgánicos persistentes. En particular Argentina solicitó una exención para utilizar sulfloramida en el marco del Convenio de Estocolmo. Por ello el Proyecto se propone evaluar el uso durante este período de exención, su dinámica ambiental y revisar posibles alternativas. Por lo tanto, en el informe se pretende que se reúnan, examinen y sinteticen trabajos técnicos y científicos y finalmente se realice una revisión crítica integral de la información disponible y actualizada, identificando vacíos de información relevante.

# Siglas

**BCF:** (Factor de Bioconcentración) se define como el cociente de la concentración de metales en los órganos aéreos y la concentración de los mismos en el suelo.

**BPA:** buenas prácticas agrícolas.

**CAS:** Chemical Abstract Service.

**CE50:** (Concentración efectiva 50) Corresponde a la concentración de una sustancia sometida a prueba que provoca algún efecto en el 50% de los organismos expuestos al compuesto.

**CL50:** (Concentración Letal 50%) Corresponde a la concentración de una sustancia sometida a prueba que provoca 50% de mortalidad durante un intervalo de tiempo determinado.

**DL50:** Se usa en lugar de la concentración letal (CL50) cuando el material no es completamente soluble en agua como en el caso de los fluidos a base de aceite vegetal y éster. La DL50 se expresa típicamente en términos de la cantidad de sustancia administrada por unidad de peso corporal del organismo (por ejemplo, miligramos de sustancia por kilogramo de peso corporal).

**DNSyRP:** Dirección Nacional de Sustancias y Residuos Peligrosos.

**IBAMA:** (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.

**LMR:** el Límite Máximo de Residuos establecido por SENASA, es la concentración máxima de residuo de un plaguicida permitido legalmente en un alimento. Se establece para cada ingrediente activo regulado y los productos de descomposición que se consideren relevantes para la salud humana en cada alimento donde puede presentarse. El valor absoluto de LMR en cada combinación alimento/plaguicida satisface 2 condiciones: es coherente con el uso de BPAs en el proceso productivo correspondiente y garantiza que ninguna situación de consumo de los alimentos contaminados con ese residuo puede resultar en efectos adversos a lo largo de la vida.

**LOAEL:** igual a LOEL, pero aplicado en el contexto de evaluar los efectos mediante ensayos en animales válidos (aceptables) y para medidas consideradas relevantes (nefrotoxicidad, neurotoxicidad, inmunotoxicidad, toxicidad reproductiva, etc.) en el contexto regulatorio del análisis de riesgo de toxicidad por exposición a sustancias tóxicas.

**MAYDS:** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación.

**MOE:** Margin of exposure (Margen de Exposición, MDE en castellano). Parámetro de uso regulatorio en el análisis de riesgo que estima la distancia entre la exposición real estimada y el nivel de dosis establecido como punto de partida (umbral de seguridad para un efecto crítico). Representa la relación entre el nivel de efecto adverso no observado y la dosis o concentración teórica de la sustancia, prevista o estimada para la ingesta humana. Idealmente se busca que sea  $\geq 1000$  y nunca menor a 100.

**N-ETFOSA o ETFOSA:** viene del nombre en inglés asignado según la IUPAC, N-ethylperfluorooctane-1-sulfonamide (CAS N° 4151-50-2) a los fines de este informe, se considera a la N-ETFOSA como sinónimo de sulfluramida.

**NOAEL:** igual a NOEL, pero aplicado en el contexto de evaluar los efectos mediante ensayos en animales válidos (aceptables) y para medidas consideradas relevantes (nefrotoxicidad, neurotoxicidad, inmunotoxicidad, toxicidad reproductiva, etc.) en el contexto regulatorio del análisis de riesgo de toxicidad por exposición a sustancias tóxicas.

**NOEL:** en los estudios dosis-efecto en animales de laboratorio (rata, ratón, perro, conejo, etc.) expuestos por vía oral (agua de bebida o dieta sólida), el *No Observable Effect Level* es la dosis máxima de todas las examinadas que no causa diferencias respecto al grupo control o la línea de base correspondiente para esa medida de efecto de interés. Se expresa típicamente como mg/kg peso corporal del animal. Se aplica a estudios que pueden utilizar administración por vía oral, inhalatoria o dermal.

**PFOS:** ácido perfluorooctánico sulfónico (CAS No: 1763-23-1), alternativamente se refieren a este mismo compuesto con el nombre del anión, sulfonato de perfluorooctano.

**PPDB:** (Pesticide Properties DataBase/Base de Datos sobre Propiedades de los Plaguicidas) <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm> (University of Hertfordshire, RU), National Institute of Health (EEUU).

**SENASA:** Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria.

**SGA:** Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos. **USEPA:** United States Environmental Protection Agency/Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de Norteamérica.

**ppm:** unidad de concentración que indica 1 parte por cada 1.000.000 partes totales del material evaluado. Se puede utilizar tanto para residuos contaminantes en aire, agua y materiales sólidos (1 parte por millón de partes).

**ppt:** unidad de concentración que indica 1 parte por cada 1.000.000.000 partes totales del material evaluado (1 parte por trillón).

# Glosario

**Aditividad (o sumatoria) de efectos:** para sustancias pertenecientes a distintos grupos según su modo de acción, efecto conjunto esperado cuando ocurre una sumatoria de alteraciones independientes en un mismo efecto crítico asociados al caso de la exposición combinada de mezclas de sustancias que poseen mecanismos de acción distintos.

**Aditividad de dosis equivalentes:** (sustancias con un mismo modo de acción) efecto conjunto esperado cuando ocurre una sumatoria de alteraciones en un mismo efecto crítico cuando las sustancias tóxicas pertenecen un mismo grupo según la clasificación de modos de acción (o sea, poseen un mismo mecanismo de toxicidad). Nota: Mientras la aditividad de los efectos de unas pocas sustancias nunca puede causar toxicidad si las dosis individuales que se combinan son bajas (claramente subtóxicas), en el caso de la aditividad de dosis equivalentes sí puede llegar a ocurrir daños a la salud aun combinando dosis que individualmente sean sub-umbrales para el efecto considerado.

**Antagonismo:** en farmacología y toxicología, se denomina así a la acción conjunta (deseada o adversa) de 2 o más sustancias que se manifiesta en forma claramente menos intensa que lo que se puede predecir en función de las relaciones dosis-efecto para las sustancias evaluadas en forma individual. Lo opuesto es el sinergismo.

**Auxiliar de formulación:** Son sustancias que acompañan al ingrediente activo y no presentan actividad biológica. Estas sustancias mejoran la performance del producto, facilitan su aplicación, manipulación, ayudan a la disolución en agua, etc.

**Coadyuvante:** son las sustancias utilizadas para mejorar la eficiencia de los productos fitosanitarios. Se incluyen en el tanque o en la formulación.

**Deriva ambiental:** se denomina deriva al movimiento de partículas pulverizadas y vapores (de un fitosanitario) fuera del blanco, provocando menor efectividad de control y posible daño a la vegetación susceptible, vida silvestre y a las personas.

**Efecto crítico:** efecto subletal que es considerado de alta relevancia para la supervivencia del individuo y/o la especie. En base a múltiples criterios, la relación dosis-efecto para uno de esos efectos críticos es seleccionada como suficientemente protectora para extrapolar de animales de laboratorio a humanos al momento de estimar la dosis máxima segura de un compuesto tóxico regulado y el riesgo de toxicidad en la población general o subgrupos de interés particular (por ej., exposición a nivel).

**Exposición dietaria:** ingreso de las sustancias tóxicas reguladas al cuerpo por vía oral junto con la dieta cotidiana y el agua de bebida.

**Exposición dietaria aguda:** se considera así al ingreso oral dentro de un periodo corto de tiempo de residuos tóxicos junto a porciones grandes de los alimentos que conforman la dieta (caso de exposición alta o maximizada en las comidas de un día). Es uno de los



insumos requeridos para estimar el “riesgo agudo” de toxicidad por exposición a residuos de agentes tóxicos químicos presentes en los alimentos.

**Exposición dietaria crónica:** se considera así al ingreso de residuos tóxicos junto a las porciones de los alimentos que conforman la dieta promedio de una población particular dentro de un periodo largo de tiempo extendido en una proporción considerable de la vida. Asume que el individuo comiera la misma dieta toda su vida, y que las combinaciones de los residuos regulados se presentan en los alimentos y se ingieren junto a la dieta todos los días de la misma forma. Se busca representar una simulación de un escenario conservador de exposición crónica. Es uno de los insumos requeridos para estimar el “riesgo crónico” de toxicidad por exposición a residuos de agentes tóxicos químicos presentes en los alimentos.

**Exposición ocupacional:** exposición que sufre un individuo durante sus tareas laborales debido a la contaminación de su ambiente ocupacional (aire, agua, otras matrices).

**Exposición para-ocupacional:** alude a la exposición que puede ocurrir en individuos que no están formalmente involucrados en las tareas laborales pero que, a consecuencia de una actividad laboral que utiliza y/o genera sustancias tóxicas, se pueden exponer, en general en forma pasiva aguda o crónica. En general, refiere a individuos susceptibles debido a que viven en terrenos próximos o superpuestos a los emprendimientos de servicios o producción que generan la contaminación. La exposición para-ocupacional está relacionada a la magnitud de la deriva que puede ocurrir desde la fuente puntual de la contaminación hasta donde viven los *bystanders* (cada individuo receptor ocasional de los residuos que se movilizan por aire, agua, sedimentos y dieta debido a su proximidad a la fuente).

**Factores de incertidumbre (FI):** estimador numérico que busca ponderar el grado de insuficiencia en la información obtenida en modelos animales, la heterogeneidad en la respuesta de población humana a esa sustancia y los reportes clínicos-toxicológicos de humanos. Cuanto más limitada es la base de datos, más alto es el factor de incertidumbre. Básicamente existen 2 fuentes de información que pueden ser incompletas o poco robustas: los datos toxicocinéticos y los datos toxicodinámicos (mecanismo de toxicidad y efectos). Para esas fuentes de datos, se estima un FI que considera las diferencias intra-específicas (entre los humanos), y la inter-específica (entre lo observado en animales de laboratorio y cómo puede responder la población humana). Otros FIs adicionales se relacionan al punto de partida que se use para extrapolar de animales a humanos (NOAEL, LOAEL u otro nivel de dosis considerado adecuado).

**Factor de riesgo:** en toxicología, el término "factor de riesgo" se refiere a una variable o condición que aumenta la probabilidad de que una exposición a una sustancia tóxica cause un efecto adverso en la salud. Estos factores pueden influir en la susceptibilidad de un individuo o de una población a los efectos tóxicos de una sustancia química específica. Los factores de riesgo en toxicología pueden abarcar una variedad de aspectos, incluyendo características individuales, condiciones de exposición y factores ambientales.

**Ingrediente activo:** o componente activo, es el componente principal de un compuesto químico que tiene actividad biológica (insecticida, acaricida, fungicida).

**Peligrosidad:** propiedad intrínseca de una sustancia, mezcla de sustancias, material simple o complejo o tecnología que implica la posibilidad de que su manipuleo, uso, transformación o descarte cause daños a la salud humana y/o ambiental a corto o largo plazo. Las consecuencias de la exposición a un peligro dependen primariamente de la magnitud y la duración de la exposición, y la ruta de ingreso al organismo (dermal, inhalatoria u oral).

**Punto de absorción:** para cada ruta de ingreso (oral, inhalatoria, dermal) el/los punto/s del organismo (tejidos) donde la sustancia de interés debe atravesar una barrera biológica (membrana plasmática celular). Para la vía dermal, es la piel. Para la vía inhalatoria, las células de las paredes que limitan los alvéolos pulmonares, y secundariamente pueden ocurrir ingreso de aire contaminado por vía gastroesofágica. Para la vía oral, primariamente el epitelio gastrointestinal, y en algunos casos puede ser relevante el plexo sanguíneo sublingual.

**Residuo peligroso:** aquel material remanente en niveles detectables en alguna matriz ambiental, como consecuencia de su producción, acopio, transporte, uso, transformación o descarte que podría causar daño a la salud humana o ambiental debido a su peligrosidad intrínseca. Puede tratarse de una sustancia pura, una preparación de una sustancia y sus impurezas, sustancias que se presentan en el ambiente como mezcla y los productos de la descomposición de la sustancia o la mezcla de sustancias.

**Riesgo dietario:** relación matemática y probabilística entre la exposición real estimada a sustancias tóxicas presentes en los alimentos y la exposición máxima que se considera segura; es función de la composición de la dieta, el peso corporal del individuo, la peligrosidad de los residuos tóxicos incluidos en la evaluación y la concentración máxima a los mismos que se determinan en forma sistemática en los alimentos. Se estima para los escenarios simulados de i) exposición excesiva en un intervalo breve de tiempo (orden días) y ii) la ingesta repetida y cotidiana a lo largo de la vida (orden muchos años).

**Sinergismo:** en farmacología y toxicología, se denomina así a la acción conjunta (deseada o adversa) de 2 o más sustancias que se manifiesta en forma claramente más intensa que lo que se puede predecir en función de las relaciones dosis-efecto para las sustancias evaluadas en forma individual. Lo opuesto es antagonismo.

**Vías de ingreso:** (vía de exposición) caminos de ingreso al organismo, de mayor relevancia en Toxicología son las rutas oral, dermal, inhalatoria. Otras vías que en algunos casos pueden ser relevantes son la ocular, auditiva, nasal, sublingual y la alimentación oral del bebe durante el amamantamiento.

**Zona buffer:** también conocida como zona de amortiguamiento en aplicaciones de fitosanitarios, tienen por fin captar excesos de nutrientes, sustancias químicas y sedimentos provenientes de la actividad agrícola.

# Introducción

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS) realiza esfuerzos significativos en la implementación de diferentes estrategias para la gestión ambiental a lo largo de todo el ciclo de vida de diferentes sustancias y productos químicos potencialmente peligrosos. Todas ellas tienen como objetivo común proteger la salud de los seres vivos y el ambiente y se encuentran establecidas en la normativa nacional vigente, especialmente los convenios de Basilea (Ley 23.922), Rotterdam (Ley 25.278), Estocolmo (Ley 26.011) y Minamata (Ley 27.356).

En particular, resulta de interés la gestión de la sulfluramida (N-etil perfluorooctano sulfonamida, de fórmula  $C_{10}H_6F_{17}NO_2S$ ). La sulfluramida es un plaguicida de síntesis química perteneciente al grupo de las sulfonamidas fluoroalifáticas. Es usado como insecticida, principalmente en forma de cebo granulado y tiene aplicaciones en la producción agrícola (en cultivos hortícolas, florales y forestales) como estrategia química para el control de hormigas cortadoras de hoja.

Según la OMS (WHO, 2019), la sulfluramida es clasificada dentro de la Clase II (sustancia moderadamente peligrosa) y considerada como potencialmente carcinogénica. Es muy nociva en caso de ingestión e inhalación y puede provocar lesiones oculares graves luego de exposición facial, alteraciones en el sistema nervioso, hormonales e inmunológicas y además posee potencial fetotóxico y teratogénico.

A su vez, el principal problema ambiental que genera tiene que ver con su degradación en el ambiente a sulfonato de perfluorooctano (PFOS). A su vez, el PFOS se utiliza como precursor para la formulación de los cebos para hormiguicidas.

El sulfonato de perfluorooctano forma parte de un grupo de sustancias denominadas PFAS. presenta elevada persistencia, toxicidad, bioacumulación en las cadenas alimentarias y capacidad de transportarse grandes distancias desde el punto de aplicación. Por este motivo, es considerado un Contaminante Orgánico Persistente (COP) y se encuentra regulado por el Convenio de Estocolmo, al que Argentina adhiere a partir de la sanción de la Ley 26.011 en el año 2004.

Este Convenio establece como finalidad de uso aceptable del PFOS la formulación de "cebos para insectos con sulfluramida (número CAS 4151-50-2) como ingrediente activo para el control de las hormigas cortadoras de hojas de *Atta* spp. y *Acromyrmex* spp. únicamente para uso agrícola".

Por todo lo anterior, el presente informe plantea la evaluación del uso e impactos directos e indirectos de la sulfluramida y sus metabolitos y productos de degradación abiótica sobre los seres vivos y el ambiente en el caso Argentino, como insumo para desarrollar herramientas de gestión de esta sustancia, en el mediano plazo.

# Objetivo general

El presente informe plantea la evaluación del uso e impactos directos e indirectos de la sulfluramida y sus metabolitos y productos de degradación abiótica sobre los seres vivos y el ambiente en el caso Argentino, como insumo para desarrollar herramientas de gestión de esta sustancia, en el mediano plazo.

## Objetivos específicos

- Identificar las propiedades físicas y químicas de la sulfluramida, de sus productos de descomposición y de sus formas de presentación comercial (formulaciones). Describir la capacidad potencial para perturbar la biota, los recursos agroecosistémicos y el ambiente en general.
- Releva la normativa vigente y las autoridades con competencia que regulan el registro, uso, comercialización, transporte, acopio y descarte de los productos basados en sulfluramida.
- Documentar la disponibilidad de los productos basados en sulfluramida en el mercado local, el nivel de acceso a este plaguicida y la relación entre la oferta de estos productos de origen local o importados y las demandas asociadas a los distintos usos agrícolas, forestales y otros autorizados.
- Explorar y considerar críticamente las prácticas agrícolas de utilización de productos basados en sulfluramida, considerando el tipo de cultivos, el contexto socio-económico regional, la escala de las explotaciones y la composición de la mano de obra.
- Describir la dinámica ambiental de la sulfluramida y de sus productos de descomposición biótica y abiótica toxicológicamente relevantes, con énfasis en los datos de regiones agroproductivas y forestales locales que se encuentren disponibles.
- Evaluar la evidencia disponible sobre efectos adversos agudos, latentes y tardíos de la sulfluramida, sus productos de descomposición y sus formulaciones comerciales sobre la biota (animales, vegetales y microbiota) y la calidad agronómica del suelo y el agua. Releva la clasificación de peligrosidad, con foco en las dosis umbrales para efectos subletales y estimadores de letalidad (establecidos por autoridades locales e internacionales).
- Recopilar información agronómica, económica, ambiental y ecotoxicológica para identificar posibles ingredientes activos con perfil fitosanitario similar, que permitan proponerlos como biocidas sustitutos de sulfluramida ante una posible restricción o prohibición.
- Ponderar los impactos que causaría en los distintos grupos de usuarios (emprendimientos familiares, productores medianos, grandes empresas) una restricción mayor o prohibición total de sulfluramida, estableciendo cuáles de los daños sociales y económicos podrían ser atenuados por las estrategias alternativas disponibles y las intervenciones que pueden articularse desde los sectores privado y público.

# Metodología

A fin de cumplimentar los objetivos previstos se recopilaron documentos e informes provenientes de instituciones gubernamentales y no gubernamentales que fueron evaluados, priorizados, revisados y sistematizados por el equipo de trabajo conformado ad-hoc.

Se consideraron fuentes de información privadas, oficiales, sectoriales o multilaterales nacionales e internacionales para cada aspecto toxicológico y ecotoxicológico a analizar. Se priorizó la información ambiental, ecotoxicológica y epidemiológica-sanitaria relativa al uso de sulfluramida en Argentina. En el caso que los datos disponibles para nuestro país fueran insuficientes para elaborar conclusiones, se recurrió a bases de datos regionales y/o internacionales.

Se consultaron especialmente los documentos elaborados por comités de expertos convocados por organismos internacionales que hayan compilado y analizado críticamente los estudios ambientales, peligros y riesgos asociados al uso de productos con sulfluramida como ingrediente activo.

De este modo, se establecieron criterios de priorización en base a la pertinencia, relevancia, validez y rigurosidad científica.

Cabe aclarar que la disponibilidad de datos relativos a los impactos durante el uso de esta sustancia es baja a nivel local. Sin embargo, se solicitó información actualizada sobre su presencia en el ambiente, la posible contaminación de alimentos y los eventos de intoxicación a las autoridades de aplicación pertinentes.

Asimismo, se realizaron estudios exploratorios para recabar información sobre las características socioproductivas de las explotaciones agrícolas y las condiciones de exposición directa e indirecta de los trabajadores, sus familiares y otras poblaciones potencialmente receptoras de los residuos ambientales de sulfluramida. Se visitaron sitios de producción vitivinícola, agroforestal, hortícola y frutihortícola. En estos territorios se realizó una evaluación cualitativa con técnicas etnográficas.

# Caracterización de la sulfluramida

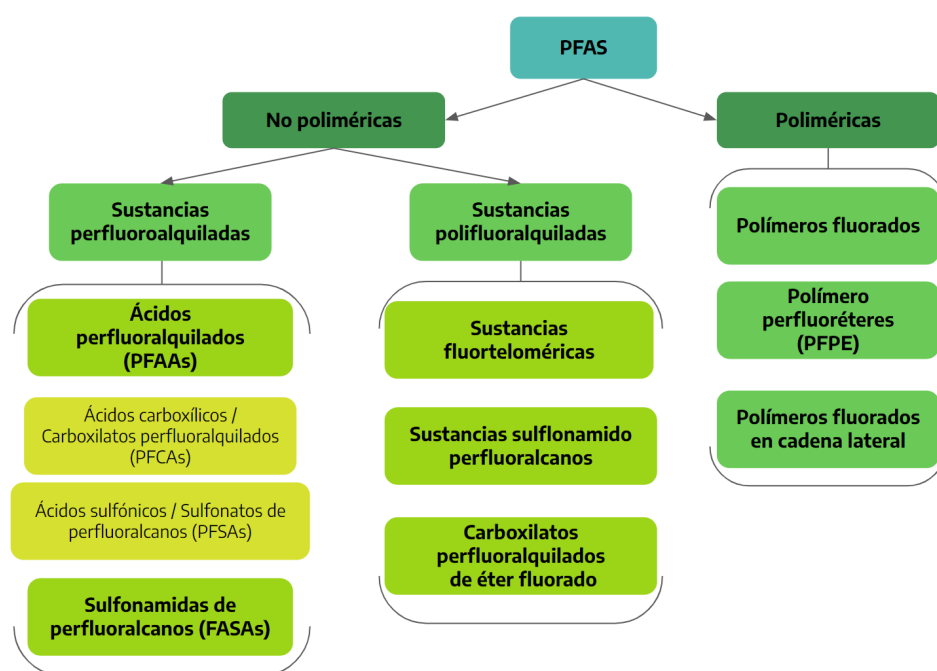


# Identificación y caracterización de la sulfluramida

De acuerdo a la clasificación actual aceptada por comités de expertos internacionales, la sulfluramida reúne condiciones estructurales y propiedades para ser considerada un miembro de la "superfamilia" de sustancias químicas denominada PFAS (ITRC, 2022).

Las PFAS son una familia de compuestos que pueden encontrarse en productos textiles, de papel, espumas contra incendios, entre otros. Tienen varias aplicaciones debido a su estructura tanto hidrofílica (afín al agua) como hidrófoba (afín al aceite). Además resisten temperaturas extremas y tienen capacidad para reducir la fricción entre superficies. Debido a sus particulares propiedades, han sido producidas y utilizadas desde la década de 1950 y se han acumulado en el ambiente a través de los años.

La superfamilia de las PFAS incluye compuestos que varían en peso molecular y pueden tener múltiples estructuras y grupos funcionales. Estas se clasifican en 2 clases: poliméricas y no poliméricas (Fig. 1).



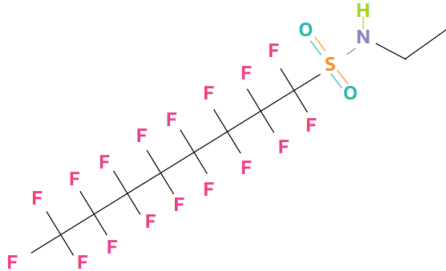
**Figura 1.** Resumen de la familia PFAS. Tomado de Convenciones de nomenclatura de las Sustancias Per-y Polifluoroalquiladas [PFAS – Per- and Polyfluoroalkyl Substances \(itrcweb.org\)](https://www.itrcweb.org/). Para la familia completa de PFAS ver Anexo 1.

A su vez, las no poliméricas se dividen en 2 subclases: las sustancias polifluoroalquiladas y las perfluoroalquiladas, ambas incluyen muchos subgrupos de compuestos químicos. Dentro este último grupo, se encuentran los ácidos perfluoroalquílicos (PFAAs) y las sulfonamidas de perfluoroalcanos (FASAs).

Los PFAAs engloban un subgrupo de sustancias, tales como el ácido perfluorooctanóico (PFOA) y sulfonato de perfluorooctano (PFOS), ambos son persistentes, bioacumulativos,

no se degradan y se transportan en el ambiente por lo que son considerados COPs (USEPA 2003b; ATSDR 2015; NTO 2016; CONCAWE 2016).

Por su parte, dentro del grupo de las sulfonamidas de perfluoroalcanos (FASAs), se encuentran las sulfonamidas de perfluorooctano (FOSAs). A este último subgrupo pertenece la sulfluramida, cuyo nombre químico corresponde a N-etil perfluorooctano sulfonamida (N-EtFOSA) (Tabla 1).

<b>Estructura Química</b>	
<b>Fórmula molecular</b>	$C_8F_{17}SO_2N(C_2H_5)H$
<b>Familia Química</b>	Sulfonamidas de perfluoroalcanos
<b>Nombre común</b>	<b>sulfluramida</b>
<b>Nombre químico (IUPAC)</b>	N-etil-1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-heptafluorooctano-1-sulfonamida
<b>Número CAS</b>	4151-50-2
<b>Sinónimos</b>	N-etil perfluorooctano sulfonamida (sulfluramida); 1-octanosulfonamida; Finitron; Mirex S.
<b>Masa Molar</b>	527,20 g/mol

**Tabla 1:** Estructura química y características de la sulfluramida

La sulfluramida es un sólido blanquecino insoluble en agua. Se ha utilizado a nivel mundial desde 1989 como insecticida para uso domiciliario y agrícola, principalmente para controlar termitas, hormigas y cucarachas, y también en la industria como tensioactivo y como intermediario en la síntesis de otros compuestos (Yin et al 2018). En general, para su uso como insecticida se presenta en forma de pellets (NIH, 2023).

La estructura de sulfluramida es abreviada según convenciones internacionales como N-EtFOSA (viene del nombre en inglés asignado según las reglas de identificación de IUPAC, N-ethylperfluorooctane-1-sulfonamide). Sin embargo, no se puede afirmar en forma universal que el acrónimo N-EtFOSA corresponda en forma unívoca y excluyente a la sulfluramida. Sulfluramida es el nombre de registro del ingrediente químico activo (el que

porta la actividad plaguicida) que tiene como fórmula  $C_{10}H_6F_{17}NO_2S$  en el caso de relevar, describir o evaluar productos plaguicidas<sup>1</sup>.

De hecho, se reportan como sinónimos de la sulfluramida el Finitron, Mirex S, Alstar, N-Ethylperfluorooctanesulfonamide, N-Ethylperfluorooctylsulfonamide, entre otras denominaciones (NIH, 2023).

Por su parte el N-EtFOSA (perteneciente a la familia de las PFASs) puede estar presente en distintas matrices ambientales y productos a partir de numerosas fuentes y caminos de síntesis y procesos de descomposición. Es decir que el N-EtFOSA puede estar presente en numerosos productos que no tienen uso autorizado como plaguicidas.

Es importante enfatizar que en la gran mayoría de los estudios, no hay forma de establecer si el N-EtFOSA presente derivó originalmente de las liberaciones ambientales de productos registrados como plaguicidas.

Como aspecto que suma complejidad adicional a la interpretación rigurosa de este informe, N-EtFOSA, dependiendo del proceso de síntesis del producto (y el camino de transformación o descomposición biótica o abiótica), puede estar presente en distintas configuraciones isoméricas. Se estima que la composición isomérica en productos plaguicidas puede influenciar tanto la actividad biocida (efecto deseado) como la potencia en organismos no considerados plagas y la toxicidad en humanos.

Por ello, puede decirse que estrictamente en función de las posibles relaciones entre estructura química y actividad en la biota, no hay una única N-EtFOSA.

A su vez, en numerosos reportes de investigación, libros, documentos regulatorios, etiquetas de productos, etc. se identifica a la sustancia como N-EtFOSA sin mayor detalle, lo que plantea cierto grado de incertidumbre al momento de precisar aspectos toxicocinéticos y de toxicodinamia del N-EtFOSA presente en el producto comercial en el contexto del análisis de los riesgos de su uso para la salud humana y ambiental.

A los fines de este informe, se refiere a sulfluramida como sinónimo de N-EtFOSA.

Por lo antedicho, la evidencia de los efectos que la sulfluramida ocasiona en la salud y el ambiente es ambigua. Si bien existe evidencia robusta obtenida en estudios de animales y relevamientos en humanos que indica que la exposición a PFOS y PFOA puede causar efectos adversos, para la gran mayoría de los compuestos químicos que integran la clase PFAS los datos de toxicidad son extremadamente limitados o nulos.

Por otro lado, uno de los productos de degradación de la sulfluramida es el PFOS, lo que podría ocasionar un problema ambiental debido a la bioacumulación del PFOS en tejidos de los seres vivos y la evidencia de los efectos a nivel reproductivo y del desarrollo (NIH, 2023).

---

<sup>1</sup> <http://www.bcppesticidecompendium.org/sulfluramid.html>

En los siguientes apartados, se describirán aspectos complejos de la síntesis de sulfluramida, las impurezas residuales que pueden persistir en las formulaciones luego de su fabricación y los productos resultantes de la descomposición biótica y abiótica. De esta manera, su liberación al ambiente, puede resultar en la formación primaria o secundaria de múltiples PFASs con alta diversidad de tiempos de disipación e impactos.

## Métodos de síntesis de sulfluramida

La sulfluramida se produce a partir de diferentes compuestos fluorados como el fluoruro de sulfonilo de perfluorooctano (POSF, C<sub>8</sub>F<sub>17</sub>SO<sub>2</sub>F, N° CAS: 307-35-7) utilizando el proceso de fluoración electroquímica (FEQ) (Zabaleta et al., 2018; Buck et al., 2011).

El proceso de FEQ consiste en una corriente eléctrica que pasa a través de una solución de una materia prima orgánica y fluoruro de hidrógeno anhidro líquido. Esto hace que se reemplacen los átomos de hidrógeno por átomos de flúor, creando así enlaces de tipo carbono-flúor (Buck et al., 2011). De este modo, la FEQ produce una mezcla de productos fluorados. Los productos resultantes, generalmente son una mezcla de aproximadamente 70 % de isómeros lineales y 30 % de isómeros ramificados (Martin et al., 2010). El proceso de FEQ se utiliza particularmente para crear fluoruros de sulfonilo de perfluoroalcano (PASFs).

La vía principal para la conversión de los PASFs en derivados comerciales consiste en hacerlos reaccionar en un primer paso con una amina primaria (generalmente metilamina o etilamina) para dar *N*-metil o *N*-etil perfluoroalcano sulfonamidas (MeFASAs y EtFASAs). De esta forma, se obtiene la sulfluramida (N-EtFOSA) y otros componentes básicos para una síntesis posterior de compuestos fluorados (Buck 2011).

En relación a la existencia de isómeros en la sulfluramida en 2013 Jackson & Mabury propusieron que en la síntesis de sulfluramida debiera haber por lo menos 3 compuestos: POSF, PFOAF y EtFOA. Por su parte, Zabaleta et al., 2018 realizaron experimentos con estándares y con un cebo disponible comercialmente. Encontraron que en cuanto a la composición, aproximadamente el 30 % de los cebos analizados corresponde a compuestos ramificados y 70 % a N-EtFOSA. A su vez, llegaron a la conclusión de que las pequeñas cantidades de PFOA observadas en experimentos en suelo provienen de impurezas.

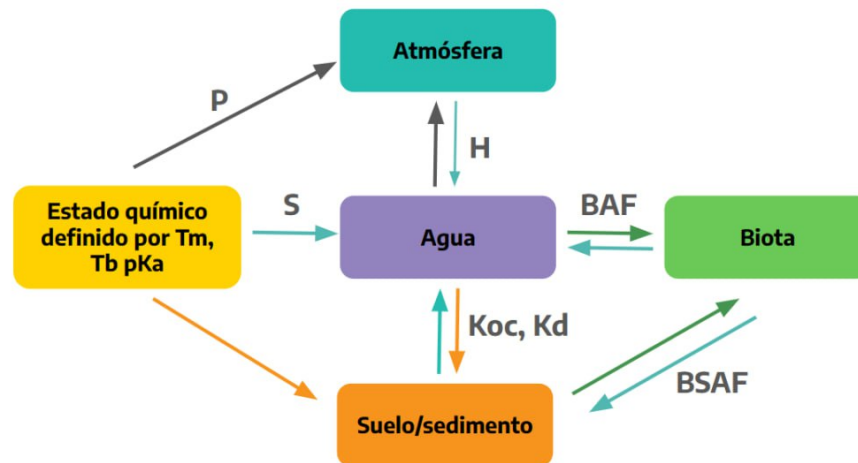
## Propiedades fisicoquímicas

A continuación, en la Tabla 2, se presentan las propiedades fisicoquímicas de la sulfluramida.

Propiedad	Valor	Consideraciones relevantes
<b>Apariencia</b>	Polvo o cristales o escamas incoloras; De color blanco a amarillo claro o beige claro (NIH, 2023; Sigma, 2023)	
<b>Densidad</b>	1,21 g/ml (PPDB, 2023)	Es más densa que el agua
<b>Punto de fusión</b>	92-95 °C; 96 °C (Sigma, 2023; PPDB, 2023)	Se presenta en estado sólido a temperatura ambiente
<b>Punto de ebullición</b>	196 °C (PubChem, 2023)	No se evapora por acción de la radiación solar
<b>Solubilidad en agua a 25 °C</b>	Insoluble a 25 °C (PubChem, 2023)	Nula o muy baja miscibilidad en medio acuoso
<b>Solubilidad en solventes orgánicos</b>	Diclorometano 18,6 g/L; hexano 1,4 g/L; metanol 833 g/L (PubChem, 2023)	Miscibilidad en medio orgánico: media a alta
<b>Presión de vapor</b>	0,057 mPa ( $4,28 \times 10^{-7}$ mm Hg) a 25 °C (PubChem, 2023)	Baja tendencia para volatilizarse y repartirse dentro de la fase gaseosa
<b>Coefficiente de reparto octanol/agua (log Kow)</b>	log Kow >6,80 (no ionizado) (PubChem, 2023); 6,76 (Sigma, 2023)	Particiona hacia medio lipídico con facilidad y puede ser captado por organismos vivos en medio acuático
<b>Constante de disociación</b>	pKa = 9.50 (PubChem, 2023)	Se ioniza en medio acuoso con pH ligeramente ácido o neutro
<b>Koc (Coeficiente de adsorción del suelo)</b>	$7,9 \times 10^5$ (PubChem, 2023)	Debido a su alto Koc, se espera que no tenga movilidad en suelo.
<b>Constante de Henry a 25 °C</b>	5,37 atm m <sup>3</sup> /mol (a 25°C) (PubChem, 2023)	Se espera que la volatilización desde las superficies húmedas del suelo sea un proceso importante del destino. Sin embargo, se espera que la adsorción al suelo atenúe la volatilización
<b>Estabilidad</b>	Estable mayor a 90 días a 50 °C; a la luz mayor a 90 días en frasco cerrado (PubChem, 2023)	Persistencia media-alta en ambientes abiertos

Tabla 2: Características fisicoquímicas relevantes de la sulfluramida.

Las propiedades tanto físicas como químicas, especialmente los coeficientes de distribución, sugieren el comportamiento ambiental que podría tener la sustancia. Esta idea se desarrollará en las siguientes secciones.



**Figura 2.** Propiedades físicas y químicas y su relación con el comportamiento ambiental de las sustancias.  
Fuente: [Fate and Transport of Per- and Polyfluoroalkyl Substances \(PFAS\) \(itrcweb.org\)](http://itrcweb.org)



# Marco regulatorio

La sulfluramida se engloba dentro del grupo de las PFAS. Estas conforman un grupo de sustancias sometidas a regulaciones nacionales e internacionales. Hasta 2018-2020 existían más de 6000 PFAS con identificación regulatoria individual mediante asignación de números CAS (OECD, 2018; USEPA 2021). Al tratarse de un grupo tan numeroso, para la mayoría de ellas se dispone de información nula o insuficiente para realizar un análisis de riesgos. Sin embargo, de los pocos miembros de esta clase química toxicológicamente evaluados, se dispone de información suficiente para proponer su capacidad para causar efectos adversos crónicos en humanos (Barbosa Machado Torres et al., 2022). A continuación se sintetizan algunos documentos que muestran los posicionamientos técnicos-normativos recientes a nivel local e internacional para PFAS en general, PFAS particulares como sulfluramida, PFOA y PFOS.

## Marco regulatorio para productos basados en sulfluramida y/o PFAS en Argentina y el mundo

### Argentina

Como se explicó anteriormente, la sulfluramida puede degradarse luego de su aplicación. En la dinámica ambiental de residuos químicos asociada al uso de productos basados en sulfluramida, están incluidos compuestos perfluorados pertenecientes a la familia de las PFAS: PFOS, FOSA y PFOA.

Si bien no existe normativa específica que regule el uso de sulfluramida, uno de los compuestos que se utiliza para producirla (el PFOS) se encuentra regulado por el Convenio de Estocolmo (CE). Así también productos derivados de su degradación ambiental, se encuentran listados en el citado Convenio.

El Convenio de Estocolmo tiene como objetivo la implementación de medidas para proteger la salud humana y el ambiente de las consecuencias provocadas por los COPs. Entró en vigor el 17 de mayo de 2004 y fue ratificado por Argentina el 25 de enero de 2005, mediante la Ley N° 26.011.

Posteriormente, Argentina ratificó las enmiendas aprobadas en la COP 4 mediante las decisiones SC-4/11, 4/12, 4/13, 4/14, 4/15, 4/16, 4/17 Y 4/18 que entraron en vigor para el país el 7 de febrero de 2012 y la enmienda aprobada en la COP 5 mediante la decisión SC-5/3 ratificada en febrero de 2013 y que entró en vigor el 26 de mayo de 2016. Además, en la COP 6 los países decidieron enmendar el Anexo A mediante la decisión SC-6/13; en la COP 7 los países decidieron enmendar los Anexos A y C mediante las decisiones SC-7/12, SC-7/13, SC-7/14; en la COP 8 los países decidieron enmendar los Anexos A y C mediante las decisiones SC-8/10, SC-8/11, SC-8/12; y finalmente en la COP 9 los países decidieron enmendar los Anexos A y B mediante las decisiones SC-9/4, SC-9/11, SC-9/12. En tal sentido, las enmiendas aprobadas en las Conferencias de las Partes celebradas en los años 2013, 2015, 2017 y 2019 fueron ratificadas por Argentina el 9 de noviembre de 2022.

A través de este acuerdo, los países se obligan a reducir y/o eliminar las liberaciones de estos químicos, ya sean intencionales o no intencionales, derivadas de su producción, comercio, utilización y disposición. Además, el mismo establece previsiones para el intercambio de información, el desarrollo de estrategias de sensibilización y divulgación, el monitoreo ambiental y la investigación y desarrollo.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es la Autoridad Nacional Ambiental y vela por el cumplimiento de las previsiones del CE en el territorio argentino. En paralelo, el Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto (MRECIC), a través de la Dirección Asuntos Ambientales (DAA) actúa como Punto Oficial de Contacto a través del cual se realizan las comunicaciones oficiales con los países y la Secretaría del Convenio. Además, se constituyó una mesa interministerial coordinada por el MRECIC y conformada por los distintos ministerios donde se consensuó la posición nacional frente a las acciones emanadas del acuerdo.

De acuerdo al CE, los países deberán prohibir la producción, el uso y el comercio de las sustancias listadas en el Anexo A y restringir las listadas en el Anexo B considerando las posibles exenciones. Además, los países deberán tomar medidas para reducir la liberación no intencional de las sustancias listadas en el Anexo C. Para ello, como mínimo deberán establecer un plan de acción que incluya evaluaciones y proyecciones de las liberaciones constituyendo inventarios nacionales y considerando las categorías de fuentes listadas en el anexo, evaluación de la eficacia de la normativa y políticas del país en torno a estas liberaciones, estrategias para cumplir con las previsiones del convenio y medidas para promover la educación y el fortalecimiento de las capacidades.

En el Anexo A se encuentra listado el ácido perfluorooctanoico (PFOA), sus sales y compuestos relacionados con el PFOA. Este grupo incluye:

- (i) Ácido perfluorooctanoico (PFOA; n° CAS 335-67-1), incluido cualquiera de sus isómeros ramificados;
- (ii) Sus sales;
- (iii) Compuestos relacionados con el PFOA que, a efectos del Convenio, son todas las sustancias que se degradan a PFOA, incluidas todas las sustancias (incluidas las sales y los polímeros) que tengan un grupo perfluoroheptilo lineal o ramificado con la fracción (C7F15)C como uno de los elementos estructurales.

Por otra parte, en el Anexo B figuran los PFOS. Los PFOS y sus compuestos estrechamente relacionados, que pueden contener impurezas de PFOS o sustancias que pueden dar lugar a PFOS, son miembros de la gran familia de sustancias de sulfonato de perfluoroalquilo. Se consideran principalmente el ácido perfluorooctano sulfónico (n° CAS: 1763-23-1) y sus sales fluoruro de perfluorooctano sulfonilo (n° CAS: 307-35-7). Entre las finalidades aceptables se considera su uso como ingrediente activo en cebos para insectos con sulfluramida (número CAS 4151-50-2) como ingrediente activo para el control de las hormigas cortadoras de hojas de *Atta* spp. y *Acromyrmex* spp. únicamente para uso agrícola.

Estos compuestos, se encuentran incluidos en la Resolución 291/2020 del Ministerio de Ambiente de la Nación en la cual se informan las situaciones de fabricación, uso e importación contempladas que pueden habilitar a los solicitantes del sector público o privado a solicitar la excepción a las restricciones y prohibiciones vigentes para dicha familia de estos compuestos de la familia de los PFAS. El MAyDS se encarga de otorgar estas exenciones en el ámbito nacional.

Por otro lado, la habilitación de uso y comercialización de la sulfloramida en el país está a cargo del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). El SENASA gestiona y fiscaliza los registros de productos de plaguicidas clasificados dentro del grupo denominado "Línea Jardín". La Línea Jardín incluye usos no agrícolas en ámbitos urbanos-suburbanos. De acuerdo a lo informado por SENASA, la sulfloramida se encuentra en su vademécum como ingrediente activo en varios productos con usos autorizados vigentes.

## Brasil

Actualmente, Brasil es uno de los principales productores de sulfloramida a nivel mundial (Zabaleta et al., 2018). En la actualidad, Brasil tiene una exención para su fabricación y uso, y exporta tanto el ingrediente activo como las formulaciones listas para usar. La sulfloramida se produce a partir de PFOS, que se importa desde China (Zabaleta et al., 2018). Sin embargo, el uso de sulfloramida plantea preocupaciones ambientales porque se ha señalado como un precursor de PFOS en el ambiente (Guida et al. 2023).

De acuerdo a Zabaleta (2018) la alta relación EtFOSA:PFOS en las aguas superficiales brasileñas podría ser un marcador del uso de sulfloramida, pero los resultados no son concluyentes. Existen trabajos realizados en Bahía, cuyos datos apoyan la hipótesis de que el uso de sulfloramida es una fuente significativa de PFAS en la zona costera del sur (Nascimento et al, 2018). Sin embargo, son necesarios más estudios para determinar si la sulfloramida es un precursor ambiental relevante de PFOS (Zabaleta, 2018).

Por otra parte, se puede mencionar el reporte oficial de los monitoreos en alimentos que publica la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (ANVISA) en Brasil. Se encuentra disponible en internet el resumen de resultados de los monitoreos del periodo 2013-2015 (ANVISA, 2016). En el mismo, si bien se menciona que más de 1000 muestras de frutas y verduras<sup>2</sup> fueron analizadas en dicho periodo para detectar sulfloramida entre los analitos evaluados (pero no sus metabolitos primarios FOSA y PFOS), el monitoreo no refleja ninguna muestra con incumplimiento del LMR, y un nivel muy bajo de detecciones por debajo del valor de referencia 0,01 mg/kg.

Friedrich y colaboradores (2021) realizaron un análisis comparativo de los registros de productos plaguicidas autorizados en Brasil, marcando el grado de restricción en las autorizaciones vigentes. En el caso de la sulfloramida, se menciona que no fue incluida en

---

<sup>2</sup> Entre ellas: lechuga, tomate, repollo, zanahoria, poroto feijao, choclo, cebolla, remolacha, naranja, ananá, banana, papaya, y harina de mandioca,

los análisis de riesgos para la salud que fueron recopilados debido a que no obtuvieron información sobre su comercialización en Brasil. Sin embargo, enfatizaron que se debe tener en cuenta que los caminos metabólicos enterohepáticos en mamíferos generan metabolitos del tipo PFOS, incluido en el Anexo B del Convenio de Estocolmo (Friedrich et al, 2021).

## Uruguay

En junio del 2004, el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) de Uruguay autorizó el uso de la sulfloramida y el fipronil, con el fin de promoverlos como sustitutos del Mirex (N° de CAS: 2385-85) incluido en el Convenio de Estocolmo (Carcamo, 2009). Según RAP-AL (Red de Acción en Plaguicidas y Alternativas para América Latina), en 2018-2019 el MGAyP-Uruguay prohibió la comercialización de varios plaguicidas, sin embargo la sulfloramida es de venta libre (Carcamo, 2020). En 2019, en Uruguay existían unas pocas marcas comerciales de productos formulados con sulfloramida, todos en presentaciones de cebos granulados y clasificados en categoría IV de peligrosidad. En el período 2019-2020, la mayoría se encontraba en instancias de renovación de licencia y sólo uno, Agrimex-S® (sulfloramida 0,3% p/p, sobre sellado de 250 g, Agritec S.A.), tenía licencia vigente hasta Abril 2022.

Es interesante aclarar que el Agrimex se clasifica como “poco peligroso”, según figura en su etiqueta. Esta clasificación de peligrosidad se respalda en un reporte del Programa Internacional de Seguridad Química (IPCS, OMS) fechado en 2006, lo cual implica que se basa principalmente en estudios publicados entre los años 1980 y 1990. Para ese entonces, aún no se disponía de información sobre la ocurrencia y persistencia ambiental de los PFOS y otros PFAS persistentes.

Esto último plantea, más allá de lo que sucede con este producto en particular, el desfase temporal que puede ocurrir en cualquier país entre la clasificación de peligrosidad que se asigna inicialmente (generalmente relacionada a intoxicaciones agudas) y la actualización de las etiquetas de los productos, aunados a la limitada disponibilidad de información de efectos crónicos debido a su uso.

## Estados Unidos de Norteamérica

Debido a la preocupación planteada sobre la toxicidad potencial que puede resultar de la bioacumulación de PFOS y sus productos de descomposición en animales y la evidencia científica de sus efectos adversos sobre el desarrollo y la reproducción en animales de laboratorio, en 2001 la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de (US EPA) inició conversaciones con empresas de los Estados Unidos (EE. UU.) con el objetivo de propiciar una eliminación gradual de los productos que contengan sulfloramida. En tal sentido, definió que los registros de productos basados en sulfloramida que estuvieran aún vigentes debían expirar a más tardar el 31 de diciembre de 2016.

DuPont, el único registrante de preparaciones de sulfloramida de grado técnico, acordó discontinuar la producción de cualquier nuevo producto de sulfloramida de uso industrial y cancelar definitivamente la adquisición o importación de cualquier forma de sulfloramida. De hecho, en 2007 DuPont informó a US EPA que agotó su suministro de sulfloramida. La US EPA gestionó la orden de cancelación para el último registro que quedaba vigente de productos de sulfloramida de grado técnico en mayo de 2008. En 2008 quedaban siete productos formulados con registro vigente con sulfloramida como ingrediente activo (US EPA, 2001; US EPA 2008).

Para permitir la comercialización de los últimos lotes a consumidores finales, US EPA extendió los tiempos de restricción a las empresas solicitantes de registros de uso final. Así, definió que los registros debían vencer a más tardar en Diciembre de 2012. Además, se otorgaron 12 meses adicionales para vender las existencias remanentes a los comercios minoristas. De este modo, desde el 2014 no se registran nuevos productos formulados. Actualmente, no existen registros vigentes de productos plaguicidas conteniendo sulfloramida en el mercado de consumo de USA ni a nivel mayorista, ni en distribuidores o minoristas.

Por otro lado, en los últimos años se han presentado acciones a nivel nacional y por parte de las autoridades sanitarias y ambientales de algunos estados (como California y Carolina del Norte) tendientes a generar consensos sobre cuáles son los niveles guías de PFOS y otras PFAS que deben ser considerados umbrales para salud humana y ambiental. En función de esos niveles se desprenden las resoluciones de cumplimiento mandatorio sobre los límites de contaminación que se toleran y las responsabilidades del sector público y privado para afrontar las medidas de saneamiento de suelos y fuentes de agua (California Water Boards, 2023).

Aunque los países europeos permiten la regulación basada en el principio de precaución (es decir, respaldar de manera proactiva las medidas de mitigación aun cuando la evidencia es preliminar y/o incompleta), las agencias reguladoras de EE.UU. generalmente requieren datos que demuestren los riesgos significativos antes de que se implementen las regulaciones. En este sentido, varios investigadores han recomendado que las PFAS se regulen como una clase y no como sustancias químicas individuales. Sin embargo, algunos argumentan que esto no sería apropiado porque cada PFAS tiene una estructura química única y se forman estructuras de tipo PFAS en muchos compuestos que pueden descomponerse de manera diferente en el ambiente.

Es así que la US EPA ha determinado que 160 productos químicos PFAS pueden justificar su inclusión en el Inventario de Emisiones de Sustancias Tóxicas. Sin embargo, cabe aclarar que esto es mucho menos que el número total de PFAS actualmente en uso.

Los estudios sistemáticos de presencia de PFAS en cuerpos de agua con potencial uso para consumo humano comenzaron en países de alta vigilancia epidemiológica hace pocas décadas. En EE. UU. La US EPA desarrolló métodos y programas de control de la calidad



adecuados para monitorear la inocuidad del agua de consumo, establecidos en la Ley de Agua Potable Segura<sup>3</sup>.

Recién en 2009, USEPA publicó reportes de niveles seguros para la salud humana preliminares para PFOS y PFOA, y entre 2013 y 2015 monitoreó los niveles de PFOS y otros PFAS en los suministros de agua potable como parte de su monitoreo de contaminantes no regulados. En sus decisiones, USEPA tuvo inicialmente en consideración la evaluación de riesgo reportada en 2015 por la Agencia de Protección Ambiental de Dinamarca, en la cual se propone el siguiente esquema de niveles límites (NL) para salud: nivel guía o criterio de riesgo aceptable para agua de bebida o agua subterránea con posible uso para consumo humano, 100 ppt (100 ng/L agua) para PFOS o PFOSA (individualmente o combinados), 300 ppt (300 ng/L agua) para PFOA, y para los casos de exposición combinada acumulativa (ingreso de uno o más de estos PFAS a través de múltiples rutas/vías), la sumatoria ponderada según sus NLs ( $[PFOS] / NL_{PFOS}$ ) + ( $[PFOSA] / NL_{PFOSA}$ ) + ( $[PFOA] / NL_{PFOA}$ ) debe ser menor a 1 (USEPA 2022).

Recientemente la US EPA ha reducido los valores umbrales de seguridad para PFOS. A Junio 2023, US EPA recomienda establecer los siguientes niveles límites y recomendaciones sanitarias para contaminación de agua utilizada para consumo humano con PFAS :

Identidad del compuesto PFAS	MCL <sup>4</sup> (ppt; ng/L agua)	MCL-G <sup>5</sup> (ppt; ng/L agua)
PFOS	4	0
PFOA	4	0
Mezclas (sumatoria junto a otras PFAS)	Diversos criterios según las subclases de PFAS consideradas	

**Tabla 3.** Niveles límites y recomendaciones sanitarias para contaminación de agua utilizada para consumo humano con PFAS (USEPA, 2023)<sup>6</sup>

En EE. UU. estos límites tienen la posibilidad de convertirse a nivel legislativo en niveles susceptibles de fiscalización por autoridades nacionales y/o de otras jurisdicciones de

<sup>3</sup> Safe Drinking Water Act, SDWA; disponible en: <https://www.epa.gov/sdwa>

<sup>4</sup> **MCL = Maximum Contaminant Level.** Este estimador de peligro es el nivel máximo de contaminación con cada compuesto o subclase de PFAS. En base a ese MCL de referencia, USEPA concluye que debería ejercerse la fiscalización de la inocuidad de aguas para consumo humano, protegiendo a las poblaciones más vulnerables como los niños pequeños.

<sup>5</sup> **MCL-G = MCL-goal.** En este nivel, EEUU establece la meta ideal hacia la cual deberían tender todas las acciones de gobiernos locales y políticas nacionales de protección de la salud ambiental respecto a contaminación con PFAS según la evidencia toxicológica válida disponible. El grado de incertidumbre es aún suficientemente amplio como para plantear que cualquier nivel y combinación de las PFAS consideradas toxicológicamente relevantes que se “consume” cotidianamente junto al agua de bebida podría aumentar la probabilidad de daños a la salud a lo largo de la vida

<sup>6</sup> <https://www.epa.gov/sdwa/and-polyfluoroalkyl-substances-pfas>

gobierno. Dado que son pocos los organismos y países que tienen capacidad avanzada de vigilancia epidemiológica, relevamiento ambiental permanente y procesos sistematizados frecuentes de reconsideración de riesgos, dichos niveles podrían convertirse en referencia sanitaria para otras regiones del mundo. Además, junto a la propuesta de MCL y MCL-G, explícitamente se establece que se deben monitorear los cambios en los niveles de PFAS en agua, mantener a la población informada y que las autoridades competentes deben ejecutar acciones preventivas en aquellos sitios donde se detecten niveles superiores a los MCLs (USEPA, 2023).

# Dinámica ambiental

La liberación al ambiente de sulfloramida podría tener diversas fuentes:

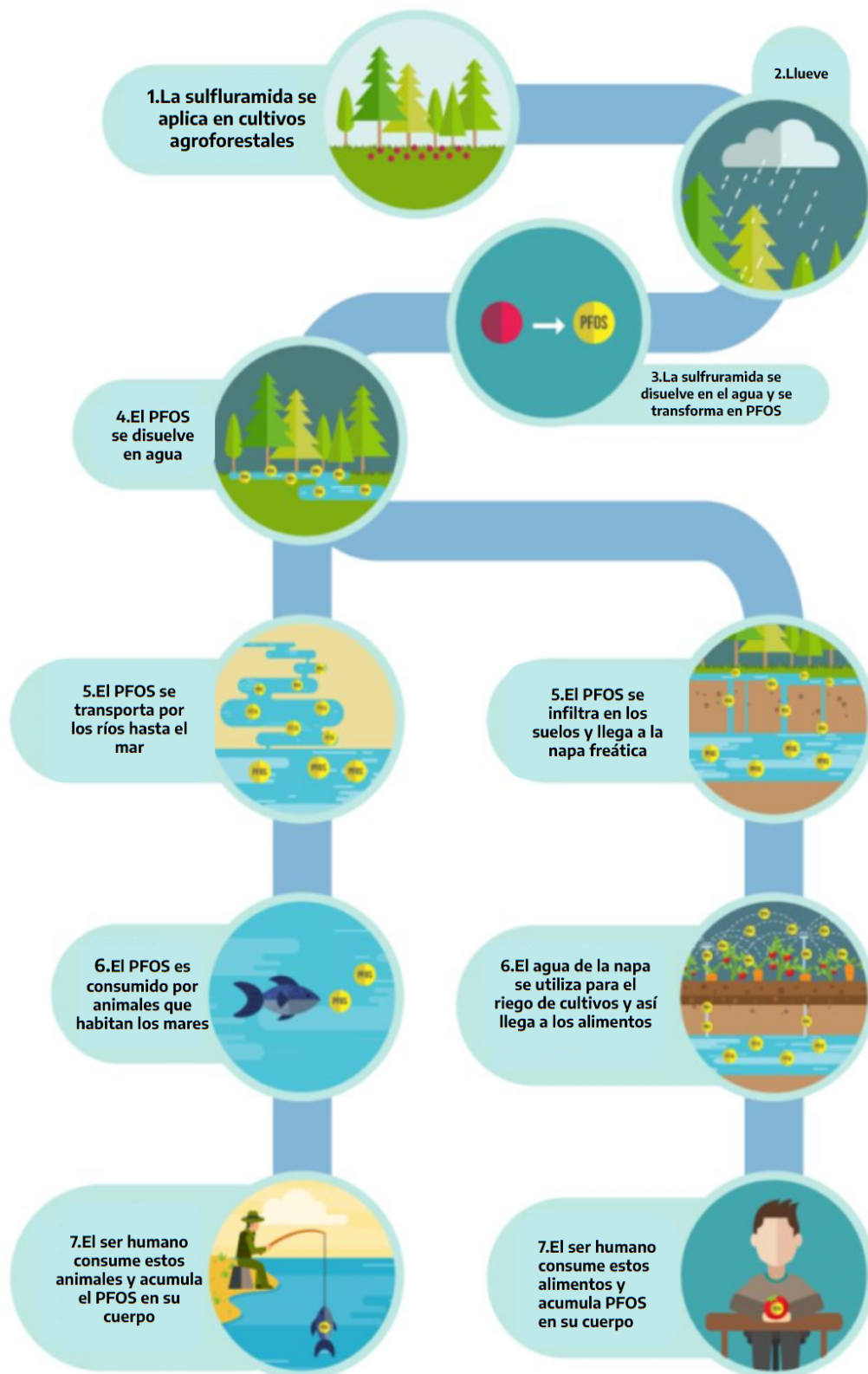
- Por su uso como insecticida. Por ejemplo, en el control de hormigas en zonas de producción agroforestal, huertas familiares o emprendimientos frutihortícolas medianos y grandes y en otros establecimientos productivos.
- Limpieza de equipos en cursos de agua, reservorios de agua, tanques y sitios sin infraestructura adecuada para contener y/o descontaminar los efluentes.
- Limpieza de envases.
- Descarte y quema de envases antes de eliminar los productos.
- Aplicaciones bajo condiciones climáticas adversas (por ejemplo, en días ventosos).
- Equipos de aplicación con pérdidas.
- Almacenamiento de los formulados concentrados o diluidos en envases o contenedores sin cierre hermético (contacto con el aire).
- Almacenamiento y uso de envases deteriorados.

Los datos sobre la presencia ambiental de EtFOSA en América del Sur y Central son escasos. Para la matriz aire, un estudio reportó niveles bajos pero detectables de EtFOSA en Costa Rica, mientras que otros han observado concentraciones elevadas de posibles productos de transformación del EtFOSA tanto en las aguas superficiales de América del Sur como en la biota (Zabaleta et al., 2018).

En países sudamericanos se ha planteado la hipótesis de que la EtFOSA era una posible fuente indirecta de PFOS en el océano debido a su aplicación (Nascimento et al, 2018). Sin embargo, rara vez se detecta en el medio marino dado que la vida media en el suelo es de sólo unas pocas semanas (Avedaño y Liu, 2015; Zabaleta et al., 2018).

En condiciones aeróbicas, se ha descrito que las vías de degradación de ETFOSA dan lugar a ácido acético perfluorooctano sulfonamida (FOSAA,  $C_{10}H_4F_{17}NO_4S$ ) y perfluorooctano sulfonamida (FOSA,  $C_8H_2F_{17}NO_2S$ ), que posteriormente se transformarían en PFOS (Zhang et al., 2017). La formación de estos productos se ha observado en suelos (Avedaño y Liu, 2015; Zabaleta et al., 2018). Como los cebos se utilizan en el suelo de las plantaciones, se espera que la biodegradación en suelo sea el principal proceso que impulse la transformación de EtFOSA (Guida et al., 2023).

Una vez liberada al ambiente, los modelos predicen que la N-EtFOSA se repartirá a los suelos, mientras que los productos de transformación perfluorooctano sulfonamida (FOSA) y PFOS son lo suficientemente móviles como para filtrarse a las aguas superficiales.

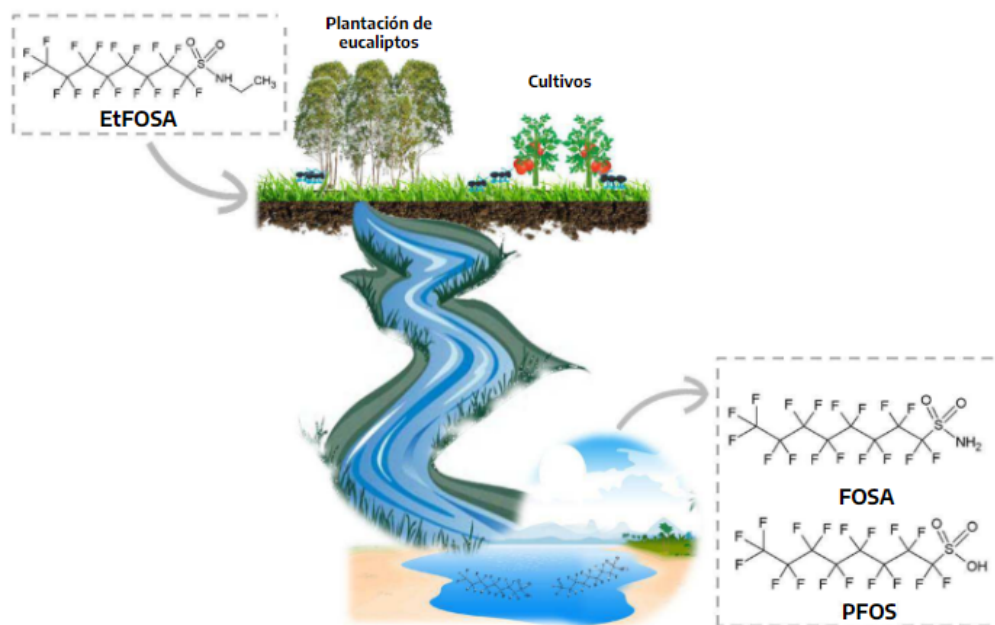


**Figura 3.** Transporte de la sulfluramida y el PFOS en el ambiente. Adaptado de: <https://noticias.ufsc.br/2018/02/mas-um-composto-sintetico-para-conta-estudo-analisa-a-contaminacao-de-solos-aguas-e-alimentos-pelo-pfos/>

Löfstedt Gilljam *et al.*, 2016 revisaron datos disponibles sobre la ocurrencia ambiental y degradabilidad de la sulfluramida en aire, suelo y agua. El trabajo está enfocado hacia las aplicaciones agrícolas en Brasil, dando como resultado distintas estimaciones de movilidad y persistencia ambiental. Como conclusión de su trabajo destacan que es poco probable que el ingrediente activo de la sulfluramida, EtFOSA, se mueva en el ambiente debido a la adsorción en suelos. Sin embargo, se sugiere que los productos de transformación del EtFOSA (p. ej., FOSA aniónico y PFOS) se lixiviarán fácilmente a través de los poros del suelo llegando a aguas costeras, lo que concuerda con las mediciones de aguas superficiales de la Bahía de Todos os Santos en Brasil.

No obstante, estos resultados no son concluyentes, ya que no se observó el mismo patrón en otros sitios de esta bahía, donde la presencia de PFAS puede estar asociada con fuentes locales (por ejemplo, industrias, puertos y refinerías de petróleo). Por lo tanto, la importancia de la sulfluramida en relación con otras fuentes potenciales de PFAS sigue sin estar clara.

Por su parte, Nascimento *et al.*, 2018 investigaron la presencia de PFAS en diversas muestras ambientales (hojas, agua, suelo, sedimentos) en una región agrícola de Brasil. Los resultados muestran que, en la mayoría de las matrices y sitios de estudio, los PFOS y FOSA fueron los PFAS predominantes detectados. Estos son los dos principales productos de transformación del EtFOSA, dado que el uso de sulfluramida en el estado de Bahía es una fuente importante de PFAS para la zona costera del sur de Bahía. Además la presencia de PFAS en agua dulce es especialmente preocupante, ya que puede representar una fuente importante de exposición humana, ya sea a través del consumo de agua potable contaminada o a través de la absorción en plantas destinadas al consumo humano.



**Figura 4.** Dinámica ambiental de la EtFOSA. Una vez aplicada en campo, su posterior detección en matrices ambientales en forma de PFAS.

La importancia de la sulfluramida como fuente de PFOS y FOSA en el ambiente depende de la tasa de conversión de EtFOSA en el medio natural. EtFOSA puede degradarse a PFOS y otras sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS) a través de mecanismos biológicos y abióticos.

A continuación, se describe el comportamiento de N-EtFOSA en matrices ambientales.

## Comportamiento de la sulfluramida en matrices ambientales

### Aire

En Canadá, estudios de N-EtFOSA en muestras de aire hogareño-domiciliario indicaron la presencia frecuente de esta sustancia tanto en ambientes internos de la vivienda como en ambientes abiertos (exterior). En el aire externo se cuantificaron niveles entre 0 y 60 pg/m<sup>3</sup>. Además, el 90% de los muestreos de aire interno mostró niveles detectables de N-EtFOSA, con concentraciones entre 10<sup>0</sup>-10<sup>2</sup> pg/m<sup>3</sup>, alcanzando concentraciones máximas de hasta 650 pg/m<sup>3</sup> (Shoeib *et al.*, 2005). De acuerdo a este trabajo y asumiendo el peor escenario de un 100% de absorción por vía inhalatoria (aire y polvo intrahogareño), se estimó que los y las integrantes del hogar podrían consumir hasta varias decenas de ng/día de mezclas de PFAS.

Otro hallazgo importante de estudios de PFAS como el de Shoeib *et al.* es la variabilidad de concentraciones detectadas, que se extiende hasta 2-3 órdenes de magnitud (NCBI-NIH, 2023). Si bien la N-EtFOSA puede provenir de distintas fuentes, el uso de insecticidas basados en sulfluramida puede contribuir a incrementar el nivel basal de PFAS ya presente a nivel hogareño y peri-domiciliario.

Sin embargo un trabajo de tesis de la Universidad de Winnipeg (Canadá) reportó que no se observó una tendencia clara al aumento o disminución de la concentración de N-EtFOSA en el aire respirable del interior de la vivienda (Nikoobakht, 2014) en función de las restricciones y prohibiciones crecientes al uso de insecticidas con estos PFAS en USA y Canadá.

En relación a su degradabilidad, al estar expuesta al aire, la sulfluramida en fase de vapor puede degradarse en la atmósfera por reacción con hidroxilo por una reacción fotoquímica, produciendo radicales. A su vez, la sulfluramida adsorbida en las partículas que se encuentran en la atmósfera puede eliminarse por deposición húmeda o seca.

Por otro lado, la absorción máxima de radiación lumínica de la sulfluramida está cerca de  $\lambda_{204\text{nm}}$  y, por lo tanto, no se espera que sea susceptible a la fotólisis directa por la luz solar. La sulfluramida posee una vida media en la atmósfera de aproximadamente 2 días a una concentración de  $5 \times 10^{+5}$  radicales hidroxilo por cm<sup>3</sup> (PubChem 2023; Plumlee *et al.*, 2009).

## Agua

La N-EtFOSA, y otros PFAS, pueden ingresar en cuerpos de agua por tratamientos inadecuados de los efluentes en los procesos de fabricación, por aplicación de formulaciones plaguicidas basadas en sulfluramida o por liberación accidental de PFAS precursoras de sulfluramida.

En Sudamérica se han encontrado niveles relativamente altos de PFOS a lo largo de la costa de Brasil y del estuario del Río de la Plata, en el Océano Atlántico (UN-GEF, 2015). Hay evidencia creciente que sugiere que la salinidad, el pH y las características del sedimento en ríos y mares pueden influenciar las velocidades de absorción y desorción de PFOS al sedimento del cuerpo de agua. En agua, el PFOS tiende a reaccionar y quedar asociado a la fase sedimentaria a medida que aumenta la salinidad.

En el agua, se espera que la sulfluramida se adsorba a sólidos suspendidos y sedimentos, de acuerdo con su valor de K<sub>oc</sub> y por su baja solubilidad en agua. Por otro lado, se espera que la volatilización desde la superficie del agua sea un proceso relevante según su constante de Henry. Sin embargo, se espera que la volatilización desde las superficies del agua sea atenuada por la adsorción de sólidos en suspensión y sedimentos en la columna de agua. No se espera que la hidrólisis sea un proceso ambiental importante (PubChem, 2023)

Las simulaciones de modelos predicen que la sulfluramida se repartirá a los suelos, mientras que los productos de transformación (como los PFOS) son lo suficientemente móviles como para filtrarse a las aguas superficiales (Löfstedt Gilljam y *et al.*, 2016).

## Suelo

Los PFAS se encuentran en el suelo y los sedimentos debido a la deposición atmosférica, lixiviados de vertederos o biosólidos y el vertido directo. Asimismo, el suelo y los sedimentos pueden actuar como fuentes secundarias de PFAS a través de la lixiviación a las aguas subterráneas y la escorrentía a las aguas superficiales mediante procesos de lixiviación y percolación, respectivamente. La distribución de las PFAS en el suelo es compleja y depende de sus características fisicoquímicas, tales como el carbono orgánico total (COT) y la carga superficial de las partículas. Las propiedades de cada PFAS, como la longitud de la cadena alquílica y el grupo funcional iónico, también son factores importantes. Los PFOS, PFOA y otros PFCA (perfluorocarboxil acids) de cadena larga suelen ser las PFAS predominantes identificadas en suelos y sedimentos superficiales (Zhu *et al.* 2019; Rankin *et al.*, 2016).

Debido a que la sulfluramida posee un K<sub>oc</sub> estimado de  $3,5 \times 10^{+6}$  se espera que no tenga movilidad si es liberada al suelo<sup>7</sup>. Asimismo, se espera que la volatilización desde las

---

<sup>7</sup> <https://www.fluoridealert.org/wp-content/pesticides/sulfluramid.hsdb.oct.2003.htm>



superficies húmedas del suelo sea un proceso relevante basado en su constante de Henry estimada. Sin embargo, al mismo tiempo se espera que la adsorción al suelo atenúe la volatilización. Por otro lado, como todos los compuestos orgánicos perfluorados, es resistente a la degradación microbiana.

Zabaleta *et al.*, 2018 describen que puede ser relevante la producción de PFOA a partir de una fotólisis indirecta acuosa de la sulfluramida para suelos superficiales. Por lo contrario, Avendaño y Liu, (2015) no encontraron PFOA como producto de degradación biótica y abiótica de sulfluramida en suelo.

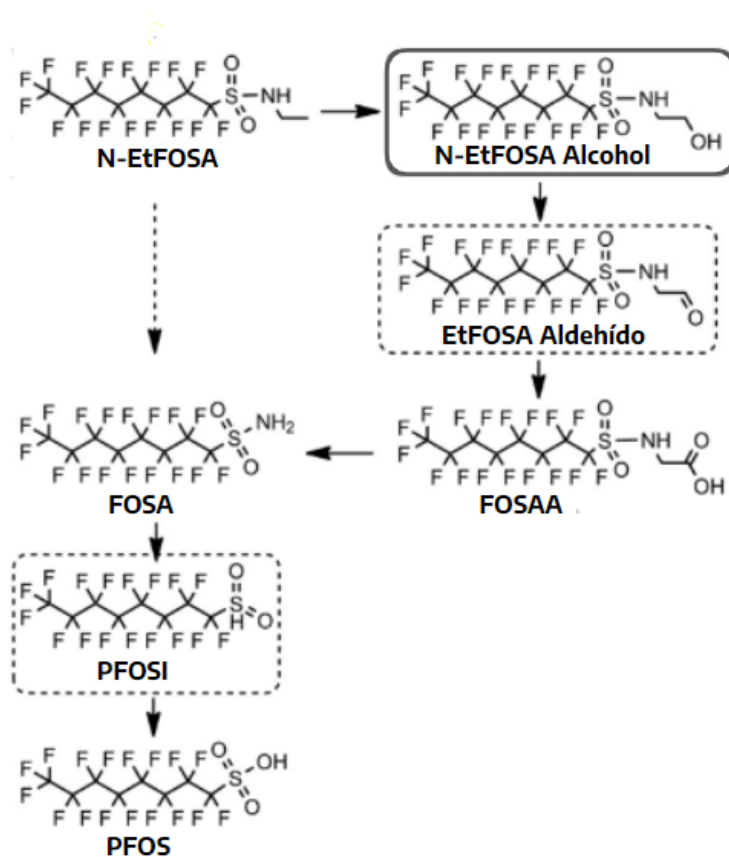
La sulfluramida es principalmente degradada en el suelo por procesos químicos y microbianos. Los estudios han demostrado que la degradación de la sulfluramida en el suelo es principalmente causada por bacterias y hongos que tienen la capacidad de metabolizar este compuesto.

## Degradación por microflora en el suelo

Una vez en el suelo, el N-EtFOSA (principio activo de la sulfluramida) puede sufrir transformaciones fisicoquímicas y/o biológicas, resultando en sulfonamida de perfluorooctano, ácido perfluorooctánico (PFOA) y ácido perfluorooctano sulfónico (PFOS), además de la posible formación de compuestos desconocidos.

Experimentos realizados en suelo, luego de 182 días, dieron como resultado que el 34,2% del N-EtFOSA se transformó en FOSAA, el 30,3% en FOSA y el 4% en PFOS (considerado el producto final de la degradación) (Avendaño y Liu, 2015). Los resultados también indican que la actividad microbiológica es fundamental en el proceso de transformación del N-EtFOSA. Además, la presencia de cultivos agrícolas parece aumentar la degradación de N-EtFOSA en el suelo (Avendaño y Liu, 2015) (Fig.5).

Por su parte, Yin *et al.* (2018) caracterizó la cinética de la biotransformación aeróbica de sulfluramida a FOSAA, FOSA y PFOS en microcosmos construidos con lodos provenientes de un humedal artificial tropical. El grupo de trabajo concluyó que es probable que los productos relacionados con sulfluramida contribuyan a la carga de PFOS en entornos aeróbicos. Por otro lado, la biotransformación de sulfluramida no se observó en condiciones anaeróbicas (metanogénicas) lo que sugiere que la sulfluramida es persistente y acumulativa en estas condiciones.



**Figura 5.** Vía de biodegradación de N-EtFOSA (sulfuramida) en suelo aeróbico. Modificado de Avendaño y Liu (2015) y Yin *et al.*, (2018). N-EtFOSA Alcohol, N-EtFOSA Aldehído y PFOS no fueron medidos debido a su inestabilidad. La flecha discontinua indica la desalquilación directa que forma FOSA.

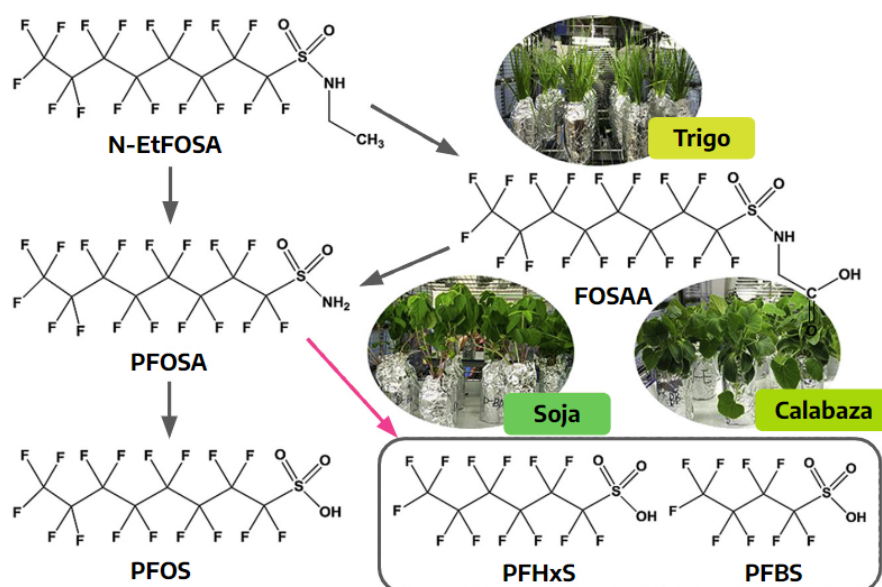
A su vez, la presencia de sulfuramida redujo la riqueza y diversidad de la comunidad microbiana en condiciones aeróbicas lo que se debe a la presión selectiva promovida por la sulfuramida y a sus productos de transformación. Los resultados del trabajo sugieren que la entrega de oxígeno al sedimento por parte de las plantas podría ser un beneficio importante de los sistemas de tratamiento de humedales en la remoción de sulfuramida, ya que su degradación depende de la presencia de oxígeno.

## Plantas

Se ha evaluado la absorción, lixiviación y biodegradación de EtFOSA y sus productos de transformación en mesocosmos suelo-zanahoria (*Daucus carota ssp sativus*). Los experimentos realizados en presencia de zanahoria produjeron producción de PFOS. El lixiviado contenía bajos niveles de productos de transformación y una elevada relación FOSA:PFOS. En las zanahorias, los productos de transformación más hidrófilos (p. ej., PFOS) aparecían principalmente en las hojas, mientras que los productos más hidrófobos (p. ej., FOSA, FOSAA y EtFOSA) aparecían en la cáscara y en la parte comestible pelada. Estos datos demuestran en conjunto que la aplicación de cebos de sulfuramida puede dar lugar a la aparición de PFOS en los cultivos y en el ambiente circundante (Zabaleta *et al.*, 2018).

Otros estudios han demostrado la absorción, translocación y metabolismo de sulfluramida (N-EtFOSA) en trigo (*Triticum aestivum* L.), soja (*Glycine max* L. Merrill) y calabaza (*Cucurbita maxima* L.) mediante exposición hidropónica. Excepto la sulfluramida parental, se detectaron sus metabolitos de acetato de sulfonamida de perfluorooctano (FOSAA), sulfonamida de perfluorooctano (PFOSA), PFOS, sulfonato de perfluorohexano (PFHxS) y sulfonato de perfluorobutano (PFBS) en las raíces y brotes de las tres especies de plantas examinadas.

Estos resultados sugieren que las raíces de las plantas podrían absorber sulfluramida de las soluciones de forma eficaz, translocar a los brotes y metabolizarse in vivo. Los resultados sugirieron que las plantas tenían vías de biotransformación hacia sulfluramida diferentes a las vías de microorganismos y animales (Zhao *et al.*, 2018).



**Figura 6.** Descomposición de N-EtFOSA en plantas crecidas en hidroponía (Tomado de Zhao *et al.*, 2018).

## Biota

Se detectaron PFOS, PFOSA, PFOA y EtFOSA en zooplancton, camarones y almejas del este del Ártico canadiense, PFOS con una concentración media de entre 0,3 y 1,8 ng/g; los niveles de PFOA estuvieron dentro del mismo rango (Nikoobakht, 2014).

Estudios *in vitro* en trucha arcoiris proponen tres posibles vías de reacción para la conversión de sulfluramida a PFOS: i) conversión directa a PFOS por desletilaminación acompañada de la conversión del grupo sulfona en sulfonato, ii) desetilación a PFOSA, seguida de desaminación para formar PFOS, y iii) hidrólisis directa a PFOS. Estos resultados confirman que la sulfluramida es precursora de PFOS en peces y demuestra que junto con PFOSA, pueden ser fuentes de PFOS ambientales (Tommy *et al.*, 2004).

# **Efectos adversos de la sulfluramida en los seres vivos**

## Efectos sobre la biota

En Argentina son pocos los estudios disponibles que han evidenciado los efectos subletales inducidos por la sulfluramida en diversas especies de organismos no blanco que habitan tanto en ecosistemas acuáticos como terrestres. Así mismo, aún no se conocen los caminos primarios y secundarios por los cuales este insecticida puede causar estos efectos.

A continuación, se describen diferentes estudios acerca de los efectos ecotoxicológicos de la sulfluramida en distintas especies de organismos que habitan tanto ecosistemas acuáticos como terrestres.

Esta revisión permite identificar los niveles de concentración mínima tóxica y algunos riesgos ecotoxicológicos para la biota susceptible.

## Efectos letales y subletales algas e invertebrados acuáticos y terrestres

En Anexo 2, se describen los parámetros y las condiciones de los bioensayos de algas e invertebrados acuáticos citados en este informe.

### Algas verdes

Del relevamiento de bases de datos internacionales se muestra que, en ensayos de toxicidad aguda realizados en *Selenastrum capricornutum* como herramienta de valoración de la contaminación del agua (IBAMA, 2019), se ha observado que la toxicidad es considerada como poco tóxica para esta especie de acuerdo a los criterios establecidos por IBAMA (2019). Esta clasificación coincide con la reportada por PPDB a excepción de un trabajo desarrollado bajo las mismas condiciones donde se informó cómo medianamente tóxico (PPDB, 2023).

### Invertebrados acuáticos

Con respecto a la toxicidad aguda de sulfluramida en invertebrados acuáticos, no se encontraron datos de ecotoxicidad generados hasta el presente en Argentina.

Los valores de toxicidad aguda de sulfluramida establecidos en invertebrados acuáticos según PPDB (2023) y los estudios realizados por el IBAMA (2019), indican que la toxicidad de la sulfluramida es elevada en la mayoría de los grupos de invertebrados acuáticos. Estos datos permiten interpretar que accidentes en el manejo y aplicación de sulfluramida, liberación de desechos y/o derivas que se generen son muy relevantes desde el punto de vista de su impacto ecotoxicológico en especies de invertebrados acuáticos debido a la rápida movilidad y persistencia en agua superficial, agua pluvial y mantos acuíferos en las áreas de emisiones y potencialmente en áreas aledañas.

En nuestro país las autoridades de registro y fiscalización clasifican a la sulfluramida como un compuesto prácticamente no tóxico para invertebrados acuáticos y es clasificado con banda toxicológica II, III o IV dependiendo de la formulación del producto.

En el caso de comunidades de microcrustáceos, para evaluar el impacto de la sulfluramida, se llevaron a cabo ensayos de toxicidad aguda, centrándose en la evaluación de los patrones de movilidad. Los resultados, derivados de la CE50 después de la exposición a la sulfluramida, indican un rango de toxicidad que va desde altamente tóxica hasta medianamente tóxica (IBAMA, 2019).

### **Bioacumulación en la cadena trófica acuática**

En ensayos de exposición realizados durante 21 días, sobre diferentes tejidos del pez *Brachydanio rerio*, se evidenció un alto Factor de Bioconcentración (BCF), según reportes de IBAMA (2019).

Estas observaciones indican que el potencial de bioconcentración en organismos acuáticos, como los peces, debe ser considerado como muy elevado en base al Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (Naciones Unidas, 2019), (ver Anexo 3).

### **Invertebrados terrestres**

En Anexo 2, se describen los parámetros y las condiciones de los bioensayos de los invertebrados terrestres citados en esta sección.

Con respecto a la toxicidad de sulfluramida en diferentes invertebrados terrestres de interés regulatorio, no se cuenta con registros de información ecotoxicológica para Argentina y que hayan sido publicados a la fecha de este relevamiento.

Los resultados de algunos bioensayos llevado a cabo en la lombriz de tierra *Eisenia foetida* indicaron una toxicidad clasificada como baja y poco tóxica después de la exposición a la sulfluramida durante 14 días (IBAMA, 2019; PPDB, 2023). Sin embargo, un estudio realizado en las mismas condiciones con la misma especie reportó una toxicidad calificada como muy tóxica. Por lo tanto, se hace necesario llevar a cabo más estudios con esta especie y otras especies para poder llegar a una conclusión.

Al igual que para el caso de los invertebrados del suelo, no se encontraron trabajos de ecotoxicidad evaluando sulfluramida en Argentina tomando como base especies de interés regulatorio como es el caso de las abejas.

Por otro lado, del relevamiento de las bases de datos internacionales se muestra que en ensayos de toxicidad aguda realizados en *Apis mellifera* (IBAMA, 2019) evidenciaron un riesgo altamente tóxico. Dicha clasificación coincide con la clasificación de riesgo reportada por PPDB como un insecticida que debe ser considerado de preocupación para las comunidades de insectos sociales (PPDB, 2023). No obstante, un estudio llevado a cabo

con este insecticida en condiciones similares indicó un nivel de riesgo considerado como poco tóxico.

En ensayos de toxicidad aguda realizados en la especie invasora termita de Formosa (*Coptotermes formosanus*), se evidenció que el patrón de comportamiento social de las termitas podría verse afectado desde el punto de vista biológico de una manera significativa luego del contacto con sulfloramida (Zhang et al., 2013).

## Efectos letales y subletales en vertebrados terrestres

### Vertebrados acuáticos

En el Anexo 3, se describen los parámetros y las condiciones de los bioensayos de los vertebrados acuáticos y terrestres citados en este informe.

Actualmente, no se encontraron trabajos disponibles en Argentina que hayan estudiado el efecto *per se* de la sulfloramida en peces, analizando efectos letales y subletales.

A nivel internacional, es escasa la información disponible que evalúe los efectos letales agudos de la exposición por sulfloramida en peces.

A nivel regional, en un reporte del Instituto Brasileño del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (IBAMA, 2019) se informaron valores de toxicidad aguda y parámetros subletales para diferentes especies de peces. Según los resultados obtenidos a partir de la CL50, se observa que la toxicidad aguda es muy tóxica a medianamente tóxica. En Argentina, las autoridades del registro y fiscalización de plaguicidas perteneciente a SENASA clasifican a la sulfloramida como un compuesto prácticamente no tóxico para peces y la ubican en la Categoría Toxicológica IV tomando como base criterios múltiples de valoración del impacto ecotoxicológico/ambiental (SENASA, 2023b).

### Vertebrados terrestres

Hasta el momento, no se encontraron trabajos disponibles en Argentina que hayan analizado los efectos letales y subletales de sulfloramida en anfibios, ni tampoco se reportó información relevante de los efectos ecotoxicológicos para este grupo de organismos.

A la fecha de la realización de este informe, no se encontraron trabajos disponibles en Argentina que hayan analizado los efectos letales y subletales de sulfloramida en aves.

A nivel internacional, se han llevado a cabo múltiples estudios para evaluar la toxicidad de la sulfloramida en aves. En términos de la DL50, la exposición aguda evidenció una toxicidad catalogada como moderada, mientras que la exposición crónica mostró niveles clasificados como muy tóxico a medianamente tóxico. Además, a partir de la CL50 después de exposiciones que variaron de 5 a 17 días, la toxicidad fue informada como altamente tóxica (IBAMA, 2019).

# Efectos en la salud humana

## Clasificación de peligrosidad de la sulfluramida y sus formulaciones

La sulfluramida es un insecticida que está clasificado por autoridades regulatorias (USEPA, EFSA, SENASA, WHO) como plaguicida de baja peligrosidad en situaciones de exposición aguda en humanos.

En el Anexo 5, se presenta la clasificación de peligrosidad establecido para la sulfluramida.

En Argentina, de los 6 productos formulados con licencias de comercialización vigentes en el vademécum de SENASA (actualizado a Noviembre 2023), 3 se clasifican como “Moderadamente peligrosos” en la categoría II (banda amarilla), 2 productos están categorizados como “Levemente peligrosos” en la categoría III (banda azul) y 1 solo producto tiene la clasificación “Producto que normalmente no ofrece peligro” en la categoría IV (banda verde).

## Vías de exposición - Toxicocinética

La necesidad del análisis de riesgo de los productos que incluyen sulfluramida en escenarios de exposición repetida a dosis subtóxicas no se justifica exclusivamente en las relaciones entre estructura química, actividad y toxicidad de la sulfluramida *per se*, sino también en las impurezas que pueden permanecer en los productos formulados y los productos de su descomposición ambiental y biotransformación una vez que es liberado al ambiente.

La movilización de la sulfluramida y sus productos de descomposición asociados hasta los puntos de absorción (dermal, oral o inhalatoria) en la biota es un aspecto relevante pero no el determinante principal para establecer riesgos para la salud humana. La capacidad de causar daño a mediano y largo plazo de los productos de la clase PFAS, presentes en (o derivados de) productos formulados con sulfluramida, debe basarse en la exposición interna en los organismos vivos que se busca proteger, y especialmente la toxicocinética de las sustancias formadas por degradación de sulfluramida, al igual que se debe establecer para cualquier sustancia química peligrosa regulada de productos fitosanitarios que se libera al ambiente (Krieger, 2010; Klaassen, 2013).

Se encontraron pocos estudios que evidencian las transformaciones bióticas y abióticas de sulfluramida y el comportamiento toxicocinético de los productos derivados una vez que se absorben en forma sistémica en mamíferos.

A continuación, se sintetiza la información toxicológica relevante para humanos a partir de documentos internacionales.



## Vías de ingreso

La sulfluramida y estructuras asociadas de tipo PFAS pueden ingresar al organismo humano por múltiples rutas. Debido a la estructura química de sus productos de descomposición, especialmente PFOS, pueden encontrarse presentes en cuerpos de agua, alimentos y aire. La exposición humana a PFOS puede ocurrir por diferentes vías de ingreso por ingestión-dietaria (a través de agua y alimentos), inhalación y contacto dérmico (Staikat et al., 2013).

La vía inhalatoria no se ha estudiado con el mismo nivel de detalle que fueron estudiadas las vías oral y dermal, posiblemente debido a las formas físicas con que se comercializan los cebos (pellets sólidos y compactos), baja concentración (en general 0,1 - 1%) y volatilidad de la sulfluramida en las formulaciones de los productos, lo cual podría resultar en contribución mínima o nula a la carga total de exposición.

En este sentido, los formulados extrusados de sulfluramida pueden liberar (sublimar) el ingrediente activo hacia el ambiente durante los procedimientos de aplicación en condiciones de altas temperaturas (mayores a 40°C). Esto plantea un grado de incertidumbre sobre la relevancia de la vía inhalatoria en las aplicaciones agroforestales de regiones tropicales (Cassia Bergamasco et al., 2005).

### Exposición oral

Desde hace décadas se reconoce que los metabolitos primarios de N-EtFOSA/sulfluramida pueden ser reabsorbidos en intestino debido a recirculación enterohepática (USEPA, 2001). Esta circunstancia puede aumentar el potencial de bioacumulación y amplía la incertidumbre sobre los efectos que pueden ocurrir a mediano y largo plazo en el caso de exposiciones repetidas.

En consecuencia, el comité de expertos convocado por USEPA decidió incluir un factor de incertidumbre en la estimación de riesgo para la salud humana que explícitamente tenía como objetivo considerar los impactos adversos parcialmente desconocidos que la bioacumulación de los metabolitos primarios de sulfluramida puede causar (USEPA, 2001).

### Exposición inhalatoria

Actualmente, existe información limitada sobre la exposición inhalatoria subcrónica o crónica a la sulfluramida presente en el aire respirable, ya sea en forma libre/aerosolizada, asociado a materia particulada o vehiculizada en polvo doméstico, después de aplicaciones en espacios abiertos (producción agrícola, agroforestal y otras) o cerrados.

En el caso de las presentaciones de cebos de sulfluramida en gránulos, especialmente la formación de aerosoles de sulfluramida es altamente improbable por las propiedades fisicoquímicas y la alta resistencia mecánica de los gránulos que componen el cebo (en función de su humedad, peso específico, robustez del material portador/"carrier", resistencia a la fragmentación, etc.). Adicionalmente, la exposición a vapores que contienen sulfluramida es muy poco probable bajo las condiciones ambientales típicas de uso

agrícola, agroforestal y peri-residencial debido a su muy baja presión de vapor. En este contexto, según la USEPA (1989), se indica que a temperaturas de 20-35°C, la sublimación (transferencia de masa desde el cebo al aire) era prácticamente nula y carecía de significancia toxicológica. No obstante, es importante considerar que al aumentar la temperatura, como en el caso de alcanzar 36°C, la presión de vapor experimenta un aumento gradual pero constante.

USEPA menciona la necesidad de realizar estudios que estimen la exposición inhalatoria, especialmente teniendo en cuenta la población de mujeres adultas jóvenes dado que estudios en conejos han informado sobre efectos adversos en el desarrollo de las crías luego de exposición intrauterina y durante la lactancia (USEPA, 2001).

Hasta el momento de la elaboración de este informe, no se han identificado estudios que evalúen la relación entre niveles de exposición inhalatoria subcrónica o crónica y dosis interna en poblaciones susceptibles o en la población en general.

## Exposición dermal

La información disponible en la literatura sobre absorción por vía dermal es considerada insuficiente; algunas autoridades regulatorias (USEPA) concluyeron que dicha información no constituye una necesidad prioritaria para estimar en forma protectora la relación entre exposición global, dosis interna, dosis en tejidos blancos y efectos en humanos (USEPA, 2001). Estas interpretaciones vienen de análisis de riesgos de la exposición a productos basados en sulfloramida en población general y ocupacional realizados hace más de 15 años.

A partir de diversos estudios, se ha calculado el Margen de Exposición Estimado (MOE) teniendo en cuenta las diferentes vías de exposición en poblaciones susceptibles. Como se detalla en Anexo 6, al considerar en las simulaciones múltiples oportunidades para la exposición sistémica, los valores de MOE fueron, en general, superiores al estándar considerado aceptable por la USEPA. No obstante, es importante señalar que el uso de productos hormiguicidas como la sulfloramida en la producción forestal puede ser más intensivo que a nivel agrícola o urbano-residencial.

## Metabolismo

La sulfloramida (N-EtFOSA) se metaboliza rápidamente a desetil-sulfloramida (PFOSA o FOSA) en ratas, lo que sugiere que el potencial de bioacumulación de este insecticida sin metabolizar es bajo (Grossman et al., 1992). En los estudios en animales extrapolables al ser humano se ha establecido que N-EtFOSA/sulfloramida se metaboliza primero por desalquilación a FOSA, y luego a PFOS. La eliminación en el organismo es lenta, mostrando una semivida prolongada de aproximadamente 5,4 años en el suero humano (Pereiro y Lafuente 2012).

A partir del estudio desarrollado en ratas por Manning et al. (1991), la sulfluramida se absorbe gradualmente después de ser administrada por vía oral en una única dosis en bolo, seguida de una rápida metabolización y eliminación en un periodo de 72 horas. En machos, las concentraciones más altas se encuentran en el hígado, riñón y glándulas suprarrenales, mientras que en hembras, además de estas concentraciones en dichos órganos, se observa actividad en las gónadas. La sulfluramida es mayoritariamente metabolizada en hígado (metabolismo de primer paso) antes de ingresar a la circulación sanguínea sistémica (Arrendale et al., 1989; Vitayavirasuk y Bowen 1999).

## Mecanismos de eliminación

Este insecticida es rápidamente metabolizado a sus metabolitos primarios, incluyendo PFOS, y persisten en el organismo retenidos en tejidos y recirculando en el organismo por largos periodos de tiempo (varios años) hasta ser eliminados (USEPA, 2001; East et al., 2023).

## Toxicodinamia de sulfluramida

### Mecanismo de toxicidad

El mecanismo de toxicidad de sulfluramida *in vivo* en mamíferos no está totalmente claro como para poder extrapolar a humanos, ni para los efectos agudos de dosis altas ni para los efectos subletales adversos que se pudieran manifestar a lo largo de la vida luego de exposición repetida a dosis bajas. No se han descrito acciones moleculares específicas en receptores, factores de transcripción, hormonas, factores de crecimiento, enzimas metabólicas o canales iónicos (Holmström y Berger, 2008; Krieger, 2010; Brusseau y Van Glubt, 2020).

Existen estudios *in vitro* en tejidos y células de animales de laboratorio que contribuyen parcialmente a hipotetizar cómo es el camino toxicogénico. Luego de la rápida biotransformación de sulfluramida a FOSA, se han observado efectos nefrotóxicos a nivel tubular renal, evidenciado como aumento de la tasa respiratoria y necrosis celular, principalmente en niveles de concentración elevados. Aunque la sulfluramida y su metabolito des-etilado posean actividad moderada como desacoplante de la cadena respiratoria mitocondrial, es poco probable que estas acciones se produzcan en exposiciones típicas a productos con sulfluramida. Además, se sugiere que este insecticida y sus productos de descomposición podrían actuar como surfactantes, perturbando membranas biológicas. Los resultados *in vitro* coinciden con la clasificación del modo de acción de la sulfluramida como desacoplante de la fosforilación oxidativa en crestas mitocondriales, según el comité IRAC. (Holmström y Berger, 2008; Krieger, 2010; Brusseau y Van Glubt, 2020).

# Efectos de las intoxicaciones

## Efectos de la exposición aguda a sulfluramida en rata

En ratas, la exposición oral a sulfluramida evidenció proliferación de linfocitos, aumento en la masa hepática, disminución del consumo de alimentos, además se sugiere que este insecticida suprime la producción de inmunoglobulina (Peden-Adams et al., 2007).

## Efectos subletales de la exposición subcrónica y crónica a sulfluramida en animales de laboratorio

En estudios de exposición repetida subcrónica en perros se observó, en los animales tratados, palidez en las membranas mucosas, taquipnea (aumento de frecuencia respiratoria), diarrea, pérdida de peso corporal y letargo cuando se administraron dosis relativamente altas en forma continua durante 2 semanas (Tompkins, 1990). En estudios de exposición dietaria durante 20 días, se evidenció una disminución en el aumento de peso corporal, en el consumo de alimento, en el tamaño de la camada y en el peso fetal. Se sugiere que tanto la sulfluramida como su metabolito FOSA pueden desacoplar la fosforilación oxidativa (Case et al., 2001).

En humanos, individuos adultos de 60 kg deberían ingerir diariamente entre 0,6 y 6 g de sulfluramida para alcanzar valores peri-umbrales (Krieger, 2010).

En parte debido a la ausencia de usos autorizados de productos basados en sulfluramida en agroalimentos, es limitada la información disponible sobre estudios de exposición crónica.

## Mutagenicidad y genotoxicidad de sulfluramida

En bases de datos internacionales de Hazardous Substances Data Bank (HSDB) y USEPA donde se analizaron los datos disponibles respecto a los efectos genotóxicos (directa o indirectamente pro-carcinogénicos) ejercidos por sulfluramida, no se presentan evidencias indicativas de potencialidad genotóxica para ninguno de los escenarios de exposición considerados.

En ensayos *in vitro* utilizados para evaluar la mutagenicidad y genotoxicidad de las sustancias peligrosas reguladas, específicamente mediante la Prueba de Ames y el Ensayo de Cromátidas Hermanas en células de ovario, no se observaron evidencias de efectos de este insecticida en estos puntos finales (Krieger, 2010; USEPA, 2001).

La sulfluramida no mostró evidencia de inducción de mutaciones a partir de la *Salmonella typhimurium*, incluso a concentraciones de 10000 µg/placa. En ensayos de mutagenicidad donde se evaluó la síntesis de ADN en hepatocitos de rata *in vitro*, no se observaron efectos mutagénicos en concentraciones de sulfluramida de 0,5, 0,75, 1 y 1,25 µg/ml, aunque se

registró un incremento significativo de la citotoxicidad a partir de concentraciones de 1,5 µg/ml (USEPA, 2001).

Los ensayos citogenéticos en cultivos celulares de la línea CHO (Ovario de hámster chino) no revelaron inducción de intercambio de cromátidas hermanas, ya sea en presencia o ausencia de un sistema de activación metabólica. Estos ensayos se llevaron a cabo con concentraciones de hasta 1000 µg/ml, y a esta dosis no se observó una disminución significativa en el índice de proliferación celular, ya que la proporción de células en segunda división no se vio afectada (USEPA, 2001).

## **Carcinogenicidad y teratogenicidad de sulfloramida**

La información disponible de fuentes académicas y regulatorias no señala evidencia de carcinogenicidad para la sulfloramida (USEPA, 2001; Krieger, 2010; EFSA, 2020). Por otro lado, no se ha encontrado información científica sobre efectos teratogénicos de la sulfloramida.

## **Efectos de la sulfloramida en las capacidades reproductivas**

En hembras de conejo New Zealand, la exposición materna gestacional a 3 mg/kg no produjo alteraciones notables en la maduración sexual ni en la función testicular de las crías. Además, no se observaron anomalías en los órganos sexuales de la descendencia durante el desarrollo postnatal, según lo informado por Krieger en 2010.

## **Efectos esperables de la exposición aguda y crónica según ruta de ingreso y etiología de la exposición**

Aunque la contribución particular de productos de descomposición de la sulfloramida a la exposición dietaria total a PFAS en población general podría ser considerada baja, debido a su rápida descomposición biótica y abiótica y que existen múltiples fuentes de emisión de PFAS a nivel urbano y rural, aún existe un alto margen de incertidumbre para concluir sobre este punto.

La información limitada sobre la presencia de sulfloramida y sus productos de descomposición en agroemprendimientos, suelos cultivados y alimentos, junto con la variabilidad en los caminos de descomposición de PFAS, dificultan una extrapolación directa de las observaciones en un estudio a la situación en escenarios ambientales de Argentina.

Si los niveles ambientales de PFAS totales y PFOS en particular estuvieran muy alejados de los niveles guía recomendados por las autoridades internacionales para protección de la salud, entonces el monitoreo sistemático de PFOS y otros PFAS resultantes del uso y descomposición de sulfloramida no sería considerado una prioridad.

## Efectos en trabajadores en el ámbito ocupacional

El deterioro acelerado en la salud de los trabajadores que manipulan agroquímicos en la industria agroalimentaria y agroforestal comparte gran parte de los factores determinantes de estrés físico y mental en muchos otros ámbitos del trabajo rural por la exposición (activa y pasiva) a multiplicidad de peligros de naturaleza química, física y biológica (MINSAL-Argentina, 2015).

En el análisis de riesgo del uso ocupacional y no ocupacional de cebos de sulfluramida reportado por USEPA (2001), sugieren que la carga de sulfluramida asociada al uso de cebos hormiguicidas, termiticidas y cucarachicidas en forma ocasional o frecuente no se espera que causen efectos clínicos-tóxicos evidentes ni intoxicaciones orales, dérmicas o inhalatorias agudas (Machado-Neto et al., 1999).

Si bien las unidades hospitalarias y otras instituciones públicas intervinientes en casos de intoxicaciones a sustancias peligrosas reconocen las presentaciones comerciales de los hormiguicidas y cucarachicidas formulados con sulfluramida, no se reportaron casos relativamente recientes de intoxicaciones con esta sustancia. Así mismo, el Hospital Nacional Posadas ni el Hospital Universitario Austral informaron casos de intoxicación dermal, oral o inhalatoria con productos formulados con sulfluramida.

Por otra parte, en un documento de la Sociedad Argentina de Pediatría de 2021 sobre el uso de agroquímicos y sus efectos en la salud infantil, se menciona el riesgo que podría derivar respecto al uso de sulfluramida por su potencial transformación en PFOS (SAP, 2021).

## Efectos reportados de PFAS del camino de descomposición de sulfluramida

La información que se encuentra sobre los efectos de la administración de dosis repetidas de concentraciones subletales de sulfluramida en rata, ratón o conejo que respalde los niveles de peligro (NOAEL, LOAEL, BMD) para los efectos críticos más relevantes es muy limitada. Además, existen muy pocos trabajos publicados accesibles desde plataformas públicas abiertas sobre las relaciones exposición-dosis-efecto en rata y otros modelos animales de uso regulatorio que hayan usado administración de FOSA o sus precursores por vía oral o inhalatoria.

## Otros efectos de exposición a la sulfluramida

Hasta la fecha, no se han encontrado estudios que evidencien los posibles efectos de neurotoxicidad, genotoxicidad, cardiotoxicidad ni tumorigenicidad asociados a la sulfluramida. Sin embargo, es relevante considerar que dentro de los productos de descomposición de este insecticida se encuentra el PFOS, y la exposición a éste contaminante ha demostrado causar neurotoxicidad en ratas y ratones, tanto a nivel central

como periférico, generando alteraciones neuroquímicas y comportamentales durante el desarrollo neurológico temprano (Saikat et al., 2013).

En cuanto a la tumorigenicidad, las investigaciones disponibles indican que el PFOS actúa como promotor de tumores en el hígado de diversos animales de laboratorio. Además, se ha observado que la exposición en seres humanos puede inducir tumores mediante la transformación de células de Leydig en el testículo (USEPA 2022).

## Resumen de la sección

La sulfloramida, al ser liberada al suelo posee una movilidad reducida y se adsorbe a éste, lo que disminuye su volatilización. Sin embargo, es probable que los productos de degradación de este insecticida puedan contribuir a la carga de PFOS en entornos aeróbicos dada su escasa movilidad, su persistencia y su acumulación en el suelo. En última instancia, la sulfloramida puede actuar como fuente indirecta de contaminación por PFOS.

Se han desarrollado diferentes estudios sobre la formación de PFOS y otras PFAS a partir de caminos metabólicos y de descomposición abiótica de distintas PFAS precursoras en distintos modelos experimentales. No obstante, la toxicocinética específica que vincula la exposición a sulfloramida con las dosis internas de FOSA y PFOS en mamíferos, es limitada. La extrapolación precisa a humanos y la estimación de niveles seguros de sulfloramida en alimentos, agua o aire aún carece de claridad.

Las evaluaciones realizadas en el análisis de los efectos adversos de la sulfloramida en invertebrados acuáticos y terrestres han revelado niveles de toxicidad que varían desde medianamente tóxicos hasta altamente tóxicos en algas, de poco tóxicos a altamente tóxicos en abejas, y resultados no concluyentes, específicamente en los estudios llevados a cabo con la lombriz de tierra *Eisenia foetida*. Dada la falta de claridad en cuanto al riesgo de toxicidad en esta última especie, se hace imperativo realizar estudios adicionales tanto con *Eisenia foetida* como con otras especies para obtener conclusiones más definitivas.

En los ensayos de toxicidad con la termita *Coptotermes formosanus*, se observó que el patrón de comportamiento social de las termitas podría verse afectado desde una perspectiva biológica. Además, en los grupos de vertebrados acuáticos y terrestres, se detectó un riesgo que va desde niveles medianamente tóxicos hasta muy tóxicos. El potencial de bioconcentración en organismos acuáticos, como los peces, debe ser considerado como muy elevado.

En vista de estos hallazgos, se subraya la importancia de continuar investigando para comprender de manera integral los posibles impactos de la sulfloramida en distintas especies y ambientes.

En este informe se evidencia la ausencia de datos de ensayos monoespecíficos sobre efectos tóxicos agudos y crónicos de sulfloramida en especies locales. Esta ausencia de información para estos grupos de organismos de interés regulatorio vuelve a remarcar la

necesidad de realizar estudios ecotoxicológicos en especies representativas de nuestro país.



# **Usos: mercado y prácticas agrícolas de la sulfluramida**

## Importación y exportación del principio activo y formulados asociados

Los datos sobre la importación y exportación de sulfloramida como principio activo (PA), obtenidos a través del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), confirman que al menos hace 15 años se comercializa este plaguicida en Argentina. El PA se importa al país para ser formulado como cebo granulado. Los productos formulados a base de sulfloramida son comercializados internamente, pero también son exportados a países limítrofes.

### Importaciones

A continuación se detallan las importaciones de sulfloramida realizadas desde el 2006 hasta el 2022, el país de origen y el uso declarado:

Año	Origen	Importación Kg/año	USD/año	USO
2006	Brasil	720	105.426,72	In
2007	Uruguay, Brasil	28.470	114.657,01	In
2008	Brasil	600	110.299,14	In
2009	Brasil	360	66.015	In
2010	Brasil	450	83.101,13	In
2011	Brasil	1.080	242.576,13	In
2012	Brasil	1.290	343.500	In
2013	Brasil	660	177.600	In-Ho
2014	Brasil	750	204.600	In-Ho
2015	Brasil	780	221.850	In-Ho
2016	Brasil	1.020	288.600	In-Ho
2017	Brasil	840	235.200	In-Ho
2018	Brasil	840	235.200	In-Ho
2019	Brasil	1.260	No hay dato	In-Ho

Referencias: In: insecticida, Ho: hormiguicida.

Fuente: La tabla fue elaborada con los datos publicados por SENASA.

**Tabla 4.** Importaciones de sulfloramida

El principal país desde el que se importó el principio activo es Brasil, con excepción del año 2007, en el que se importó un gran volumen desde Uruguay (27.990 kg/año). Entre los años 2006 y 2019 se importaron en total 39.120 kg de sulfluramida PA, con un promedio anual de 2.794 kg.

Entre los años 2006 y 2011, la sulfluramida se importaba como insecticida (In). Entre 2012 y el tabla 2019 se importó como insecticida- hormiguicida (In-Ho), lo puede estar relacionado con un uso principal para el control de hormigas.

Como se visualiza en la tabla, los flujos de importación son variables y es probable que estén relacionados con la demanda de uso del producto, la coyuntura económica del país y con el stock de productos o principios activos en las empresas.

En el registro de SENASA no se reportaron datos de importación de sulfluramida para los años 2020, 2021 y 2022, por lo que el principio activo no ingresó al país.

## Principios activos registrados

A continuación, se visualizan los principios activos que se encuentran registrados para la importación:

N° Registro	Empresa	PA	Concentración	País de origen
1266/1	UPL ARGENTINA SA	Sulfluramida	91	No hay dato
1037/1	ADAMA ARGENTINA SA	Sulfluramida	93	Brasil

Fuente: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Recuperada el 6 de noviembre de 2023.

<https://aps2.senasa.gov.ar/vademecum/app/publico/activos>

**Tabla 5.** Principios activos registrados

## Exportaciones

Una vez importado el principio activo, se realiza la formulación de los productos dentro del país. Esta formulación consiste en la fabricación de cebos con sulfluramida al 0,3%. Los productos abastecen la demanda interna pero también son exportados a Uruguay, Bolivia y Paraguay (Tabla 6). Entre 2006 y 2021 se exportaron en total 1.047.724,6 kg y en promedio 69.848,3 kg/año.

Año	DESTINO	Kg	USD	USO
2006	Uruguay	118.080	177.342,57	In
2007	Uruguay	101.215	160.768,7	In
2008	Bolivia, Uruguay	151.132,5	250.568,24	In
2009	Uruguay	118.600	205.462,28	In-Ho
2010	Bolivia, Uruguay	47.259,9	87.838,03	In
2011	Paraguay, Uruguay	84.716,7	170.877,66	In
2012	Uruguay	82.339,5	175.525,8	In
2013	Uruguay	40.902	90.894	In
2014	Uruguay	48.025	119.005	In
2015	Uruguay	31.650	79.038,8	In
2016	Uruguay	63.255	157.490,4	In
2017	Uruguay	36.813	90.467,1	In
2018	Uruguay	13.392	33.235,2	In
2019	Bolivia, Uruguay	47.604	No hay dato	In
2020	Uruguay	62.740	No hay dato	In

Referencias: In: insecticida, Ho: hormiguicida. Fuente: La tabla fue elaborada con los datos publicados por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria.

**Tabla 6.** Exportaciones de sulfloramida (Kg/año), país de destino y fines de uso

Entre 2006 y 2021 la sulfloramida se exportó como insecticida (IN), excepto el año 2009 que se exportó como insecticida-hormiguicida (In-Ho). Se destaca que se exporta principalmente a Uruguay, que cuenta con diversas problemáticas respecto a las hormigas cortadoras de hojas, especialmente en ecosistemas implantados (Sabattini, 2017).

Durante los años 2021 y 2022 no se registraron exportaciones de sulfloramida en la base de datos de SENASA.

## Tipos de formulaciones disponibles en Argentina

### Diversidad de los productos comercializados

Los productos formulados a base de sulfloramida para el control de hormigas cortadoras de hojas se comercializan bajo la forma de cebo granulado. Esta formulación hace factible que sean las hormigas obreras quienes se encarguen de levantar el gránulo y llevarlo al interior del hormiguero. Para facilitar ese proceso, los productos también incluyen algún tipo de atrayente.

Las empresas registradas en SENASA para la comercialización de formulados con sulfluramida, ofrecen sus productos en diferente tipo de envase (bolsas, talqueras, big bag, etc.) y con contenidos variables (gr, kg). Por ejemplo, existen presentaciones en bolsas de 1 kg, 30 kg y de 650 kg. En aplicaciones sistemáticas en el campo se pueden usar bolsitas (mipis) de 10 gr de cebo, mientras que en jardín se pueden utilizar portacebos plásticos diseñados para evitar que el cebo se moje por la lluvia y evitar que sea comido por los pájaros o animales domésticos (Fig. 7).



**Figura 7.** Portacebo plástico para dosificar cebo granulado en jardines o viveros.

A continuación, se presentan las principales empresas productoras de cebos granulados (GB) para el control de HCH y sus respectivos nombres comerciales (Tabla 7). Las presentaciones están registradas para uso en aplicaciones agrícolas, hortícolas y agroforestales.

Registro	Marca	Empresa	Principio Activo	Banda toxicológica
37369	MANCHESTER S	Feit y Olivari SA	SULFLURAMIDA 0,3%	II
35737	DELENTE MIREX	Laboratorios Delente SRL	SULFLURAMIDA 0,3%	II
35146	MIX HORTAL CEBO	Raúl Oscar Aguerre e hijos SA	SULFLURAMIDA 0,3%	IV
35145	MIREX ESPACIAL	Reopen SA	SULFLURAMIDA 0,3%	III
34947	HORMIFAV S	Domigro SA	SULFLURAMIDA 0,3%	III
34245	SULFA MIREX-S	Huagro SA	SULFLURAMIDA 0,3%	II

Fuente: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Recuperada el 21 de noviembre de 2023.  
<https://aps2.senasa.gov.ar/vademecum/app/publico/formulados>

**Tabla 7.** Empresas registradas que comercializan insecticidas formulados a base de sulfluramida

En todos los productos de venta se menciona a la sulfluramida 0,3% como agente de control de las HCH, tanto del género *Atta* como *Acromyrmex*. En los marbetes de los productos

comerciales se mencionan las dosis diferenciales según el género al que pertenecen las HCH.

## Empresas que comercializaban cebos granulados como “línea jardín”

Anteriormente, varias empresas comercializaban productos hormiguicidas de “Línea Jardín” formulados con sulfloramida como ingrediente activo, pero en la actualidad no se ha encontrado el listado de productos habilitados por SENASA.

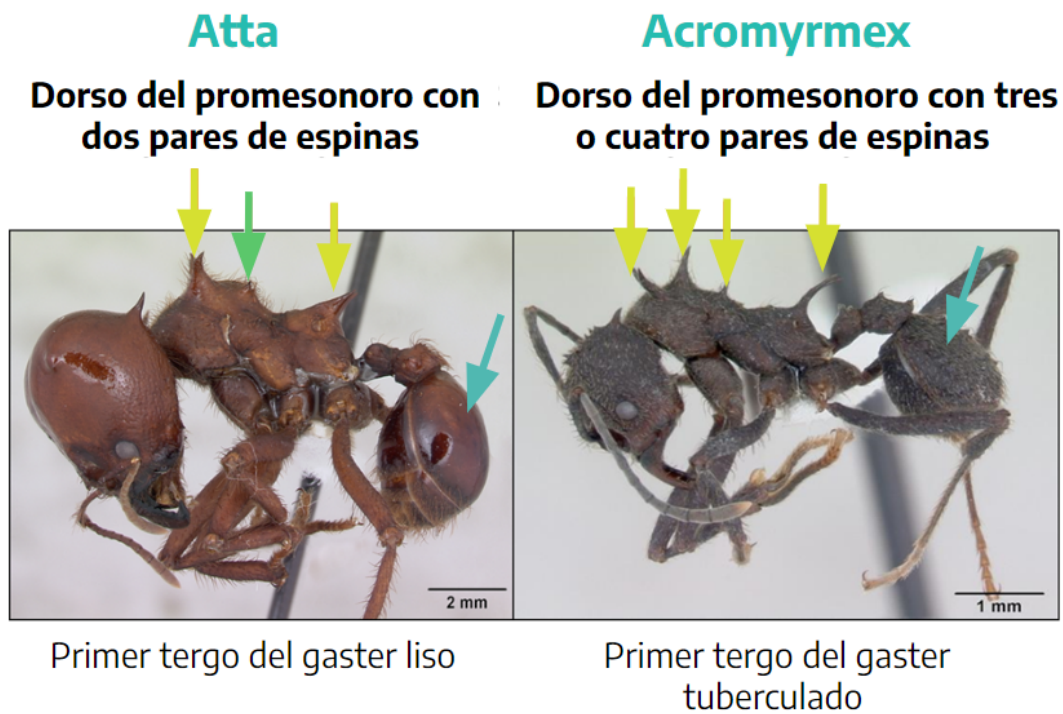
Los cebos granulados que estuvieron habilitados para línea jardín también presentaban con una concentración de 0,3% de sulfloramida. La diferencia principal con los productos comercializados para aplicaciones agrícolas, hortícolas o forestales radica en la cantidad de producto envasado. En línea jardín se comercializaban pequeñas cantidades que iban desde los 50 hasta los 600 gr, mientras que para aplicaciones extensivas, las cantidades comercializadas comenzaban a partir de 1kg.

En el pasado hubo unos pocos productos con sulfloramida comercializados para uso urbano- hogareño-domiciliario (hormiguicidas y cucarachicidas), que quedaban regulados según el vademecum de sustancias activas de ANMAT (Ministerio de Salud de la Nación). Según una consulta reciente al Departamento de Productos Domisanitarios de ANMAT (Abril 2023), en la actualidad no existen productos biocidas u otros que contengan sulfloramida con licencia de comercialización vigente en el vademécum de productos de uso doméstico.

## Principal uso de la sulfloramida: Hormiguicida

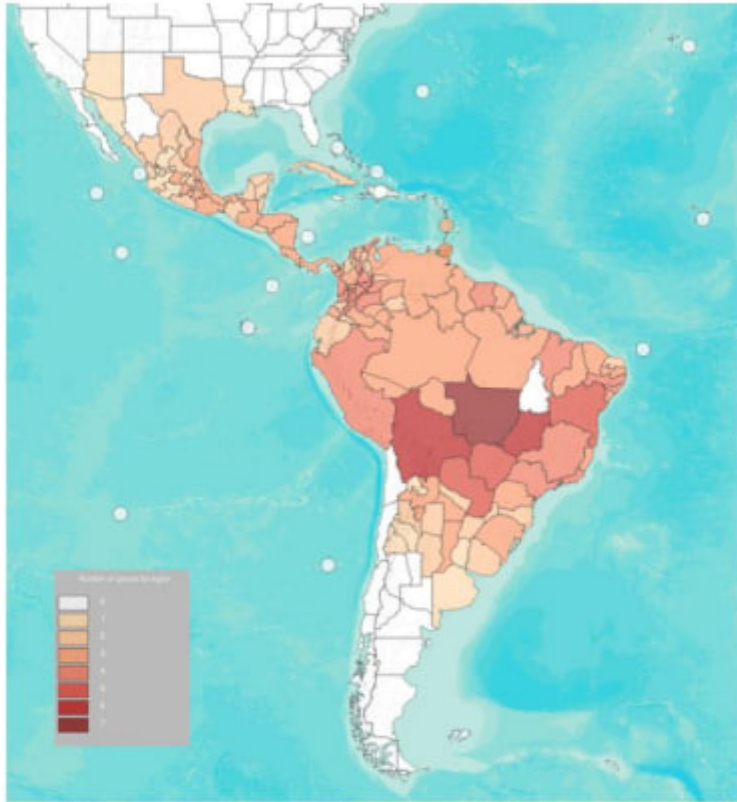
### Hormigas Cortadoras de Hojas (HCH)

Las hormigas de los géneros *Atta*, y *Acromyrmex* son conocidas como hormigas cortadoras de hojas (HCH) y pertenecen a la tribu Pheidolini (ex Attini) de la sub-familia Myrmicinae (Hymenoptera, Formicidae) (Ward et al., 2015), (Fig. 8).

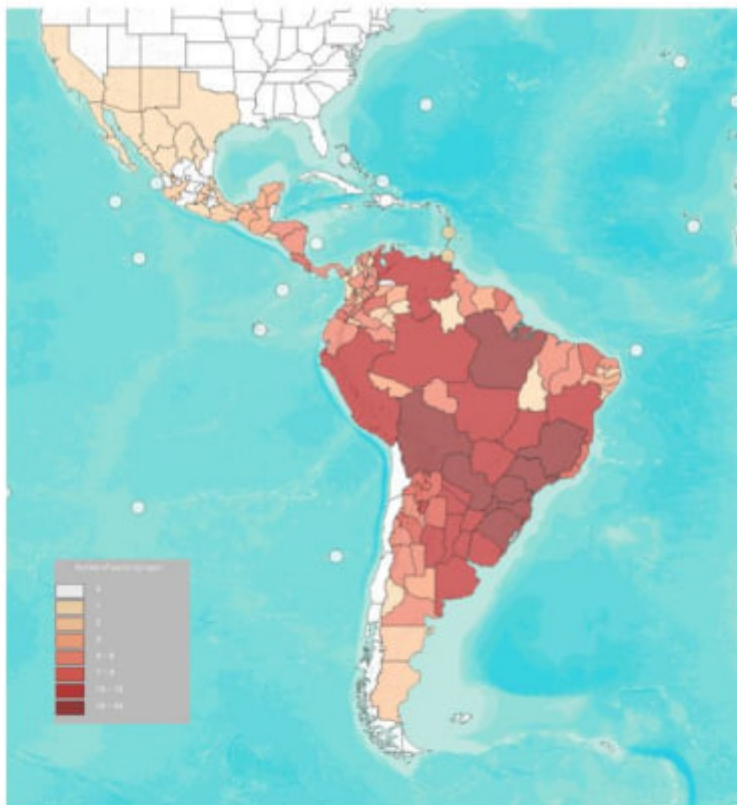


**Figura 8.** Características morfológicas que permiten diferenciar entre los géneros de hormigas cortadoras de hojas (HCH). Las flechas celestes señalan las características distintivas del gaster, liso en *Atta* sp. y tuberculado en *Acromyrmex* sp. Fuente: [AntWeb](#)

Las especies son originarias del continente americano y se distribuyen desde los 40° latitud norte hasta los 44° latitud sur (Farji- Brener, 1992). La riqueza de especies en *Atta* y *Acromyrmex* es mayor en los subtrópicos de Sudamérica, particularmente en el norte de Argentina, Paraguay, el sur de Brasil, Bolivia y Uruguay (Fowler 1983, Cherret 1989, Hólldobler y Wilson 1990).



**Figura 9.** Distribución de *Atta* sp. en el continente americano. Recuperado de [antmaps.org](http://antmaps.org).



**Figura 10.** Distribución de *Acromyrmex* sp. en el continente americano. Recuperado de [antmaps.org](http://antmaps.org).



Las HCH son insectos eusociales con división del trabajo y organización de los individuos en castas según la función que cumplen (reina, soldados, exploradoras, cortadoras, cargadoras y jardineras). Esto se evidencia en las variaciones morfológicas que presentan (Hölldobler & Wilson, 2009) (Fig. 11).



**Figura 11.** Castas sociales de *Atta* sp. Diferenciación morfológica de obreras, reina y alados. (Suen et al. 2011)

La comunicación entre las obreras se establece principalmente a través de feromonas, las cuales son producidas por glándulas exócrinas. Estas feromonas incluyen señales de reclutamiento, de alarma, de asociación, etc., cada una de ellas es producida ante determinadas condiciones, por ejemplo, las de reclutamiento son utilizadas por las obreras para marcar el camino a la fuente de alimento, mientras que las de alarma alertan acerca de algún peligro inminente (invasión de especies competidoras, enemigos, o algún problema en la honguera) (Folgarait & Farji-Brener, 2005). Las feromonas, así como los aleloquímicos cumplen un papel importante en la comunicación química entre las hormigas, porque regulan las actividades realizadas dentro de la colonia (Fernández et al, 2015).

Una colonia surge a partir de la fecundación de una hembra durante un vuelo nupcial. Luego de tres años de desarrollo, la colonia alcanza su madurez, estando lista para la producción de nuevos alados. Para producir estos alados la reina deposita huevos haploides sin fecundar que originan machos, mientras que los huevos fecundados diploides originan hembras. Los machos y las hembras salen de las colonias y forman enjambres, conocido como vuelo nupcial, donde se produce la cópula entre las hembras y los machos (Fernández et al., 2015).

Las HCH viven en una asociación simbiótica obligada con un hongo, *Leucoagaricus* sp (Basidiomycota, Lepiotaceae) (Currie et al., 1999a; Hölldobler & Wilson, 2009), el cual cultivan proveyéndoles de material vegetal que sirve de alimento tanto para las larvas como para la reina y el resto de los integrantes de la colonia (Hölldobler & Wilson, 2009; Fernández et al., 2015).

Las hormigas cortan y acarrean una gran diversidad de material vegetal fresco para el simbionte, tanto de crecimiento primario (plantas herbáceas) como secundario (plantas leñosas), por lo que se las considera como especies polifitófagas y consumidoras primarias (Fernández et al., 2015) (ver detalle de honguera en Fig. 12).



**Figura 12.** Masa de hongo simbionte de *A. lundii* (izq.), en etapa inicial de la fundación de colonia y masa de hongo simbionte de *A. ambiguus*, colonia adulta colectada a campo (der.)(Gorosito et al.)

El mantenimiento sanitario del hongo simbionte lo realiza una casta de obreras que produce antibióticos para la protección contra hongos patógenos y microbios (Currie et al., 1999b). Ante contaminaciones, las obreras pueden proceder a la limpieza y poda del hongo afectado y eliminación de esporas exógenas, comportamiento asociado conocido como “wedding and grooming” (Currie & Stuart, 2001). Otro comportamiento que se observa es el de autolimpieza (“selfgrooming”) y la limpieza de sus compañeras (“allogrooming”) (Hölldobler & Wilson, 2009).

Finalmente se menciona otro comportamiento dentro del hormiguero, que es la eliminación de desechos originados de la limpieza del hongo simbionte y partes muertas del mismo, restos vegetales descartados, hormigas muertas, todos estos residuos son acumulados en cámaras que luego se sellan o bien son sacados al exterior del hormiguero, según la especie de HCH (Fernández et al., 2014; Fernández et al., 2015). Se ha demostrado que estos residuos son más ricos en carbono orgánico y nutrientes que los suelos adyacentes a los hormigueros, originando un importante aporte de materia orgánica, interviniendo en el reciclado de nutrientes y en el establecimiento de la vegetación (Farji-Brener & Illes, 2000).

Las HCH son consideradas ingenieras del ecosistema porque a partir de la construcción de la red de túneles y galerías de sus hormigueros, modifican la estructura, porosidad y densidad del suelo, mejorando la penetración de raíces, la aireación y el drenaje (Farji-Brener & Tadey, 2009; Montoya-Lerma et al., 2012), generando condiciones que hacen posible el establecimiento de otros organismos vivos. Como ejemplo de esta actividad se cita el caso de la Patagonia Argentina, en donde a partir de la actividad de *Acromyrmex lobicornis* Emery, se producen parches de fertilidad que permiten el establecimiento de vegetación en esta región árida (Farji-Brener & Illes, 2000; Montoya Lerma et al., 2012).

## Problemática de las HCH

Las HCH son los principales organismos herbívoros en el Neotrópico, ocasionan las mayores tasas de defoliación que no puede causar ningún otro grupo de animales. En su accionar son capaces de remover aproximadamente el 15% de la producción total de hojas de los bosques húmedos tropicales (Cherret *et al.* 1989, Wirth *et al.*, 2003, Hölldobler y Wilson 2011, Fernández *et al.*, 2015).

Debido al hábito particular de cortar material vegetal fresco para el cultivo del hongo simbionte, las HCH causan serios perjuicios al sector agrícola y forestal y son consideradas la plaga agrícola más importante de la zona neotropical (Cherrett, 1986). Según varios estudios en Latinoamérica, 47 cultivos agrícolas y hortícolas son atacados por HCH (Fernández *et al.*, 2015). Sin embargo, no limitan su actividad a las producciones agrícola-forestales, sino que también cortan “malezas”, pastizales, especies ornamentales y de jardín (Guillade y Folgarait, 2015; Perri *et al.*, 2021, Gómez *et al.*, 2022).

Según datos del Censo Nacional Agropecuario (2018), del total de la superficie implantada (31.950.194,9 ha), los principales cultivos son oleaginosas (soja, girasol, maní), cereales (maíz, trigo, cebada), legumbres (poroto negro, garbanzo, poroto blanco), cultivos industriales (caña de azúcar, algodón, yerba mate), frutales (vid, limonero, olivo para aceite), forrajeras anuales (avena, sorgo, maíz), forrajeras perennes (principalmente alfalfa), bosques y montes implantados (pino, eucalipto, álamo). A las HCH se las considera polifitófagas y como tales, podrían ocasionar problemas a la mayoría de los cultivos antes citados. Es por ello que las HCH son objeto de todo tipo de mecanismos de control, entre los cuales se destaca el control químico (Guillade, 2013).

A continuación, se presentan algunos ejemplos de cultivos afectados por distintas especies de HCH.

Cultivo	Nombre común del cultivo	Órgano afectado	Especie HCH
<i>Carya illinoensis</i>	Pecán	Brotes, flores, hojas	<i>Acr. lundii</i> , <i>A. sexdens</i>
<i>Daucus carota</i>	Zanahorias	Brotes, hojas	<i>Acr. lundii</i>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>E. grandis</i> , <i>E. glubus</i>	Eucalipto	Hojas	<i>Acr. lundii</i> , <i>Acr. lobicornis</i> , <i>A. vollenweideri</i>
<i>Glycine max</i>	Soja	Plantulas, hojas y tallos	<i>Acr. lundii</i> , <i>Acr. lobicornis</i> , <i>Am. striatus</i>
<i>Helianthus annuus</i>	Girasol	Plántulas, hojas, tallos y capítulos	<i>Acr. lundii</i>
<i>Ilex paraguayensis</i>	Yerba mate	Brotes y hojas	<i>A. sexdens</i> , <i>A. vollenweideri</i>
<i>Linum usitatissimum</i>	Lino	Plántulas, tallos y hojas	<i>Acr. lundii</i>

<i>Olea europea</i>	Olivo	Brotes, flores y hojas	<i>Acr. lundii</i> , <i>Acr. lobicornis</i> , <i>Acr. heyeri</i> , <i>Acr. striatus</i>
<i>Pinus sp</i>	Pino	Brotes y hojas	<i>Acr. lobicornis</i> , <i>Acr. ambiguus</i> , <i>A. sexdens</i> , <i>A. vollenweideri</i>
<i>Populus sp</i>	Álamo	Hojas	<i>Acr. lundii</i> , <i>Acr. lobicornis</i> , <i>Acr. ambiguus</i> .
<i>Prosopis sp</i>	Algarrobo	Brotes y hojas	<i>Acr. lobicornis</i> , <i>Acr. striatus</i>
<i>Salix sp</i>	Sauce	Hojas	<i>Acr. lundii</i> , <i>Acr. lobornis</i> , <i>Acr. ambiguus</i>
<i>Vaccinium corymbosum</i>	Arándanos	Brotes, hojas y flores	<i>Acr. lundii</i>
<i>Vicia sativa</i> , <i>V. villosa</i>	Arveja, vezo	Brotes, hojas y tallos	<i>Acr. lundii</i>
<i>Vitis vinifera</i>	Vid	Brotes hojas y flores	<i>Acr. lundii</i> , <i>A. lobicornis</i> y <i>A. striatus</i> .
<i>Zea mays</i>	Maíz	Plántulas y hojas	<i>Acr. lundii</i> , <i>Acr. lobicornis</i>

Referencias: Acr.: *Acromyrmex*, Am.: *Atta*.

Fuente consultada: Sinavimo, Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de plagas.

**Tabla 8.** Ejemplos de cultivos afectados por distintas especies de HCH

Las HCH son un problema creciente en la viticultura, particularmente en producción orgánica y agroecológica (Becerra y Dagatti, Informe Técnico Instituto Nacional de Vitivinicultura).

Asimismo, el sector forestal también se ve afectado por las HCH, en particular las plantaciones jóvenes de las principales especies forestales (pino, eucalipto, álamo y sauce). El grado de daño que pueden causar las HCH dependerá de la densidad de hormigueros, del tamaño de los mismos, de la edad de la plantación, así como también de las condiciones ambientales al momento de la defoliación. Se sabe que las HCH pueden causar la muerte de gran número de plantas en plantaciones forestales jóvenes y, además, en corto tiempo (FAO 2006; Pérez 2009). Se cita a las HCH como una problemática crónica del sector forestal (Bollazzi, 2016), constituyendo uno de los principales problemas sanitarios para las forestaciones productivas, tanto en Brasil, Uruguay como en Argentina. El sector forestal, en nuestro país, es el principal usuario de la sulfluramida para el control de HCH.

En Argentina existen tres regiones forestales de gran importancia: la Mesopotamia, donde se predominan los cultivos de pinos y eucaliptos; la Patagonia, donde se producen pinos; y el Delta, que es la principal zona de producción de Salicáceas (sauce y álamo). Las especies forestales cultivadas con fines comerciales son seleccionadas por su alta tasa de crecimiento, entre otros factores, lo que hace que posean una menor concentración de defensas químicas y físicas que especies de crecimiento lento (Farji-Brener, 2001; Jimenez, 2019; Vasconcelos y Cherrett, 1995). Además, las principales especies forestales cultivadas son exóticas, por lo tanto, no han pasado por un proceso coevolutivo con las HCH, razón por la cual no presentan mecanismos de defensa específicas para evitar la herbivoría y el daño

sufrido es mayor (Montoya-Lerma *et al.*, 2012), más aún, teniendo en cuenta que las producciones forestales son monoespecíficas. En consecuencia, en las forestaciones las HCH ocasionan grandes daños particularmente en el período de implantación (12-18 meses en función de la especie forestal) y también en vivero (pino y eucalipto) o en estaquero (sauce y álamo), lo que sucede para todas las especies forestales cultivadas en nuestro país.

Según el último Censo Nacional Agropecuario (2018), del total de la superficie de bosques implantados, el 64,2% corresponde a pino, 26,5 a eucalipto, el 2,6% a álamo y en el 6,8% restante se incluye al sauce y algunas especies forestales nativas como algarrobo y pino Paraná.

Las defoliaciones repetidas producidas por las HCH en árboles de cultivo producen menor crecimiento de los mismos, y en algunas ocasiones, hasta la muerte de ejemplares jóvenes (Fernández *et al.*, 2015). En la Tabla 9 se presentan algunos ejemplos de los daños causados por HCH en pino y en sauce:

Especie vegetal	Especie de HCH	Densidad de hormigueros	Medición de daño	Autor/es
Sauce ( <i>Salix nigra</i> )	<i>A. lundii</i>	3 horm/ha	Reducción en diámetro, altura, volumen madera	Jimenez, 2019
Pino ( <i>P. caribaea</i> ) de menos de 10 años de edad	<i>Atta laevigata</i>	>30 horm/ha	50% menor volumen producido	Hernández y Jaffé, 1995
<i>Pinus spp</i>	<i>Atta sexdens</i>	5 horm/ha	14% pérdida de volumen de madera	Naccarata, 1983
Pino ( <i>Pinus taeda</i> )	<i>A. crassispinus</i>	4-11 horm/ha	100% defoliación con o sin eliminación meristema apical causaron 15% mortalidad de plantas en 6 meses	Nickele et al. 2012
Pino ( <i>Pinus taeda</i> )	<i>A. heyeri</i> <i>A. lobicornis</i>	20 horm/2,8 ha	20.8% mortalidad plantas jóvenes a los 60 d	Cantarelli et al., 2019
Pino ( <i>Pinus taeda</i> )	<i>Atta sexdens</i>	7,36 horm/ha	Reducción 4,4% de DAP, 19% en altura, 21% volumen madera y 31,2% mortalidad	Scherf et al., 2022

**Tabla 9.** Daño causado por HCH en plantaciones de sauce y pino

A partir de la información anteriormente citada, resulta evidente que en nuestro país, la problemática de las HCH está presente en especies forestales exóticas (pino, eucalipto, álamo, sauce), pero también se ha encontrado evidencia de afectación de cultivos anuales (zanahorias, brasicáceas, soja, girasol, sorgo, lino, arveja, maíz), en especies frutales (pecan, cítricos, arándanos, vid), en especies forestales nativas (algarrobo, pino Paraná) y en

especies industriales como la yerba mate. Sin embargo, en cultivos extensivos anuales (soja, maíz, etc.) las HCH parecerían estar controladas con la amplia gama de insecticidas (p.ej. piretroides) que se utilizan para controlar otras plagas, algo que no sucede en el sector forestal, donde son la plaga principal a controlar.

## Métodos de control de las HCH

Durante el año 2023 el grupo de trabajo participó en reuniones con varios sectores y cámaras de usuarios para el control de HCH, como diferentes empresas forestales, INTA de Montecarlo, representantes de CASAFE y consultores especialistas. Allí se debatieron las alternativas para el control de las HCH, la problemática de las limitaciones de productos para el control eficaz de dicha plaga, y los monitoreos de N-EtFOSA (pero no de sus derivados) en las plantaciones forestales donde se aplican productos basados en sulfluramida.

A lo largo de los años, se han utilizado diferentes métodos para combatir a las HCH, entre los cuales el control químico es el de mayor difusión en las diversas producciones agrícolas y en forestales cultivados.

La sulfluramida y el fipronil, son los productos más ampliamente utilizados como cebos granulados para el control de HCH, según surge del diálogo con productores del sector agrícola-forestal. Es importante mencionar que si bien existe la Resolución de SENASA N° 425/2021, donde se prohíbe la importación, formulación, fraccionamiento, comercialización y uso de formulados como suspensión concentrada y gránulos dispersables, no están alcanzados por esta normativa otras formulaciones como los cebos granulados.

## Métodos de control tradicionales de las HCH y sus consecuencias

Los plaguicidas sintéticos son efectivos, pero tienen efectos adversos ya sea a corto o largo plazo en el ambiente (suelos, aguas superficiales, subterráneas, el aire, especies no blanco) (Albert, 2004).

Para el control de las HCH también pueden utilizarse métodos mecánicos, que se basan en la remoción física de la reina y la destrucción del hormiguero. La principal limitante es el área en donde será utilizado ya que se puede llevar a cabo en superficies pequeñas y con colonias superficiales. Para una mayor eficacia de este método, las colonias deben ser incipientes, para asegurarse de encontrar a la reina, por lo que debe realizarse hasta tres meses después de ocurrido el vuelo nupcial (Fernández *et al.*, 2015), especialmente en especies del género *Atta* en las cuales las cámaras del hongo (“hongueras”) pueden localizarse a más de 2 m de profundidad en colonias maduras.

Otro de los métodos mecánicos utilizados es la mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos, la cual es esparcida arriba del nido y cubierta por una lámina de plástico. El objetivo es interrumpir el acceso y salida de las hormigas (Montoya Lerma *et al.*, 2012). Tiene en contra el uso de plástico no degradable.



Por último, en la producción de frutales como el pecan y cítricos, así como en ensayos a campo con plantas de sauce está muy difundida la barrera física como método de control de HCH. La misma consiste en una barrera de plástico y goma espuma externa que rodea al tronco del árbol a 50 cm del suelo (o más, dependiendo de la vegetación aledaña), lo cual impide el ascenso de las hormigas (Jiménez, 2019). Según los estudios realizados por Jiménez (2019) en relación al daño producido por las HCH en distintos clones de sauce, se demostró que los árboles con barreras como método de exclusión de las HCH presentaron una mayor supervivencia, mayor crecimiento en cuanto a su altura y diámetro que aquellos que no contaban con la presencia de la barrera en su tronco.

Si bien existen distintas alternativas para el control de HCH, que se podrían implementar simultáneamente en un manejo integrado (contempla monitoreo de densidad de nidos, especie de HCH, época de vuelos nupciales, método de control cultural), según de Britto *et al.* (2016), la mejor medida de control es el uso de cebos granulados, principalmente a base de sulfluramida.

Según los autores, hasta ahora no se ha desarrollado nada más efectivo y factible de utilizar como los cebos tóxicos. Sin embargo, conociendo la especie de HCH que afecta la plantación, la época de mayor actividad de corte de las mismas sería el mejor momento de aplicación de los cebos granulados, y así favorecer su eficacia, a la vez que se disminuye la cantidad de cebo aplicado (Bollazzi, 2016).

En las plantaciones forestales de Argentina y otros países de América, entre ellos Brasil, se utilizan cebos tóxicos a base de sulfluramida y fipronil (a pesar de su prohibición en Argentina). El fipronil y la sulfluramida se consideran plaguicidas altamente peligrosos debido a su toxicidad aguda para mamíferos y aves (Lemes *et al.*, 2016). Los productores forestales que certifican su producción bajo los estándares de la Forest Stewardship Council (FSC) se encuentran ante una gran problemática, dado que ambos plaguicidas han sido también prohibidos por la FSC, aunque el control químico de HCH siga siendo el más efectivo (Britto *et al.*, 2016).

En las plantaciones forestales, el modo en que se utilizan los cebos tóxicos varía según la superficie cultivada y/o superficie productiva de la explotación agropecuaria. La distribución de cebos granulados puede ser *dirigida* (aplicación directa en hormigueros identificados), *sistémica* (distribución uniforme de cebos/ha, sin tener en cuenta densidad de hormigueros, en general a dosis fija) o *mixta* (distribución sistémica de cebos y si se encuentran los hormigueros, aplicación localizada). Las plantaciones forestales son más susceptibles al ataque de HCH en vivero y al inicio de plantación definitiva, por lo tanto, el control de HCH será más intenso entre la etapa pre-plantación (preparación del terreno) y durante los primeros meses post-plantación. En algunas oportunidades se hace necesario algún "repaso" del control de hormigas, donde suele hacerse un control dirigido.

En relación al control de HCH con cebos granulados, la dosis a utilizar ya sea en aplicación dirigida, sistémica o mixta, diversos autores coinciden en dosis diferenciales según se trate de HCH del género *Acromyrmex* o *Atta* (Bouvet, 2021, Scherf *et al.*, Mousques, 2010, Perez, 2009).

Según los propios productores forestales, la mayor eficiencia de control de HCH la obtienen con cebos tóxicos granulados, aplicados al principio de la plantación de modo sistémico, y con un repaso localizado hasta finalizar el periodo crítico de implantación (12-18 meses dependiendo de la especie forestal).

## Manejo de las HCH sin uso de productos de síntesis química

Diferentes estudios bajo condiciones controladas de laboratorio han evaluado el control biológico como alternativa de manejo, especialmente mediante el uso de Dípteros parasitoides de la familia Phoridae. Los fóridos o moscas decapitadoras actúan a partir de la puesta de huevos sobre las hormigas forrajeadoras (colectoras), del mismo eclosiona una larva que se introduce al cuerpo de la hormiga y consume sus tejidos, causando su muerte (Fernández *et al.*, 2015).

En nuestro país están presentes varias especies de fóridos parasitoides y citados como enemigos naturales de las HCH (Guillade & Folgarait, 2011; Elizalde, 2015; Guillade & Folgarait, 2015). Sin embargo, aún no se ha implementado a campo ninguna metodología de control biológico, que por los fóridos nativos, debería ser del tipo aumentativo (requiere cría masiva de individuos y posterior liberación periódica) o del tipo conservativo (conservando condiciones naturales que favorezcan la presencia de los fóridos). Para el control aumentativo es necesario contar con un laboratorio de cría de parasitoides, lo que implicaría una inversión (costo), que el productor deberá contemplar.

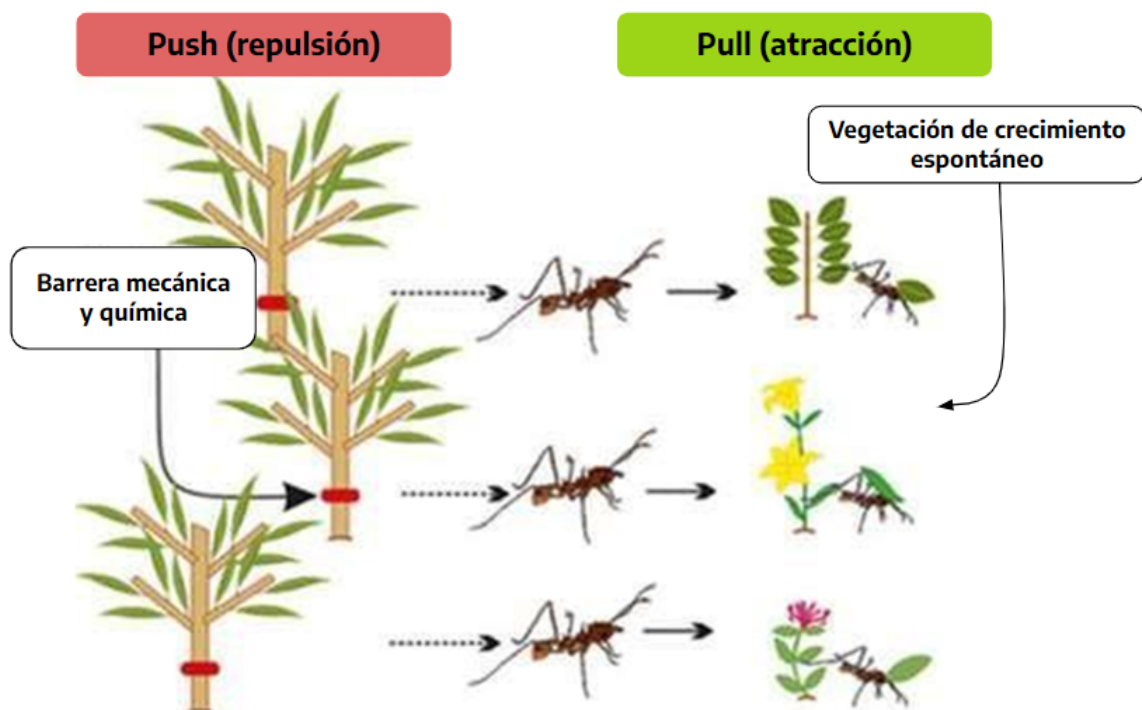
Los hongos entomopatógenos también han sido evaluados como posibles enemigos naturales de las HCH, entre ellos se han estudiado ampliamente *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) y *Beauveria bassiana* (Bálsamo) que producen la muerte de las obreras y eventualmente podrían ocasionar la muerte de la reina, si el patógeno logra dispersarse en toda la colonia (Fernández *et al.*, 2015). En laboratorio se ha observado la mortalidad de obreras de *Acromyrmex hispidus fallax* y *A. octospinosus* inoculadas con cepas de *B. bassiana* y *M. anisopliae* (Gorosito *et al.*, 2009). También se estudia el empleo de antagonistas del hongo simbiote, como *Trichoderma* spp y *Escovopsis* spp. (Lopez & Orduz, 2003, Folgarait *et al.*, 2011). Más allá de las investigaciones realizadas en laboratorio, algunos autores sostienen que los resultados aún no son consistentes (Fernández *et al.*, 2015). En Argentina se comercializa Mumtech-Nateien, un hormiguicida biológico a base de *B. bassiana*. Este último con una eficiencia de control reportada de 40-60%, y la necesidad de hacer un uso secuencial del cebo, y grandes volúmenes del producto.

Otra alternativa natural es la utilización de plantas con propiedades repelentes o insecticidas para las hormigas o que afecten al hongo simbiote. Según Boff *et al.*, (2016), la utilización de cebos de semillas de *Sesamum indicum*, reduce la actividad forrajera de *Atta sexdens rubropilosa* e inhibe el crecimiento del hongo simbiote. La especie tropical *Azadirachta indica* es una planta también utilizada para el manejo de plagas, ya que posee compuestos con múltiples efectos como repelencia, reducción de la fertilidad y fecundidad, cambios en el comportamiento y muerte en varios órdenes de insectos como Coleoptera, Diptera e Hymenoptera (Boff *et al.*, 2016). En este sentido, en Brasil se comercializa *Bioisca*, una isca a base de extractos vegetales, aprobada para cultivos orgánicos.



Por otra parte, Ballari & Farji-Brener (2006), encontraron que las HCH, *A. lobicornis*, evitan el contacto con plántulas rodeadas por residuos orgánicos de su propio basurero, y que el efecto tiene una duración de no más de una semana, aunque este efecto puede ser incrementado por alrededor de un mes, al utilizar residuos viejos o mediante una renovación frecuente de los mismos. Los autores sugirieron la utilización de estos residuos para el control de hormigas cortadoras a corto plazo (Ballari & Farji-Brener, 2006).

Siguiendo la línea de manejo de HCH sin uso de agroquímicos, Perri *et al.*, (2020) evaluaron en laboratorio el uso de repelentes-atractantes (herramienta *push-pull*, repeler la plaga del cultivo de interés y atraerla hacia otra parcela donde pueda encontrar otra alternativa vegetal (Fig. 13) en la búsqueda de modificar el comportamiento de las HCH, con resultados promisorios. Luego, Perri *et al.* (2021) evaluaron a campo en parcelas de sauce la herramienta *push-pull*, y las preferencias de las HCH por la vegetación de crecimiento espontáneo en las parcelas de sauce. El uso de la herramienta *push-pull* disminuyó el porcentaje de defoliación de las plantas de sauce. Por otra parte, las HCH consumen al menos 19 especies vegetales de crecimiento espontáneo. Los autores sugieren hacer un manejo diferente de los lotes con plantas forestales cultivadas, por ejemplo, hacer un uso agrosilvopastoril o agroforestal. Considerar la posibilidad de uso de las interlíneas, para favorecer el crecimiento de especies palatables para el ganado o bien sembrar especies hortícolas. Cabe recordar que las HCH prefieren espacios abiertos para la construcción de sus hormigueros, manteniendo el suelo cubierto y en uso, disminuiría la posibilidad de instalación de las HCH.



**Figura 13.** Herramienta Push (repeler)-Pull (atraer) para modificar el comportamiento de HCH. (Tomado de Perri *et al.*, 2021).

El kit consta de tres fórmulas y cada una contiene al menos dos agentes: uno que ataca a los animales y otro que ataca al hongo del cual se alimentan. Como se requieren sucesivas aplicaciones para controlarlas, es necesario un producto que las engañe y no puedan asociarlo con algo dañino.

# **Contexto social y productivo del uso de sulfloramida**

## Relevamiento

Se realizó una encuesta de aproximación a campo para obtener información de base para este informe. Esta estrategia hizo posible acceder al ámbito socio productivo para delimitar los campos de actividad implicados y formular hipótesis de trabajo. Se elaboró un cuestionario virtual de indagación autoadministrado, anónimo y de rápido procesamiento compuesto por preguntas simples y directas. La incorporación de casos se realizó con la técnica de “bola de nieve”<sup>8</sup>, invitando a personas ligadas a la actividad agrícola a responder preguntas sobre la presencia o no de la hormiga cortadora de hoja (HCH) en su región, cultivos afectados, tipos de soluciones implementadas y productos más utilizados para combatirla.

Entre el 6 y 21 de junio de 2023 se recolectó un total de 49 encuestas completadas. El perfil de los respondentes se compuso en un 80% por personas que se definieron como investigador/a, ingeniero/a agrónomo/a o productor/a, adscribiéndose el resto a otras categorías (empleado de unidad productiva, extensionista, funcionario público, técnico agrícola y otras). La mayoría de las respuestas provino de la provincia de Buenos Aires (29 casos = 59.1%), y el resto de Mendoza (7), Córdoba (3), Corrientes (3), Misiones (3), Río Negro (1), zona fronteriza Corrientes/Misiones (1), Ciudad Autónoma de Buenos Aires (1) y el Estado de San Pablo en Brasil (1).

## Diagnóstico

Con la información suministrada por las encuestas se consiguió identificar y caracterizar los perfiles de las actividades con uso relevante de sulfloramida y sustancias afines para combatir la HCH por regiones agrícolas. Se procedió entonces a contactar y entrevistar telefónicamente o de forma virtual a los respondentes del cuestionario que habían dado su conformidad. De esta forma se construyó el diagnóstico que se aporta en la Tabla 10.

---

<sup>8</sup> Biernacki, P., and D. Waldorf. 1981. Snowball sampling. *Sociological Research and Methods* 10:141–63.

Entrevistas realizadas entre el 21/06 y el 21/07 (2023)			
Provincia	Ocupación	Cantidad	Tipos de cultivo
Buenos Aires	Productor	2	Pradera, frutales, huerta
	Extensionista	1	Cereales, forrajes, oleaginosas
CABA	Ing. agrónomo	1	Jardines, parques privados, canchas de deportes
Córdoba	Extensionista	1	Cereales, forrajes, oleaginosas
Corrientes	Ing. forestal	3	Forestación
Misiones	Ing. forestal	1	Forestación
Entre Ríos	Ing. agrónoma	1	Forestación
Mendoza	Ing. agrónoma	2	Viñedos
	Entomóloga	1	Vid, frutales, huerta
Total		13	

**Tabla 10.** Entrevistas realizadas entre el 21/06/2023 y el 21/07/2023

## Información secundaria

A partir de las caracterizaciones construidas por las estrategias previas, y habiendo identificado los sectores productivos de mayor incidencia de uso de sulfloramida, se consultó bibliografía especializada de estudios agrarios y estadística oficial, en particular datos del Censo Nacional Agropecuario (CNA) de 2018.

## Resultados

### Incidencia de la plaga de HCH

Del relevamiento realizado, el 91,8% de los encuestados (45 casos) manifestó la presencia de la plaga de la hormiga cortadora de hojas (HCH, géneros *Atta* y *Acromyrmex*) en la zona donde desarrollan sus actividades agrícolas habituales. Estos resultados confirman la importancia de abordar este tema de investigación en diferentes regiones del país.

Asimismo, los resultados del relevamiento corroboraron las presunciones de este informe con respecto al impacto de la plaga en la actividad forestal (47%), la horticultura (44%) y la producción frutícola (40%). Como novedad apareció el efecto sobre la producción forrajera, y de plantas ornamentales, flores y jardín en la zona periurbana de Buenos Aires (11% en ambos casos). De modo marginal se mencionó también la producción de cereales y oleaginosas (7%) (Tabla 11).

Afectación / Actividad	Casos	%
Presencia regional de plaga HCH	45	91,8%
Actividad forestal	21	46,7%
Hortalizas	20	44,4%
Frutas	18	40,0%
Forrajes	5	11,1%
Ornamentales	5	11,1%
Cereales y oleaginosas	3	6,7%
Sin presencia regional de plaga HCH	4	8,2%
TOTAL <sup>9</sup>	49	100%

**Tabla 11.** Afectación de plaga HCH según actividad agropecuaria

## Prácticas de control de plagas

En cuanto a los tipos de soluciones implementadas para combatir la HCH, en el 60% de los casos relevados utilizan cebos granulados de colocación manual, el 31% realizan prácticas agroecológicas y preparados caseros, y el 16% aplican fumigaciones (Tabla 12).

Soluciones	Casos	%
Colocación de cebos granulados	27	60,0%
Prácticas agroecológicas	14	31,1%
Fumigaciones	7	15,6%
Otros soluciones (barreras físicas y formol)	2	4,4%
TOTAL	45	100%

**Tabla 12.** Tipos de soluciones implementadas contra plaga de HCH

Observando las soluciones implementadas en las principales actividades agrícolas afectadas por la HCH se observa, en primer lugar, que en todos los casos la estrategia predominante fue la colocación de cebos granulados. Esto da cuenta de una práctica generalizada entre regiones y actividades productivas diversas. En la actividad forestal el empleo de cebos granulados es preponderante, ya que la fumigación y las prácticas agroecológicas son poco significativas<sup>10</sup>. Por su parte, en horticultura se utilizan en buena medida los cebos granulados pero está muy vigente el uso de prácticas agroecológicas y soluciones caseras (colocación de arroz, polenta o cítricos y otras soluciones tradicionales como insecticidas líquidos, barreras físicas, formol y piretroides “en orificios”). Por último, en la producción de frutas, se observa que la proporción de utilización de cebos es superior a la aplicación de prácticas agroecológicas, que a su vez es más frecuente que el empleo de fumigaciones.

<sup>9</sup> Téngase en cuenta que la suma de los porcentajes parciales supera el 100% porque las opciones de respuesta no eran exclusivas. Las preguntas podían admitir más de una respuesta.

<sup>10</sup> Ver “Actividad forestal” en esta sección.

## Sustancias utilizadas para el control de HCH

Considerando los casos en que se declaró el uso de cebos granulados (27), la consulta sobre las sustancias de uso más frecuente en la zona produjo los siguientes resultados. Más de la mitad de los respondientes (56%) identificaron como más frecuente el uso de productos con contenido de *Fipronil* como principio activo. En segundo lugar, cercano a la mitad de los casos (48%) mencionaron los complementos derivados de *sulfluramida*. En menor medida (22%) el uso de agentes químicos con *Clorpirifós* (Tabla 13).

Sustancias y productos	Casos	%
Fipronil Mamboretá grillo, Formidor, Grillo Choice, Mirex Espacial Fipro, Mirex F, Formidor hormiguicida granulado	15	55,6%
<b>Sulfluramida</b> Hormifav S, Manchester S, Sulfa Mirex-S, Delente Mirex, Mix Hor-Tal, Mirex Sul Grhesa, Delente Mirex Jardín, Mamboretá Mirex, Mirex Espacial	13	48,1%
Clorpirifós Hormifav, Mirex Pro Grhesa, Huagro Hormi, Grhesation, Hormicygon, Hormiguicida líquido Manchester	6	22,2%
Ns/Nc	7	25,9%
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>100%</b>

Tabla 13. Sustancias de uso más frecuente en cebos granulados.

Asimismo, en cuanto a la consulta sobre combinación de cebos o sustancias entre sí, el 52% de los respondientes contestaron que “No” se combinan sustancias, el 15% que “Si” y el 30% Ns/Nc.

## Ámbitos socio-productivos con mayor incidencia de uso de cebos granulados

Con respecto al uso de cebos granulados para combatir las HCH se identificaron 3 (tres) grandes ámbitos socio productivos con características regionales y agrícolas definidas:

1. Grandes empresas forestales del Litoral, principalmente de Misiones y Corrientes, nucleadas en organismos de certificación.
2. Fruticultura en general y empresas vitivinícolas en particular, principalmente de Mendoza, ligadas en parte a organismos de certificación.
3. Pequeños horticultores periurbanos de Buenos Aires, Córdoba y otras provincias ligados o no a variadas organizaciones.

Asimismo, se detectaron casos de uso de sulfluramida en producción de flores ornamentales y en jardines domésticos urbanos, pero, debido a su dispersión y reducida extensión, su impacto no será considerado.

En términos relativos, estas tres actividades son marginales en la agricultura nacional, sumando en total el 4,8% de la superficie implantada del país según el CNA 2018, perteneciendo más de la mitad de esa proporción a la actividad forestal. En efecto, la actividad forestal es la que presenta el mayor impacto relativo de las tres, si tomamos en cuenta su extensión territorial.

	Superficie implantada		Unidades productivas		Superficie promedio (ha)
	ha	% total nac	totales	% total nac	
Hortalizas	139.585,6	0,39%	19.620	7,86%	7,1
Frutales	490.770,9	1,36%	28.319	11,34%	17,3
Bosques y montes implantados	929.106,1	2,57%	13.651	5,47%	68,1
<b>Total nacional</b>	<b>36.146.226,3</b>	-	<b>249.663</b>	-	-

Fuente: Censo Nacional Agropecuario 2018.

**Tabla 14.** Superficie productiva por tipo de cultivo en Argentina

Asimismo, el peso específico de estos cultivos se observa al considerar la cantidad de unidades productivas en que se desarrollan, donde el 11,3% de las explotaciones del país realizan algún tipo de producción frutícola, el 7,9% horticultura y el 5,5% actividad forestal. Esta situación dispar (gran cantidad de explotaciones con empleo relativamente bajo de superficie con cultivos) se expresa en el hecho de que las unidades productivas fruti-hortícolas y forestales tienen superficies promedio muy por debajo de la media nacional. En total estos porcentajes suman el 24,7%, es decir, casi 1 de cada 4 unidades productivas nacionales se dedican a actividades agrarias donde es posible el empleo de sulfuramida.

## Horticultura

La horticultura es la actividad agrícola con la menor superficie promedio, de 7,1 hectáreas, siendo más de 20 veces por debajo de la media nacional. La pequeña escala se combina con un uso intensivo de mano de obra y una alta rotación de cultivos.

El sector hortícola vivió una relevante re-estructuración a partir de la década de 1980, la cual tuvo como aspectos centrales la integración de mano de obra migrante de Bolivia, la implementación de nuevas tecnologías y prácticas, los procesos de diferenciación socio-productiva de las explotaciones y el desarrollo de nuevos mercados.



En los últimos años se ha acentuado la reducción de cantidad de explotaciones y de la superficie hortícola sembrada, la relocalización del territorio productivo hacia zonas algo distantes del área metropolitana y la consolidación de dos modelos o estrategias productivas bien diferenciadas: estrategia papera (monocultivo de variedades “pesadas”, en escalas de 20 a 100 ha, para consumo nacional y local); y estrategia quintera (producción diversificada en variedades “livianas”, para consumo local).

La estrategia quintera se caracteriza por desarrollarse en explotaciones de pequeña escala con baja inversión en materias primas y uso intensivo de mano de obra, primando el trabajo del grupo doméstico y/o familiar. Otra característica de peso es que, dado el carácter altamente perecedero de sus cultivos, esta modalidad de producción se desarrolla particularmente en los periurbanos de los principales centros urbanos del país (La Plata, región norte del AMBA, Rosario y Córdoba).

Es previsible que la sulfluramida se emplee más comúnmente en estos segundos sistemas de producción, dado que la siembra de cultivos múltiples es más propensa a la presencia de hormigas cortadoras.

De las entrevistas realizadas se evidencia que los cebos granulados son percibidos con naturalidad como una oferta lícita del mercado fitosanitario y son utilizados en este sector, aunque en diversidad de grados según los casos.

## Actividad forestal

Los bosques implantados o de cultivo están conformados casi exclusivamente por especies exóticas de rápido crecimiento. En la Argentina, se componen principalmente de pinos (54%), seguidos por eucaliptos (32%) y álamos y sauces (9%). Estos bosques se concentran sobre todo en la región de la Mesopotamia (Misiones, Corrientes y Entre Ríos) y el Delta del Río Paraná, pero también en Buenos Aires, Córdoba y Neuquén (CNA 2018).

Según datos del SENASA, aproximadamente el 2% del Producto Bruto Interno Nacional (PBI) corresponde a la industria forestal de base, lo que implica un rol significativo y potencialmente importante para las economías regionales.<sup>11</sup>

El Censo Nacional Agropecuario (CNA, 2018) registra 13.651 explotaciones agrícolas con producción agro-forestal. Esto da una superficie promedio de 68,1 ha por explotación, lo que supera por mucho el promedio de las unidades productivas fruti-hortícolas.

La mayor concentración de la producción nacional se registra en la región del Litoral, siendo Misiones la principal productora de variedades forestales (38% de la superficie y 78% de las explotaciones). En segundo término se encuentra la provincia de Corrientes (35% de la superficie pero tan solo el 7% de las unidades productivas). Este hecho pone en evidencia la presencia de explotaciones de grandes dimensiones (Tabla 15).

La región litoraleña argentina integra el cluster forestal de la triple frontera, junto con Paraguay y Brasil, siendo este último el principal productor forestal del mundo. Es necesario tener en cuenta que esta “macro área” presenta similitudes estructurales (dinámica

---

<sup>11</sup> Ver <http://www.senasa.gob.ar/senasa-comunica/infografias/>

productiva, actores económicos, integración regional) que pueden implicar influencias mutuas en el uso de la **sulfloramida**.

	Superficie (ha)	Unidades productivas (up)	Sup. Promedio
<b>Bosques y montes implantados</b>	929.106,1	13.651	68,1
<b>Pino</b>	596.024,7	9.587	62,2
<b>Eucalipto</b>	245.844,9	6.930	35,5

Fuente: Censo Nacional Agropecuario 2018.

**Tabla 15.** Bosque implantado en Argentina: Superficie productiva, distribución espacial y tipo de cultivo

Las principales variedades agro-forestales que se producen en Argentina son el pino y el eucalipto. La siembra del pino se realiza en un esquema de cultivo múltiple combinándolo con otras actividades agrícola-ganaderas de ciclo corto. Se utiliza mano de obra asalariada en condiciones de alta precariedad y el producto final se comercializa como insumo del sector maderero nacional. En general, el cultivo de eucalipto se da en grandes plantaciones y se usa como insumo para diversas actividades.

En 2012 la industria forestal generó unos 12 mil puestos de trabajo en todo el país y representó un ingreso de más de 800 millones de dólares en exportaciones destinadas principalmente al MERCOSUR, Chile y la Unión Europea. Los principales productos enviados a estos mercados fueron papel y cartón (45%), pastas (24%), madera (17%), productos editoriales (7%) y otros (7%).

En cuanto a la legislación, el Estado Nacional, a través de la Ley 25.080/98 de Inversiones para Bosques Cultivados, ha otorgado un impulso institucional para favorecer el crecimiento de esta actividad a través de aportes económicos no reintegrables, creando así un régimen de promoción tanto para las nuevas inversiones forestales como para la ampliación de aquellas ya existentes.

Por otro lado, es necesario destacar que, de acuerdo a las declaraciones de los /as ingenieros/as forestales consultados/as, la industria forestal argentina no podría subsistir sin la aplicación de cebos granulados para combatir las HCH. Estos profesionales fueron muy enfáticos al señalar la gravedad de la plaga para esta actividad y la ineficacia de otros métodos, a pesar de las pruebas realizadas. Téngase en cuenta que las empresas forestales utilizan estrategias sistemáticas que implican continuos esfuerzos de monitoreo, aplicación de cebos y control de la plaga. La tarea demanda mano de obra calificada, instalaciones adecuadas, equipos especiales de seguridad laboral y una organización bien estructurada.

Según las estimaciones brindadas por los/as entrevistados/as, la superficie del polo forestal mesopotámico oscila alrededor de un millón de hectáreas (aprox. 500 mil Corrientes, 400 mil Misiones, 150 mil Entre Ríos). Las cuadrillas de trabajadores (de 5 a 8 personas) se ocupan de localizar los nidos y carriles de las HCH distribuyéndose en las distintas parcelas o "rodales" de la plantación. Los rodales varían de 5 a 15 ha cada uno y

las plantaciones pueden variar desde 1000 a 4000 ha. Dependiendo de las condiciones del campo, los niveles de infestación, las etapas del cultivo y otros factores, un empleado puede hacer de 1,5 hasta 10 ha diarias de control inicial y duplicar o triplicar la superficie diaria en controles de repaso.

Este manejo comienza antes de habilitar un terreno para plantar y continúa hasta el segundo año después de la plantación. Un lote de 10 ha puede llevar, según la dosificación que corresponda en cada caso, desde 20 gramos a 3 kilos de cebo granulado por aplicación. El control químico de las HCH en las plantaciones forestales se realiza bajo estrictos requisitos: normas internacionales, autoridades fitosanitarias (SENASA, autoridades ambientales, organismos provinciales, etc.) y las entidades de certificación. Según el testimonio de los profesionales entrevistados, si alguno de los principios activos actuales de los cebos fuese censurado, la industria forestal necesitaría otros productos para controlar las HCH y mantener sus niveles de producción.

## Fruticultura

La producción frutícola en Argentina se desarrolla principalmente en regiones cordilleranas tradicionales con especialización de variedades, siendo Mendoza la principal provincia productora (190.841,3 ha totales).

La producción de frutas para comercialización en fresco ha sufrido una importante caída en la última década, reduciéndose de modo significativo la producción y la exportación de duraznos, peras, manzanas, mandarina, naranja y pomelo<sup>12</sup>. Por el contrario, se ha sostenido y aumentado la producción de limones, siendo la Argentina el primer productor mundial y el segundo exportador del mundo.

En lo que respecta a la comercialización de derivados o elaborados, se destaca la actividad vitivinícola, la cual cubre el 37% de la superficie con cultivos frutales (181.578,6 ha.) y el 49% de las unidades productivas (14.009 ha.).

## Vitivinicultura

La vitivinicultura es una actividad económica importante y se extiende principalmente en Mendoza, San Juan, La Rioja, Salta, Catamarca, Neuquén y Río Negro. La provincia de Mendoza es también la principal productora de vino del país, cuenta con más de 1.200 bodegas y es considerada como la capital del vino argentino. La historia de la vitivinicultura argentina se remonta a la época de la colonización, ya que el cultivo de la vid estaba estrechamente relacionado con las prácticas agrícolas de los colonos españoles.

Las explotaciones vitivinícolas se caracterizan por la producción de valor agregado en quinta, mediante el proceso de fermentación, producción y envasado de vinos y derivados. El carácter industrial diversifica los requerimientos y modalidades de la mano de obra,

---

<sup>12</sup> FRUTICULTURA ARGENTINA: Importancia y Características (2020). Disponible en: <https://www.revistainternos.com.ar/v2/wp-content/uploads/2021/04/FRUTICULTURA-ARGENTINA-Estudio-Comparativo-2009vs.2019-2-COMPLETO-FDA.pdf>

primando el trabajo asalariado y con empleo intensivo de trabajo estacional en temporada de cosecha.

Esta actividad tiene una importante y amplia inserción en mercados nacionales e internacionales. En el año 2021 se registraron valores totales de exportación de vinos y mostos que implican un aumento del 18,2% durante la segunda década del siglo XXI. Los principales destinos fueron Estados Unidos (27,5% del total de exportaciones), Reino Unido (15,2%), Canadá (8,1%) y Brasil (9,7%).<sup>13</sup> En todos los casos, las empresas que han conseguido insertar sus productos en el extranjero han tenido que responder a rigurosos estándares internacionales de calidad e inocuidad, siendo el Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV) el organismo regulador y el encargado de controlar la producción y la comercialización del vino en Argentina.

Según los referentes entrevistados, para combatir las plagas características de la vid, los viñedos convencionales usan regularmente insecticidas contra la polilla y la cochinilla. Estos métodos limitarían también la acción de las HCH y, por lo tanto, se usan cebos granulados en menor medida. En cambio, las bodegas orgánicas no usan ningún agente de síntesis química debido a las características de su producción, por lo cual se ven obligadas a utilizar métodos físicos (destrucción de hormigueros) y biológicos (hongos patógenos, verdeos en interfilar) para combatir las HCH, más costosos y menos efectivos.

La diferencia entre la industria forestal y la vitivinicultura es que la primera no puede subsistir sin el control químico de las HCH con cebos granulados, ya que el nivel de infestación es muy alto y otros métodos no son efectivos. En cambio, la vitivinicultura permite el uso de controles agroecológicos, aunque los mismos implican mayores costos y menor efectividad. Pero otros cultivos frutícolas, como muestran las encuestas, combaten también las HCH con cebos granulados.

## Agricultura extensiva

En el polo de mayor relevancia económica y extensión relativa de superficie cultivada, la agricultura extensiva de cereales, forrajeras y oleaginosas surge como un ámbito de poca implicancia comparativa de la HCH como plaga, de acuerdo a la información que recogimos a partir de las encuestas y las entrevistas. En este sentido, la agricultura extensiva se presentaría como un ámbito de menor posibilidad del uso de *sulfluramida*. Según los testimonios, “la HCH no es tratada como una plaga en la agricultura extensiva” y, si bien su presencia es detectada y considerada, la incidencia destructiva de la HCH en la actividad de cereales, forrajeras y oleaginosas no aparece como un factor preponderante. Es posible que los insecticidas que se usan regularmente para combatir las otras plagas que afectan específicamente a los cultivos extensivos actúen como freno para la HCH. Sin embargo, tal como se indica en otras partes de este informe, existe el uso de cebos granulados en el cultivo extensivo y recogimos el testimonio de un extensionista rural de la provincia de Buenos Aires que informó sobre el uso de *fipronil* y *cipermetrina* en esta actividad.

---

<sup>13</sup> Informe INV “MERCADO EXTERNO DE VINOS Y MOSTOS 2021”. Disponible en: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/10/informe\\_anual\\_exportaciones\\_2021\\_definitivo.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/10/informe_anual_exportaciones_2021_definitivo.pdf)

## Mercados y certificaciones

Las empresas forestales se encuentran principalmente dedicadas a los mercados de exportación por lo cual están subordinadas a estrictas exigencias regulatorias. Estas empresas, de gran escala y capitalización, tienen un interés declarado por cumplir los requerimientos legales como parte de su estrategia empresarial y se nuclean en general en entes certificadores que garantizan el cumplimiento de esas exigencias.

Según datos surgidos en las entrevistas del total de la superficie forestada del país, el 47% de las empresas está certificado bajo el estándar FSC® (Forest Stewardship Council). Este es un sistema de certificación forestal que promueve una “gestión ambientalmente responsable, socialmente beneficiosa y económicamente viable”.

Por su parte las empresas vitivinícolas participan tanto en mercados de exportación externos como en el mercado interno nacional y una parte de ellas, especialmente las bodegas orgánicas, están ligadas a entidades certificadoras para responder al mercado externo.

En el futuro, esto podría tener implicancias en cuanto a las exigencias solicitadas para exportar estos productos debido al uso de sulfloramida, particularmente al mercado europeo.

## Prácticas agroecológicas y sustentabilidad

Las prácticas agroecológicas estarían ocupando el segundo lugar como método contra la HCH (31% de las respuestas), en parte como una necesidad mercadológica y en parte debido al aumento de los valores colectivos basados en la sustentabilidad.

Las prácticas agroecológicas emplean procedimientos de bajo impacto para el ambiente y la salud. El control físico de los hormigueros insume mucha mano de obra y su costo es más elevado que el control químico. Se usan también hongos entomopatógenos, cultivos de servicio, jabón potásico, azufre y otros procedimientos. Las empresas forestales y vitivinícolas, junto con organismos públicos como el INTA, respaldan investigaciones científicas con este fin. Pero los horticultores periurbanos aplican métodos variados basados en soluciones caseras, creencias personales y experiencias propias. Existen también proyectos de fomento de la horticultura ligados a organismos nacionales e internacionales como el CFI o la FAO.

La sustentabilidad ha sido mencionada en las entrevistas como el foco de un cambio de paradigma motivado por el miedo al cambio climático, la reorientación de los planes de estudios universitarios y el aumento del grado de conciencia respecto a la problemática ambiental relacionada. Ingenieros /as agrónomos y forestales de 30 a 40 años declararon que ese cambio comenzó en la generación anterior a la suya y se ha profundizado en la generación actual.

La sustentabilidad fue definida por las personas entrevistadas como la intención de “asegurar los recursos existentes a largo plazo sin destruir lo que hay hoy” (Ing. agrónoma de empresa vitivinícola). En este sentido la conveniencia mercadológica de las empresas se

combina con la vocación y convicción de los profesionales que forman su plantel. Se suma a esto la ampliación de las demandas de salud y cuidado de la naturaleza por parte del público general. Todas estas influencias convergen en la intensificación del nuevo paradigma emergente.

## Medidas de comunicación y control

Según las entrevistas, el clorpirifós es utilizado por profesionales e investigadores, a pesar de que fue prohibido oficialmente por SENASA (resolución N° 414/2021). Teniendo en cuenta que la prohibición del uso de productos fitosanitarios formulados a base de clorpirifós metil y etil comenzó a regir a finales del 2022, es probable que el uso actual de este insecticida esté vinculado al inventario remanente en circulación.

Los testimonios de los entrevistados describen un alto nivel de desinformación de la población en general sobre el uso de los agentes químicos fitosanitarios. Asimismo, según las mismas fuentes, los cuidados requeridos en la manipulación y el descarte de los envases utilizados son deficientes en el ámbito del trabajo rural. Esto pone en evidencia la importancia de incluir a los colegios profesionales y a los núcleos de productores como destinatarios de medidas específicas de comunicación.

En este sentido, resulta importante elaborar una estrategia de comunicación que permita la interacción entre los actores involucrados en temas fitosanitarios. Esta estrategia podría articular el sector público y privado a nivel nacional y provincial, asegurando un intercambio sobre las novedades y actualizaciones sobre el uso y prohibiciones de estos productos.

## Conclusiones parciales

- La colocación de cebos granulados para combatir las HCH es una práctica generalizada en las distintas regiones y actividades productivas del país.
- Actualmente, en la actividad forestal el empleo de cebos granulados es indispensable para la existencia de la industria.
- La fruticultura y la horticultura admiten parcialmente, además de los cebos granulados, el uso de métodos agroecológicos y soluciones caseras para sostener la actividad.
- Los productos de cebos granulados en base a *fipronil* y *sulfloramida* son los más usados.
- Los ámbitos socio productivos más afectados por la HCH y el uso de cebos granulados son:
  - Grandes empresas forestales del Litoral
  - Fruticultura y viñedos
  - Horticultura periurbana
- La agricultura extensiva de cereales, forrajeras y oleaginosas no se ve afectada, en general, por la HCH como plaga.
- Frente a la posibilidad de eliminar el uso de agentes químicos fitosanitarios en base a *sulfloramida*, se hará necesario contar con sustitutos y elaborar una estrategia general que articule transversalmente en un sistema de comunicación y control a todos los actores involucrados.

# Tecnologías alternativas

# Tendencias actuales en la sustitución de sulfloramida por otros ingredientes activos insecticidas

La ANMAT (2023) incluye productos con sulfloramida en su listado de productos plaguicidas (grupo "Insecticidas y Raticidas") autorizados, actualizado a Septiembre de 2021.

En abril de 2023, el único producto a base de sulfloramida que figuraba con autorización vigente en ese listado es un cebo hormiguicida en gel de venta libre, conteniendo SFA 0,2% como único ingrediente activo, con vigencia hasta ese mes.

Como referencia, en 2014 el organismo informaba 13 productos registrados y autorizados con sulfloramida (totalizando 48 productos comerciales) para usos como hormiguicida y cucarachicida, la gran mayoría en forma de gel, 8 de venta libre y 5 que solo podían ser aplicados por servicios profesionales (ANMAT, 2014).

Ante la consulta a la Jefatura de la oficina de Domisanitarios de ANMAT (17 de Abril 2023), se informó que en la actualidad no existe ningún producto de uso urbano-domiciliario basado en sulfloramida que posea permiso legal de comercialización como domisanitario en Argentina, según los regímenes administrativos y normativos de ANMAT (Ministerio de Salud de la Nación).

La tendencia de los últimos 10 años indica que la sulfloramida se está dejando de comercializar, por lo menos a nivel profesional. Prueba de ello es el vencimiento de los productos autorizados sin producirse extensión ni autorización o registro de nuevos productos.

Por ejemplo, uno de los últimos productos del vademécum de plaguicidas domisanitarios de ANMAT (Hormixan, exclusivo para uso profesional) ha sustituido el ingrediente activo sulfloramida por una combinación de FIPRONIL 0,001% y PIRIPROXIFEN 0,5% (vencimiento de registro, agosto 2025)<sup>14</sup>.

Del relevamiento realizado en el Vademecum de SENASA (Tabla 16) se han identificado varios ingredientes activos con aptitud hormiguicida como posibles productos alternativos al empleo de sulfloramida.

Por otra parte, se dispone de un producto insecticida biológico o biopesticida como el hongo ascomiceto *Beauveria bassiana*, que controla un gran número de parásitos de las plantas como orugas, termitas, moscas blancas, hormigas, áfidos, escarabajos y tisanópteros. El producto se comercializa como Mum Tech Cebo *Beauveria bassiana* (concentración de 0,05%) con 1 presentación comercial de banda toxicológica IV siendo un entomopatógeno. Por otro lado, se han realizado trabajos de investigación, aislamiento y

---

<sup>14</sup>Fipronil, clase II de peligrosidad (moderadamente peligroso), NIH, 2023.

Piriproxifen (piridina, éter aromático), LD50 (oral, rata) >5 g/kg, clase IV de peligrosidad, NIH, 2023; ECHA, 2012).



caracterización de hongos del género *Escovopsis*, debido a que poseen acción de biocontrol sobre el hongo mutualista *Leucoagaricus gongylophorus* (Möller) Singer del cual se alimentan las colonias de hormigas. En consecuencia, el género *Escovopsis* se cita como posible agente biocontrolador frente a las hormigas cortadoras de hojas (Bich et al.,2020).

Para uso domisanitario, también se identifican en el listado varios principios activos de uso autorizado con aptitud hormiguicida que se encuentran dentro de la línea jardín (LJ) para comercialización en Argentina.

Además, en el listado figuran productos considerados altamente peligrosos como el fosfuro de aluminio (concentración de 56-57 %) (banda toxicológica Ia). Es un fumigante sólido que genera gas fosfina en presencia de humedad ambiente. Este gas extremadamente tóxico, se difunde fácilmente y presenta un alto poder de penetración. Debido a estas características tóxicas, no puede ser considerado un producto seguro de reemplazo a la sulfluramida.

Es importante aclarar que se prohibió la elaboración y el fraccionamiento de productos fitosanitarios formulados en la presentación Suspensión Concentrada (SC) o Gránulos Dispersables (WG) que contengan la sustancia activa fipronil en su composición a partir de enero de 2022 (Resolución SENASA 425/2021). El Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) consideró que el uso agrícola de dichas presentaciones del producto (SC y/o WG) representan un riesgo para las abejas silvestres y melíferas. Sin embargo, se encuentran habilitadas otras formulaciones como los cebos granulados con el principio activo fipronil.

N° registro SENASA	Marca	Empresa	Principios Activos	Banda toxicológica
40323	CROPMAX FOSFURO ALP	CROPMAX SA	FOSFURO DE ALUMINIO 56%	Ia
38336	FERRERO FOSFURO UPL	ALFREDO FERRERO SRL	FOSFURO DE ALUMINIO 56%	Ia
35613	GORPHOS IN	UPL ARGENTINA SA	FOSFURO DE ALUMINIO 56%	Ia
33387	ASCARISCIER FOS-KILL	COMPAÑÍA ASCARISCIER SA	FOSFURO DE ALUMINIO 56%	Ia
33216	QUICKPHOS	UPL ARGENTINA SA	FOSFURO DE ALUMINIO 56%	Ia
32817	POSTFURO	POST COSECHA SRL	FOSFURO DE ALUMINIO 56%	Ia
32680	PHOSTEK	FUGRAN COMERCIAL E INDUSTRIAL SA	FOSFURO DE ALUMINIO 57%	Ia
32228	NEOTOXIN	NEOPHOS SA	FOSFURO DE ALUMINIO 57%	Ia
31731	ALUFOS	BORCHES Y CIA SA	FOSFURO DE ALUMINIO 56%	Ia

35104	GLEX S	GLEBA SA	FENITROTION 20%	II
34320	MOSPILAN ST	SUMMIT AGRO ARGENTINA SA	ACETAMIPRID 70%	II
41076	HUAGRO HORMIX C	HUAGRO SA	CIPERMETRINA ,5%	III
40899	DELENTE MIREX	LABORATORIOS DELENTE SRL	FIPRONIL ,003%	III
40203	FIPRO CAMPO	CAMPO CROP S.A.	FIPRONIL ,003%	III
39907	MIREX TROYA HUAGRO	HUAGRO SA	FIPRONIL ,003%	III
37950	HUAGRO TOX	HUAGRO S A	ABAMECTINA ,011%	III
36975	HORMIXAN MIREX	PUNCH QUIMICA SA	ABAMECTINA ,05%	III
36304	FIPROMIREX	HUAGRO S A	FIPRONIL ,003%	III
35188	EL MATACO PLUS	INDUSQUIM SRL	FENITROTION 2%	III
32909	YARARA F	MARCELO ALLEMANDI SA	FENITROTION 2%	III
30274	MATAHOR GLEX	GLEBA SA	FENITROTION 2%	III
41146	MYRMEC FIPRO	TECNO SENDA S.R.L.	FIPRONIL ,003%	IV
40371	CIBUS-H	ACAY AGRO SA	FIPRONIL ,003%	IV
40205	MIXHOR-TAL USO AGRICOLA	RAUL OSCAR AGUERRE E HIJOS SA	IMIDACLOPRID ,05%	IV
39904	MIREX F AT	SYNTEK CHEMICAL SA	FIPRONIL ,003%	IV
39856	MIREX DAARGUS FIPRO	REOPEN SA	FIPRONIL ,003%	IV
39703	MUM TECH CEBO	AGRO ADVANCE TECHNOLOGY S.A.	BEAUVERIA BASSIANA ,05%	IV
38072	HOR-TAL eFe Uso Agrícola	RAUL OSCAR AGUERRE E HIJOS SA	ALFACIPERMETRINA/ALFAMETRINA ,5%	IV
37469	HOR-TAL USO AGRICOLA	RAUL OSCAR AGUERRE E HIJOS SA	CIPERMETRINA ,2%, DELTAMETRINA ,46%	IV
36648	GLACOXAN H	PUNCH QUIMICA SA	IMIDACLOPRID ,25%	IV
34718	FORTEC	LOBATO RODOLFO ANIBAL	FIPRONIL ,003%	IV
33569	FORMIDOR	BAYER SOCIEDAD ANONIMA	FIPRONIL ,003%	IV

32910	DUAL F	MARCELO ALLEMANDI SA	FENITROTION 2%	IV
LJ 00515	HORMIFE	REOPEN SA	CIPERMETRINA ,5%	III
LJ 00512	DELENTE MIREX	LABORATORIOS DELENTE SRL	FIPRONIL ,003%	III
LJ 00511	HUAGRO HORMIX F	HUAGRO SA	FENITROTION 2%	III
LJ 00501	MANCHESTER MIREX-F	FEIT Y OLIVARI SA	FIPRONIL ,003%	III
LJ 00113	ESPACIAL F	REOPEN SA	FENITROTION 2%	III
LJ 00519	GLACOXAN E	PUNCH QUIMICA SA	DELTAMETRINA 1%	IV
LJ 00518	MYRMEC JARDÍN	TECNO SENDA S.R.L.	FIPRONIL ,003%	IV
LJ 00516	HORMIXAN MIREX F JARDÍN	PUNCH QUIMICA SA	FIPRONIL ,003%	IV
LJ 00507	ESPACIAL FIPRO	REOPEN SA	FIPRONIL 1%	IV
LJ 00504	MIREX DE ALLEMANDI S.A.	MARCELO ALLEMANDI SA	FIPRONIL ,003%	IV
LJ 00503	HUAGRO D HOR-MIX	HUAGRO SA		IV
LJ 00500	MIREX GLEX	GLEBA SA	FIPRONIL ,003%	IV
LJ 00492	CIBUS-H LINEA JARDIN	ACAY AGRO SA	FIPRONIL ,003%	IV
LJ 00490	GELTEK	CHEMOTECNICA SOCIEDAD ANONIMA		IV
LJ 00483	MIREX F	SYNTEK CHEMICAL SA	FIPRONIL ,003%	IV
SE-439	MYRMEC FOR EXPORT	TECNO SENDA SRL	FIPRONIL ,003%	NO CLASIFICADO

**Tabla 16.** Consulta productos formulados con aptitud hormiguicida (Vademecum SENASA, Junio 2023).

En el estudio realizado por Testolin et al. (2012), se presentaron datos experimentales acerca de la ecotoxicidad acuática del formicida Macex®, una sustancia relativamente nueva. Las pruebas biológicas sugieren que el Macex® podría catalogarse como un producto de baja toxicidad. No obstante, para obtener una comprensión más completa de este formicida en su entorno, es crucial llevar a cabo diversos estudios centrados en las vías de degradación de sus componentes, su liberación continua y persistencia, así como posibles efectos crónicos y genotóxicos. A partir de estas investigaciones Macex® podría ser considerado como un sustituto de la sulfluramida.

## Recomendaciones y propuestas

Las políticas públicas que puedan diseñarse y aplicarse orientadas a evitar o disminuir el uso de sulfloramida deben orientarse desde distintos enfoques, de forma articulada y complementaria entre ellos, para asegurar un impacto.

Se proponen en principio 4 (cuatro) líneas de acción: comunicación, incentivos positivos, extensión, acompañamiento técnico, y desarrollo de conocimiento.

En primer lugar, comunicar de modo eficiente y claro las medidas, condiciones, fundamentos y direccionalidad de las medidas tomadas es fundamental para un impacto positivo. Por otro lado, será preciso apoyar procesos socio-productivos de transición tecnológica mediante acompañamiento técnico. A esto debe sumarse el desarrollo de incentivos selectivos económicos y no económicos al sector agropecuario. Por último, dadas las limitaciones del conocimiento existente en la materia, será preciso generar nueva evidencia específica sobre prácticas, efectos toxicológicos y ecotoxicológicos, tecnologías y procesos agro-ecológicos para el control de la plaga de HCH.

En este sentido, y focalizando en las actividades identificadas como principalmente vinculadas al uso de sulfloramida, se deben considerar en todo momento la diversidad entre los territorios y las prácticas productivas de la horticultura, fruticultura y actividad forestal, las especificidades sociales, ambientales y productivas de los territorios y las variedades agrícolas implicadas.

### Comunicación

Sería recomendable que de aplicarse medidas de prohibición y/o restricción de sulfloramida, ésto sea acompañado de una campaña de comunicación institucional en distintos medios físicos y virtuales, con el objetivo de generar conciencia tanto en productores y trabajadores agrarios como público general sobre el impacto ambiental y en la salud por el uso de sulfloramida.

Esta campaña debería basarse en diversos productos gráficos y audiovisuales, con una difusión focalizada según el público determinado. Los productos deben ser de comunicación visual sencilla, aportar consignas claras sobre las medidas adoptadas y su alcance.

También, con este enfoque diferencial, sería pertinente que exista una línea de comunicación direccionada al público que utiliza productos con sulfloramida en sus hogares, la cual debería hacer hincapié en el cuidado y uso seguro de este tipo de productos.

## Incentivos positivos

Además del aspecto comunicacional, sería pertinente aplicar incentivos positivos para el manejo seguro de sulfloramida, por un lado, y la adopción progresiva de alternativas por otro.

En este sentido, cualquier política pública que busque disminuir los posibles impactos de la sulfloramida en el ambiente y la salud de los seres vivos debe plantearse, en principio, desde el acompañamiento a productores, trabajadores y comercializadores agrarios en los procesos de adopción tecnológica.

La prácticas del no uso de sulfloramida también pueden ser incorporadas por los organismos de regulación o control y ser difundidas entre entidades privadas de certificación como Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)<sup>15</sup>, procurando su incorporación en las condiciones de acceso a certificaciones de origen o práctica productiva. Estas certificaciones son muy relevantes en la actividad forestal y en la fruticultura<sup>16</sup>.

A nivel nacional, en articulación entre organismos públicos y privados, se ha creado la Red BPA como *“un espacio de diálogo y consenso con más de 90 instituciones públicas y privadas de Argentina que desarrollan diversas actividades en relación a las Buenas Prácticas Agropecuarias (BPA)”*<sup>17</sup>. Desde allí, se han generado espacios de intercambio de experiencias, manuales para decisores y campañas de concientización para productores y comerciantes.

En particular, el documento *“Recomendaciones para normativas de departamentos, municipios y partidos que regulen sobre aplicaciones de productos fitosanitarios”*, elaborado por la Red BPA, brinda una buena base común de amplio consenso entre instituciones de referencia sectorial.<sup>18</sup>

Además, sería necesario reforzar y/o incluir incentivos particulares, como pueden ser la convocatoria a entidades de referencia, beneficios fiscales, acceso a mercados selectivos, entrega de recursos económicos o acceso a tecnologías.

## Acompañamiento técnico

Como todo proceso de adopción de tecnologías y prácticas productivas, la difusión de usos alternativos a la sulfloramida requerirá de un acompañamiento técnico especializado,

---

<sup>15</sup> Las BPA son definidas como *“una manera adecuada de producir y procesar los productos agropecuarios para que cumplan con los requerimientos necesarios para una producción sana, segura y amigable con el ambiente”*

<sup>16</sup> <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/buenas-practicas-agricolas-bpa>

<sup>17</sup> <https://redbpa.org.ar/que-es/>

<sup>18</sup> Entre las organizaciones fundacionales de la red se encuentran la el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Apresid, ArgenBio, Aacrea, Asagir, ASA, la Bolsa de Cereales porteña, Carbio, Casafe y Fertilizar entre otras.

particularmente en aquellos sectores y territorios donde prime la producción de subsistencia, familiar o de pequeña escala (como es el caso de la horticultura).

Argentina tiene desarrollada una importante plataforma nacional para el desarrollo de agendas de extensión rural. El agente principal de esta plataforma es el Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuarias (INTA), mediante sus más de 350 agencias y/o unidades de extensión rural repartidas por todo el país.<sup>19</sup> Esta institución, con más de 40 años de trayectoria en la materia, hace una diferencia en sus intervenciones de extensión para producción de autoconsumo, actividad agro-ganadera en minifundio, agricultura familiar, entre otros tipos de producción agropecuaria).

En todos los casos se desarrollan proyectos focalizados en las necesidades socio-productivas locales, de los cuales participan productores/as, gobiernos provinciales, municipales, ministerios nacionales, universidades, ONG, entre otras entidades.

Las agencias provinciales de agricultura y ganadería, las cuales en general disponen de dependencias específicas por tipos de producción y sujetos sociales, son un segundo eslabón de la red nacional de extensión rural. Un tercer eslabón son las cátedras, proyectos y programas de extensión desarrollados por los centros universitarios tanto públicos como privados, a lo ancho y largo del país.

Una buena estrategia de acompañamiento sería la incorporación del uso responsable y manejo acorde a un reemplazo progresivo de la sulfloramida en los programas desarrollados por las distintas agencias o entidades, según corresponda.

## Desarrollo de conocimiento

En el plano del desarrollo tecnológico y de evidencia científica asociado a medidas de regulación del principio activo sulfloramida, debería fomentarse la investigación y las experiencias de prácticas alternativas y/o agro-ecológicas para el control de plagas de HCH en diversas actividades y regiones agrícolas. Para ello, se podría realizar un concurso de financiamiento abierto a la comunidad de ciencia y tecnología, con módulos diferenciados entre investigación de impacto, experiencias en curso y propuestas experimentales. En todos los casos, siempre es recomendable fomentar la participación de los productores y productoras mediante incentivos selectivos positivos (certificaciones, intercambios de experiencias y acceso a recursos y tecnologías).

Además, también es importante realizar estudios toxicológicos y ecotoxicológicos locales que puedan, en principio, evidenciar la presencia y efectos de sulfloramida y sus derivados en seres vivos, e incluso eventualmente poder desarrollar niveles guía determinados.

---

<sup>19</sup> <https://www.argentina.gob.ar/inta/sedes>

# Conclusiones

La gran familia de sustancias que componen las PFAS han generado preocupación desde hace décadas por sus efectos negativos en la salud de los seres vivos y el ambiente. Entre ellas se encuentra el PFOS y compuestos relacionados que presentan elevada persistencia, toxicidad, bioacumulación en las cadenas alimentarias y capacidad de transportarse grandes distancias desde el punto de aplicación. Por este motivo, es considerado un Contaminante Orgánico Persistente (COP) incluido en el Anexo B del Convenio de Estocolmo. A su vez, muchos países han aplicado restricciones aún más estrictas para casos particulares.

Sin embargo, el número tan amplio de sustancias que conforman este grupo y las que puedan surgir por degradación o transformación de las mismas en el ambiente, dificultan tanto su estudio como el diseño de políticas públicas orientadas a la disminuir su presencia en las distintas matrices ambientales. Por ello mismo, también es complicado el diseño y aplicación de restricciones.

A su vez, la degradación de estas sustancias implica la transformación en formas aún más tóxicas y/o riesgosas.

Tal es el caso de la sulfluramida, un producto utilizado para el control de hormigas cortadoras de hojas, que si bien no es una sustancia alcanzada por el Convenio de Estocolmo, para su producción se utiliza PFOS como precursor. Luego de aplicarse, parte de la sustancia se degrada y se transforma en PFOS.

Al mismo tiempo, los relevamientos realizados para este trabajo muestran que el uso de sulfluramida ha disminuido hasta el punto en que pareciera ha dejado de aplicarse, sumado a que desde el año 2020 no se importa ni exporta.

Sin embargo, ello no quita los distintos interrogantes y líneas de la acción que pueden tomarse a futuro. Por un lado, es necesario estudiar de forma local los impactos que el uso de esta sustancia puede generar en personas, biota, y ambiente en general. Por otro lado, se conoce que es comercializado y utilizado en hogares, lo cual escapa al propósito original (aplicación profesional) y a ciertas medidas de control. Es por ello que resulta importante generar campañas de concientización sobre el uso de estas sustancias en los hogares.

Finalmente, el caso de sulfluramida puede tomarse como un caso testigo para sustancias no alcanzadas por restricciones, pero que indirectamente puedan generar sustancias de alto impacto ambiental.

Por todo lo anterior, resulta necesario un abordaje integral de las problemáticas asociadas al uso de sulfluramida, desde el análisis y estudio de sus impactos ambientales, hasta la planificación, diseño y aplicación de políticas públicas tendientes a la reducción de uso y a la implementación de alternativas de control de insectos, para proteger la salud de los seres vivos y el ambiente.

# Bibliografía consultada

- 3M Co. (2000). Letter from 3M Co to USEPA Re Additional Information on Perfluorooctane Sulfonates & Related Compounds with Studies Attached & Dated 051800. EPA/OTS FYI-0500-1378:7883 p., Ecoref #179781.
- Aaen, S.M., Hamre, L.A., Horsberg, T.E. (2016). A screening of medicinal compounds for their effect on egg strings and nauplii of the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer). J. Fish Dis., 39:1201-12.
- Albert, L.A. (2004). Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos. Albert L.A., Jacott M. México tóxico. Cap. 4, 38-52.
- ANMAT (2014). Listado de Insecticidas y Raticidas. Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica, Ministerio de Salud, República Argentina.
- ANMAT (2021). Listado de Insecticidas y Raticidas. Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica, Ministerio de Salud, República Argentina.
- ANVISA (2016). Programa de Análisis de Residuos de Agrotóxicos de Alimentos - Relevamiento de muestras analizadas en el periodo 2013-2015. Gerencia General de Toxicología, Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria, Gobierno de Brasil. Noviembre 2016.
- APA Centro Nacional de Información Biotecnológica (2023). Resumen de compuestos de PubChem para CID 77797, sulfluramida. Recuperado el 5 de diciembre de 2023. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sulfluramid>.
- Arrendale, R.F., J.T. Stewart et al., (1989). Determination of GX 071 and its major metabolite in rat blood by cold on-column injection capillary GC-ECD. J. Agric. Food Chem. 37: 1130-5.
- ATSDR (2021). Toxicological Profile for Perfluoroalkyls (publicado en Mayo 2021; actualizado a Marzo 2020). Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Center for Disease Control and Prevention (CDC), US Department of Health and Human Services. EEUU.
- Avendaño, S. M., Liu, J. (2015). Production of PFOS from aerobic soil biotransformation of two perfluoroalkyl sulfonamide derivatives. Chemosphere, 119, 1084-1090.
- Ballari, S. A., & Farji-Brener, A. G. (2006). Refuse dumps of leaf-cutting ants as a deterrent for ant herbivory: does refuse age matter? Entomologia Experimentalis et Applicata, 121: 215-219.
- Barbosa Machado Torres F., Guida Y., Weber R., Machado Torres J.P. (2022). Brazilian overview of per- and polyfluoroalkyl substances listed as persistent organic pollutants in the stockholm convention. Chemosphere 291: 132674.



- Barsky, A. (2005) El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. Introducción al estado del debate, con referencias al caso de Buenos Aires. Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales, 9 (194).
- Becerra y Dagatti 2022. Informe Técnico Instituto Nacional de Vitivinicultura.
- Benencia, R. (2017) Inmigración y economías étnicas. Horticultores Bolivianos en Argentina. Saarbrücken, Editorial Académica Española.
- Benskin, J.P., De Silva, A.O., Martin, J.W. (2010). Isomer profiling of perfluorinated substances as a tool for source tracking: a review of early findings and future applications. Rev. Environ. Contam. Toxicol. Vol. 208: Perfluorinated alkylated substances, 111-160.
- Benskin, J.P., Holt, A., Martin, J.W. (2009). Isomer-specific biotransformation rates of a perfluorooctane sulfonate (PFOS)-precursor by cytochrome P450 isozymes and human liver microsomes. Environ. Sci. Technol., 43 : 8566-8572.
- Bich, G. A., Randon, D. N., Castrillo, M. L., Villalba, L. L., Zapata, P. D. (2020). Aislamiento y caracterización morfológica y molecular de cepas de Escovopsis aisladas de nidos de hormigas cortadoras de hojas de Argentina. Revista mexicana de biodiversidad, 91, e912581. Epub 22 de diciembre de 2020.
- Boff, P., Giesel, A., & Carissimi Boff, M. I. (2016). No-residual baits and farmer perception to manage leaf-cutting ants. Agroecology and Sustainable Food Systems, 40: 451-465.
- Bollazzi, M. Hormigas cortadoras de hojas. (2016). Jornada de Protección Forestal. Informe técnico.
- Bouvet, J.P. (2021). Hormigas cortadoras de hojas en las quintas cítricas. Hoja Informativa. EEA INTA Concordia. Entre Ríos, Argentina.
- Brusseau, M.L. y Van Glubt, S. (2020). The influence of surfactant and solution composition on PFAS adsorption at fluid-fluid interfaces. Water Res. 161: 17-26.
- Buck, R.C., Franklin, J., Berger, U., Conder, J.M., Cousins, I.T., De Voogt, P., et al.,. (2011). Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: terminology, classification, and origins. Integrated environmental assessment and management, 7 : 513-541.
- Cáceres D., Soto G., Silveti F., Robledo W. Crespo H. (1997). La adopción tecnológica en sistemas agropecuarios de pequeños productores. AgroSur 24, 2: 123-135.
- CAL-EPA (2021). Evidence on the Carcinogenicity of Perfluorooctane Sulfonic Acid (PFOS) and Its Salts and Transformation and Degradation Precursors. Reproductive and Cancer Hazard Assessment Branch Office of Environmental Health Hazard Assessment, California Environmental Protection Agency. Proposition 65, Sept-2021.

- Cantarelli, E.B., Correa Costa, E., Pezzutti, R., da Silva Oliveira, L. (2008). Quantificação das perdas no desenvolvimento de pinus taeda após o ataque de formigas cortadeiras. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 18: 39-45.
- Carballo Hiramatsu, O.A. (2019) Concentración y resistencias en la producción hortícola del oasis norte y centro de Mendoza: Argentina.
- Carcamo, I. (2020). Los Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAP) en Uruguay. RAPAL, Red de Acción de Plaguicidas y sus Alternativas en América Latina. Junio 2020.
- Case, M. T., York, R. G., y Christian, M. S. (2001). Rat and rabbit oral developmental toxicology studies with two perfluorinated compounds. *International journal of toxicology*, 20(2), 101-109.
- Chang, S., Mader, B.T., Lindstrom K.R., Lange, C.C., Hart, J.A., Kestner, T.A., Schulz, J.F., Ehresman D.J., Butenhoff, J.L. (2017). Perfluorooctanesulfonate (PFOS) Conversion from N-Ethyl-N-(2-hydroxyethyl)-perfluorooctanesulfonamide (EtFOSE) in male Sprague Dawley rats after inhalation exposure. *Environ. Res.* 155:307-313.
- Cherrett, J. M., & Cherrett, F. J. (1989). A bibliography of the leaf-cutting ants, *Atta spp.* and *Acromyrmex spp.*, up to 1975. Overseas Development Natural Resources Institute, 14: 1-58.
- Cherrett, J.M. (1986). The economic importance and control of leaf-cutting ants. *Economic impact and control of social insects* (ed. by S. B. Vinson), Praeger, NY, pp 165-192.
- Cloquell, S., R. Albanesi, P. Propersi, G.Preda, M. De Incola (2007). Familias rurales. El fin de una historia en el inicio de una nueva agricultura. Buenos Aires. Homo Sapiens.
- CNA (2018) Resultados Definitivos del Censo Nacional Agropecuario 2018. INDEC.
- Coppi, G. (2002), Reestructuración productiva de la actividad frutihortícola en el sector noreste del espacio periurbano del Área Metropolitana de Córdoba, Tesis de Licenciatura, Escuela de Historia, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba.
- Cordner, A., De La Rosa, V.Y., Schaidler, L.A. et al., (2019). Guideline levels for PFOA and PFOS in drinking water: the role of scientific uncertainty, risk assessment decisions, and social factors. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 29: 157–71.
- Currie, C., Mueller, U. & Malloch, D. (1999). The agricultural pathology of ant fungus gardens. *Proceedings of the National Academy of Science*, 96: 7998-8002.
- Currie, C. R., Scott, J. A., Summerbell, R. C., & Malloch, D. (1999). Fungus-growing ants use antibiotic-producing bacteria to control garden parasites. *Nature*, 398: 701-704.
- Currie, C. R. & Stuart, A. E. (2001). Weeding and grooming of pathogens in agriculture by ants. *Proceedings of the Royal Society B*, 268:1033–1039.

- Dagatti, C. (2022). Las hormigas cortadoras son la principal plaga en los viñedos orgánicos. Diario Los Andes.
- Danish EPA (2008). Survey and environmental/health assessment of fluorinated substances in impregnated consumer products and impregnating agents. Survey of Chemical Substances in Consumer Products #99, 2008. Reporte preparado por: A. Astrup Jensen, P. Brunn Poulsen y R. Bossi. Danish Environmental Protection Agency, National Ministry of the Environment, Dinamarca.
- Dans, D., Anglada, M.M., Maidana, M. (2009). Caracterización del daño de hormigas cortadoras en el cultivo de sorgo (*Sorghum* spp). Revista Científica Agropecuaria, 13: 7-15.
- De Britto, J.S., Forti, L.C., de Oliveira, M.A., Zanetti, R., Wilcken, C.F., Zanuncio, J.C., Loeck, A.E., Caldato, N., Nagamoto, N.S., Lemes, P.G., da Silva Camargo, R. (2016). Use of alternatives to PFOS, its salts and PFOSF for the control of leaf-cutting ants *Atta* and *Acromyrmex*. Int. J. Res. Environ. Stud., 3, 11-92.
- De Cassia Bergamasco, R., G.M. Zanin y F. Faria de Moraes (2005). Sulfluramid volatility reduction by  $\alpha$ -cyclodextrin. J. Agric. Food Chem. 53: 1139–1143.
- De Fine Lichta H.H, Schiøtta, M., Rogowska-Wrzesinska, A., Nygaard, S., Roepstorff, P., Boomsma, J. J. (2013). Laccase detoxification mediates the nutritional alliance between leaf-cutting ants and fungus-garden symbionts. Proceedings of the National Academy of Science, 110: 583-587.
- DeLuca, N.M., M. Angrish, A. Wilkins et al., (2021). Human exposure pathways to poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS) from indoor media: A systematic review protocol, Environ. Int. 146: 106308.
- De Silva, A.O., J.M. Armitage, T.A. Bruton et al., (2021). PFAS Exposure pathways for humans and wildlife: A synthesis of current knowledge and key gaps in understanding. Environ. Toxicol. Chem. 40: 631–657.
- Donatti, M.R., Loeck A.E., Ricalde, M.P. (2012). Ocorrência de ninhos de formigas cortadeiras em área de vinhedo no Rio Grande do Sul, Brasil. Bo. San. Veg. Plagas, 38, 257–267.
- ECHA (2012). Pyriproxyfen - Product-type 18 (Insecticides, acaricides and products to control other arthropods). Directive 98/8/EC concerning the placing of biocidal products on the market [inclusion of active substances in Annex I to Directive 98/8/ECECHA], European Chemical Agency.
- EFSA (2008). Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on Perfluorooctane Sulfonate (PFOS), Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and their salts, The EFSA Journal 653, 1-131. European Food Safety Authority. European Union.
- EFSA (2020). EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain),

Schrenk D, Bignami M, Bodin L, et al. Scientific Opinion on the risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. European Food Safety Authority. EFSA Journal 18: 6223.

- EFSA (2020). Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (EFSA CONTAM Panel). European Food Safety Authority. Preparado por: D. Schrenk, M. Bignami, L. Bodin et al. Adopted: Julio 9, 2020. EFSA Journal 18: 6223.
- EGLE (2022). Compliance Monitoring in Public Water Supplies - MPART PFAS Geographic Information Service. Michigan PFAS Action Response Team, Michigan Department of Environment, Great Lakes, and Energy (EGLE), State of Michigan, EEUU.
- Ehrlich, V., Bil, W., Vandebriel, R. et al. (2023). Consideration of pathways for immunotoxicity of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). Environ. Health 22: 1-47.
- Elizalde, L. (2015). Las hormigas cortadoras de hojas y sus enemigos. Desde la Patagonia, Difundiendo Saberes, 12: 2-8. Repositorio Nacional del Comahue. Universidad Nacional del Comahue.
- Environmental Agency UK (2021). Poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS): sources, pathways and environmental data Chief Scientist's Group report, August 2021.
- Estación Experimental Agropecuaria, INTA Montecarlo, Folleto N°7. Hormigas cortadoras de hojas, métodos de control.
- EWG (2023). Environmental Working Group. PFAS chemicals: The "forever chemicals" in 99% Americans. Environmental Working Group, Washington DC, EEUU.
- FAN (1989). Sulfluramid-Conditional Registration. Fluoride Alert Network, USEPA Pesticide Facts Sheet N° 205.
- Fantini, A. (2016) Cultivando ciudades. La agricultura urbana y periurbana como práctica de transformación territorial, económica, social y política. Cultivando ciudades. Tesis para optar por el título de Doctora en Geografía por la Universidad Autónoma de Barcelona.
- Farji-Brener, A.G., & Tadey, M. (2009). Contributions of leaf-cutting ants to soil fertility: causes and consequences. Soil Fertility, 6: 81-91.
- Farji-Brener, A.G., Illes, A.E. (2000). Do leaf-cutting ant nests make "bottom-up" gaps in neotropical rain forests?: a critical review of the evidence. Ecology Letters, 3, 219-227.
- Farji-Brener, A.G. (1992). Modificaciones al suelo ocasionadas por hormigas cortadoras de hojas (Formicidae, Attini): una revisión de sus efectos sobre la vegetación. Ecología Austral, 2, 87-94.
- Farji-Brener, A.G. (2001). Why are leaf-cutting ants more common in early secondary forests

than in old-growth tropical forests? An evaluation of the palatable forage hypothesis. *Oikos*, 92, 169-177.

- Feito, M. C. (2014). *Ruralidades, agricultura familiar y desarrollo. Territorio del Periurbano Norte de Buenos Aires*. Buenos Aires: Ed La Colmena.
- Fenton, S.E., Ducatman, A., Boobis, A. et al., (2021). Per- and polyfluoroalkyl substance toxicity and human health review: Current state of knowledge and strategies for informing future research. *Environ Toxicol. Chem.* 40: 606-630.
- Fernández, A., Farji-Brener, A.G., & Satti, P. (2014). Factores que influyen sobre la actividad microbiana en basureros de hormigas cortadoras de hojas. *Ecología Austral*, 24: 103-110.
- Fernández, F., Huertas, A.V.C., & Serna-Cardona, F.J. (2015). *Hormigas cortadoras de hojas de Colombia: Acromyrmex & Atta (Hymenoptera: Formicidae)*. Fauna de Colombia, Monografía No.5, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 350 p.
- Fernández-Marin, H., Zimmerman, J. K., Rehner, S. A. & Wcislo, W. T. (2006). Active use of metapleural glands by ants in controlling fungal infection. *Proceedings of the Royal Society B*, 273: 1689–1695.
- Folgarait, P.J, Gorosito, N.B., Poulsen, M. and Currie, C. 2011. Preliminary *in vitro* insights into the use of natural fungal pathogens of leaf-cutting ants as biocontrol agents. *Current Microbiology*, 63: 250-258.
- Folgarait, P. J., & Farji-Brener, A. G. (2005). *Un mundo de hormigas*. Colección Ciencia que Ladra. Siglo Veintiuno Editores Argentina S.A.
- Forschler, B.T.; Evans, G.M. (1995) Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) foraging activity response to selected containerized baits. *J. Entomol. Sci. (USA)*, 29: 209-214.
- Forti, L.C., Castellani Boaretto, M.A. (1997). *Formigas cortadeiras*. Biología, ecología, danos e controle. Botucatu-SP Brasil. 61 p.
- Friedrich, K., Rodrigues da Silveira, G., Costa Amazonas, J et al., (2021). Situación regulatoria internacional de pesticidas con uso autorizado en Brasil: potencial de daños sobre la salud e impactos ambientales. *Cad. Saúde Pública* 37(4): e00061820.
- Friedrich K., Rodrigues da Silveira G., Costa Amazonas J., Do Monte Gurgel A., Soares de Almeida V. E., Sarpa M., (2020). Situação regulatória internacional de agrotóxicos com uso autorizado no Brasil: potencial de danos sobre a saúde e impactos ambientais. *Cadernos de Saúde Pública (CSP)*.
- Fromme, H., Tittlemier, S.A., Völkel, W. et al., (2009). Perfluorinated compounds—exposure assessment for the general population in Western countries. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 212: 239-70.

- García, M. (2011). Proceso de acumulación de capital en campesinos. El caso de los horticultores bolivianos de Buenos Aires (Argentina); Pontificia Universidad Javariana; Cuadernos de Desarrollo Rural 8: 47-70.
- Gilljam, J.L., Leonel, J., Cousins, I.T. y Benskin, J.P. (2016). Is ongoing Sulfluramid use in South America a significant source of perfluorooctane sulfonate (PFOS)? Production inventories, environmental fate, and local occurrence. Environ. Sci. Technol. 50: 653-9 [ver también: Additions and Correction to "Is Ongoing Sulfluramid Use in South America a Significant Source of Perfluorooctanesulfonate (PFOS)? Environ. Sci. Technol. 50: 7930-33.]
- Gómez, D.G., Gorosito, N.B., Hernández, C.M., Schulze, B., Posadas, J., Andorno, A.V., Villacide, J.M., & Fernández, P.C. (2022). Preferencia de *Acromyrmex lundii* (Hymenoptera: Formicidae) por vegetación espontánea seleccionada de una plantación experimental de *Eucalyptus* spp. XI Congreso Argentino y XII Congreso Latinoamericano de Entomología, 24-28 de octubre, La Plata.
- Gorosito, N.B., Cafaro, M., Colman, D. and Folgarait, P.J. (2009). Micoparasites isolated from *Acromyrmex* spp and *Atta* spp colonies: antagonism and micoparasitism. VI Congreso Argentino de Microbiología General, Sociedad Argentina de Microbiología General, SAMIGE, 21 al 23 de octubre, Villa Carlos Paz, Córdoba.
- Gorosito, N.B., Gómez, D.G., Hernández, C. M., Basile, C., Andorno, A.V., Villacide, J. M., Fernández, P. C. (2022). Manejo de hormigas cortadoras en una plantación experimental de eucaliptos y su efecto sobre la actividad de otros organismos. XI Congreso Argentino y XII Congreso Latinoamericano de Entomología, 24-28 de octubre, La Plata.
- Gorosito N.B., M. Poulsen, C. Currie and P.J. Folgarait. (2009). Evaluating the contribution of antibiotic-producing bacterial symbionts of leaf-cutting ants towards general entomopathogenic fungi. VI Congreso Argentino de Microbiología General, Sociedad Argentina de Microbiología General, SAMIGE, 21-23 de octubre, Villa Carlos Paz, Córdoba.
- Grossman, M.R., Mispagel, M.E., Bowen, J.M. (1992). Distribution and tissue elimination in rats during and after prolonged dietary exposure to a highly fluorinated sulfonamide pesticide. J. Agric. Food Chem. 40: 2505-2509.
- Guida, Y., Barbosa Machado Torres F. , Barizon R., Assalin M., Rosa M.,(2023) Confirming sulfluramid (EtFOSA) application as a precursor of perfluorooctanesulfonic acid (PFOS) in Brazilian agricultural soils, Chemosphere, Volume 325, 138370, ISSN 0045-6535.
- Guida, Y., Torres, F.B.M., Barizon, R.R.M., Assalin, M.R., Rosa, M.A. (2023). Confirming sulfluramid (EtFOSA) application as a precursor of perfluorooctanesulfonic acid (PFOS) in Brazilian agricultural soils. Chemosphere, 325: 138370.
- Guillade, A., Folgarait, P. (2015). Competition between grass-cutting *Atta vollenweideri* ants (Hymenoptera: Formicidae) and domestic cattle (*Artiodactyla: Bovidae*) in Argentine rangelands. Agricultural and Forest Entomology, 17: 113-119.

- Guillade, A.; Folgarait, P. (2011). Life-history traits and parasitism rates of four phorid species (Diptera: Phoridae), parasitoids of *Atta vollenweideri* (Hymenoptera: Formicidae) in Argentina. *Journal of Economic Entomology*, 104: 32-40.
- Guillade, A.C. (2013). Control biológico de hormigas cortadoras de hoja (FORMICIDAE: ATTINI) mediante parasitoides (DIPTERA: PHORIDAE). (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes.
- Gundel, S.; Dubbeling, M.; de Zeeuw, H.; Bakker, N.; Sabel-Koschella, U. 2000. Growing cities, growing food: Urban agriculture on the policy agenda. Deutsche Stiftung für Internationale Entwicklung (DSE), Feldafing, Alemania.
- Hölldobler, B., Wilson, E.O. (2009). The super-organism: the beauty, elegance and strangeness of insect societies. Norton & Company Inc. New York. 522 p.
- Hölldobler, B., Wilson, E.O. (2011). The leafcutter ants: Civilization by Instinct. London: W. W Norton & Co. Ltd., 160 p.
- Holmström, K.E., U. Berger. (2008). Tissue distribution of perfluorinated surfactants in common guillemot (*Uria aalge*) from the Baltic Sea. *Environ. Sci. Technol.* 42 (16): 5879–84.
- IBAMA (2019) Instituto Brasileiro del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (IBAMA, Brasil). PERFIL AMBIENTAL SULFLURAMIDA CAS 4151-50-2.
- INET (2010) La horticultura en Argentina.
- IRAC, Insecticide Resistance Action Committee (2023). Mode of Action Classification 42 pp.
- Isern, M. D. (2002). La química de los pesticidas y su metodología analítica. Rosario, Universidad del Centro Educativo Latinoamericano (UCEL), Colección Cuadernillos UCEL.
- ITRC (2022). Per- and Polyfluoroalkyl Substances Technical and Regulatory Guidance. Interstate Technology and Regulatory Council [PFAS Team; <https://pfas-1.itrcweb.org/>], Washington DC, EEUU.
- IUPAC (1995). Detection and significance of active metabolites of agrochemicals and related xenobiotics in animals. Preparado por: R.M. Hollingworth et al. International Union of Pure and Applied Chemistry, Applied Chemistry Division. Commission on Agrochemicals, IUPAC Reports on Pesticides. *Pure Appl. Chem.* 67 (819): 1487-1532.
- Jackson, D. A., Mabury, S. A. (2013). Polyfluorinated amides as a historical PFCA source by electrochemical fluorination of alkyl sulfonyl fluorides. *Environ. Sci. Technol.*, 47: 382-389.

- Jahnke A, Ahrens L, Ebinghaus R, Temme C. Urban versus remote air concentrations of fluorotelomer alcohols and other polyfluorinated alkyl substances in Germany. *Environ Sci Technol* 2007a; 41: 745-752.
- Jarvis, A., Justice, J.R., Elias, M.C. et al., (2021). Perfluorooctane Sulfonate in US Ambient Surface Waters: A Review of Occurrence in Aquatic Environments and Comparison to Global Concentrations. *Environ. Toxicol. Chem.* 40: 2425-42.
- Jiménez, N.L., Fosco, I.R., Nassar, G.C., Sánchez-Restrepo, A.F., Danna, M.S. and Calcaterra, L.A. (2020). Economic Injury Level and Economic Threshold as required by Forest Stewardship Council for management of leaf-cutting ants in forest plantations. *Agric. Forest Entomol.* 23: 87-96.
- Jiménez, N.L. (2019). Patrones de herbivoría y coocurrencia de hormigas cortadoras de hojas en forestaciones y áreas naturales del Bajo Delta del Río Paraná, Argentina (Tesis Doctoral). Universidad de Buenos Aires, Argentina. 159 p.
- Kang, H., Kim, H.S., Yoon, Y.S. et al., (2021). Placental transfer and composition of perfluoroalkyl substances (PFASs): A Korean birth panel of parent-infant triads. *Toxics* 9: 168.
- Kannan K., Corsolini S., Falandysz J. et al., (2004) Perfluorooctanesulfonate and related fluorochemicals in human blood from several countries. *Environ. Sci. Technol.* 38: 4489-4495.
- Klaassen, C.D. (Editor). 2013. *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*, 8<sup>th</sup> edition. McGraw Hill.
- Krieger, R. 2010. *Handbook of Pesticide Toxicology: Principles and Agents*. 2<sup>nd</sup> Edition, Academic Press.
- LaKind, J.S. Naiman, J., Verner, M.A. et al., (2023). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in breast milk and infant formula: A global issue. *Environ. Res.* 219: 115042. ISSN 0013-9351.
- Leonel, J., Miranda, D.D.A., Nascimento, R.A. (2023). Compostos perfluorados: uma ameaça ao oceano limpo. *Química Nova*, 46, 627-635.
- Li, Y., T. Fletcher, D. Mucs et al., (2018). Half-lives of PFOS, PFHxS and PFOA after end of exposure to contaminated drinking water. *Occup. Environ. Med.* 75: 46–51.
- Llambí Insua, L., Pérez Correa, E. (2007). Nuevas ruralidades y viejos campesinismos. *Agenda para una nueva sociología rural latinoamericana. Cuadernos de Desarrollo Rural [en línea]*, 59, 37-61.



- Löfstedt Gilljam, J., Leonel, J. Cousins, I., Benskin, J. (2016). Is ongoing sulfluramid use in South America a significant source of perfluorooctanesulfonate (PFOS)? Production inventories, environmental fate, and local occurrence. *Environ. Sci. Technol.* 50: 653-659.
- Loos, R. Wollgast, J., Huber, T., Hanke G. (2007) Polar herbicides, pharmaceutical products, perfluorooctanesulfonate (PFOS), perfluorooctanoate (PFOA), and nonylphenol and its carboxylates and ethoxylates in surface and tap waters around Lake Maggiore in Northern Italy, *Anal Bioanal Chem* 387:1469–1478.
- Lopera Molano, A. M. (2022). Apropiação social de las TIC y asociaciones agrícolas del sector rural: revisión sistemática de la literatura 2010-2020. *Revista Texto Livre | Belo Horizonte*, Vol. 15.
- Lopez, E., Orduz, S. (2003). *Metarhizium anisopliae* and *Trichoderma viride* for control of nests of the fungus-growing ant, *Atta cephalotes*. *Biological Control*, 27, 194-200.
- Machado-Neto, J.G., Matuo, T., Matuo, Y.K. (1996). Semiquantitative evaluation of dermal exposure to granulated insecticides in coffee (*Coffea arabica* L.) crop and efficiency of individual protective equipment. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 57: 946-51.
- Machado-Neto, J.G., Queiroz, M.E., Carvalho, D., Bassini, A.J. (1999). Risk of intoxication with sulfluramid in a packing plant of Mirex-S. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 62: 515-9.
- Manning, R.O., Bruckner, J.V., Mispagel M.E., Browen, J.M. (1991). Metabolism and disposition of sulfluramid, a unique polyfluorinated insecticide, in the rat. *Drug Metab. Dispos.* 19: 205-11.
- Martin, J.W., Asher, B.J., Beesoon, S., Benskin, J.P., Ross, M.S. (2010). PFOS or PreFOS? Are perfluorooctane sulfonate precursors (PreFOS) important determinants of human and environmental perfluorooctane sulfonate (PFOS) exposure? *J. Environ. Monitor.* 12: 1979-2004.
- Martin JW, Muir DCG, Moody CA, Ellis DA, Kwan WC, Solomon KR, Mabury SA. Collection of airborne fluorinated organics and analysis by gas chromatography/chemical ionization mass spectrometry. *Anal Chem* 2002; 74: 584-590.
- Matrangolo, C.A.R., Oliveira Castro, R.V., Castro Della Lucia, T.M., Della Lucia, R.M., Neves Mendes, A.F. Neves Costa, J.M.F., Garcia Leite, H. 2010. Crescimento de eucalipto sob efeito de desfolhamento artificial. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 45, 952-957.
- Mayasich, S.A., Korte, J.J., Denny, J.S., Hartig, P.C., Olker, J.H., DeGoey, P., O'Flanagan, J., Degitz, S.J., Hornung, M.W. (2021). *Xenopus laevis* and human type 3 iodothyronine deiodinase enzyme cross-species sensitivity to inhibition by ToxCast chemicals. *Toxicol. In Vitro*, 73:105141.

- Meylan, W. M., Howard, P. H., Aronson, D., Printup, H., Gouchie, S., Boethling, R. S. (1999) Improved method estimating bioconcentration/bioaccumulation factor from octanol/water partition coefficient. *Environ. Toxicol. Chem.* 18: 664-72.
- Meylan, W.M., Howard, P.H. (1995). Atom/fragment contribution method for estimating octanol-water partition coefficients. *J. Pharm. Sci.*, 84:83-92.
- MINSAL-Argentina (2015). Información y Estrategias para la Gestión Ecológicamente Racional de Plaguicidas de Uso Sanitario N° 5. Serie: Temas de Salud Ambiental N° 19. Programa Nacional de Riesgos Químicos. Departamento de Salud Ambiental, Dirección Nacional de Determinantes de la Salud e Investigación. Ministerio de Salud de la Nación, República Argentina.
- Montoya-Lerma, J., Giraldo-Echeverri, C., Armbrrecht, I., Farji-Brener, A., Calle, Z. (2012). Leaf-cutting ants revisited: towards rational management and control. *Int. J. Pest Manag.* 58: 225-247.
- Mousques, J. (2010). Control de hormigas en plantaciones forestales: curso dirigido a operarios para el control de hormigas. AER Santa Rosa-AER Bella Vista, Centro Regional Corrientes.
- Moyo, S., Yeros, P. (2008) Recuperando la tierra. El resurgimiento de movimientos rurales en África, Asia y América Latina. Buenos Aires: CLACSO.
- Naciones Unidas. (2019). Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, Edición 8 [Internet]. Disponible desde: <https://unece.org/ghs-rev8-2019>.
- Nascimento, R.A., Nunoo, D.B.O., Bizkarguenaga, E., Schultes, L., Zabaleta, I., Benskin, J.P., Spanó, S., Leonel, J., Sulfluramid use in Brazilian agriculture: A source of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) to the environment, *Environmental Pollution* (2018).
- NCASI (2020). Review of Models for Evaluating Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Land Applied Residuals and Biosolids. An Assessment of Fate and Transport Models for Groundwater Leaching, Surface Water Runoff, and Plant Uptake. National Council for Air and Stream Improvement, Inc. (reporte preparado por Arcadis U.S., Inc.). Cary, NC, EEUU, Junio 2020.
- NIH. National Center for Biotechnology Information (2023). PubChem Compound Summary for CID 77797, Sulfluramid. Consultado el 26 de febrero de 2023. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/#query=Sulfluramid>.
- Nikoobakht, N. (2014). Routes of Human Exposure to Per- and Polyfluorinated Compounds (PFCs) in Winnipeg Homes by A thesis submitted to the Faculty of Graduate Studies of the University of Manitoba in partial fulfillment of the requirements of the degree of Master of Science. Department of Chemistry, University of Manitoba, Winnipeg, Canada.
- NLM-NCBI. (2023). Pyriproxyfen [compound summary]. National Library of Medicine – National Center for Biotechnology Information, United States Government.

- Nogueira, M.E. (2013) Agricultura familiar y políticas públicas en la Argentina de los últimos años: algunas reflexiones en torno a una relación compleja. *Trabajo y Sociedad*, vol. 21: 1-18.
- Olsen, G.W., J.M. Burris, D.J. Ehresman, Froehlich, J., Seacat, A.M., Butenhoff, J.L., Zobel, L.R. (2007). Half-Life of serum elimination of perfluorooctanesulfonate, perfluorohexanesulfonate, and perfluorooctanoate in retired fluorochemical production workers. *EHP* 115: 1298-1305.
- Ortiz, E. (2000) El estudio de las relaciones internacionales. Fondo de Cultura Económica. Santiago de Chile.
- Paz, R. (2011) Agricultura familiar y sus principales dimensiones: la pampeanización del término. *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, 41: 5-33.
- Peden-Adams, M.M., EuDaly, J.G., Dabra, S. et al., 2007. Suppression of humoral immunity following exposure to the perfluorinated insecticide sulfluramid. *J. Toxicol. Environ. Health Part-A* 70 (13): 1130-41.
- Peng, H., Zhang, S., Sun, J., Zhang, Z., Giesy, J.P., Hu, J. (2014). Isomer-specific accumulation of perfluorooctanesulfonate from (N-Ethyl perfluorooctanesulfonamido) ethanol-based phosphate diester in Japanese medaka (*Oryzias latipes*). *Environ. Sci. Technol.* 48: 1058-1066.
- Pereiro, N., y Lafuente, A. (2012). Toxicología del sulfonato de perfluorooctano (PFOS) como modelo de compuesto orgánico fluorado. *Revista de Toxicología*, 29(2), 107-116.
- Pérez Álvarez, R.P., Trujillo González, Z.G. (2002). Combate de *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Hymenoptera: Formicidae), con el cebo micoinsecticida bibisav-2. *Fitosanidad*, 6, 41-44.
- Pérez, S.P., Corley, J.C., Farji-Brener, A.G. (2011). Potential impact of the leaf-cutting ant *Acromyrmex lobicornis* on conifer plantations in northern Patagonia, Argentina. *Agric. For. Entomol.*, 13, 191-196.
- Pérez, S.P. (2009). Riesgo potencial de la hormiga cortadora de hojas *Acromyrmex lobicornis* para las plantaciones forestales de la Patagonia. Serie Técnica: Manejo Integrado de Plagas Forestales, eds. José Villacide y Juan Corley. Laboratorio de Ecología de Insectos, EEA INTA Bariloche. Cuadernillo N°6.
- Perri, D., N.B. Gorosito, P.C. Fernandez, M. Buteler. (2017). Plant-based compounds with potential as push-pull stimuli to manage behavior of leaf-cutting ants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 163: 150-159.
- Perri, D., N. Gorosito, P. Schilman, E. Casaubón, C. Davila, P. Fernandez. (2021). Push-pull to manage leaf-cutting ants: an effective strategy in forestry plantations. *J. Appl. Ecol.*, 7, 432-439.
- Plumlee, M.H., McNeill, K., Reinhard, M. (2009). Indirect photolysis of perfluorochemicals: hydroxyl radical-initiated oxidation of N-ethyl perfluorooctane sulfonamido acetate (N-EtFOSAA) and other perfluoroalkanesulfonamides. *Environ. Sci. Technol.*, 43: 3662-3668.

- PPDB. (2023). University of Hertfordshire, PPDB: Pesticide properties DataBase, Pestic. Prop. Database Website Database. Sulfluramid (Ref: GX 071). <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/602.htm>.
- PubChem. (2023) National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 77797, Sulfluramid. Retrieved February 26, 2023 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sulfluramid>.
- Reinert, J.A. (1995). Individual mound control of red imported fire ant in residential turf with bait formulations. *Arthropod Manag. Tests*, 21: 367-372.
- Rericha, D.C., L. Truong, M. Simonich, J.A. Field, Robyn, L. Tanguay, Y. (2021). Behavior effects of structurally diverse per- and polyfluoroalkyl substances in zebrafish. *Chem. Res. Toxicol.* 34: 1409-1416.
- Sabattini, J.A. (2017). Impacto de hormigas cortadoras de hojas en ecosistemas implantados de sudamérica. Trabajo final de grado. Cátedra Ecología de los Sistemas Agropecuarios Facultad de Cs. Agropecuarias- UNER.
- Saikat, S., Kreis, I., Davies, B., Bridgman, S., & Kamanyire, R. (2013). The impact of PFOS on health in the general population: a review. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 15(2), 329-335.
- Sánchez Restrepo, A.F., Jiménez, N.L., Confalonieri, V.A., Calcaterra, L.A. (2019). Distribution and diversity of leaf-cutting ants in Northeastern Argentina: species most associated with forest plantations. *Int. J. Pest Manag.*, 65, 224-257.
- SAP, Sociedad Argentina de Pediatría (2021). Efecto de los agrotóxicos en la salud infantil. Sociedad Argentina de Pediatría. Junio 2021. Disponible en: [https://www.sap.org.ar/uploads/archivos/general/files\\_efectos-agrotoxicos-07-21\\_1625686827.pdf](https://www.sap.org.ar/uploads/archivos/general/files_efectos-agrotoxicos-07-21_1625686827.pdf).
- Sasaki K, Harada K, Saito N, Tsutsui T, Nakanishi S, Koizumi A. Impact of airborne perfluorooctane sulfonate on the human body burden and the ecological system. *Bull Environ Contam Toxicol* 2003; 71: 408-413
- Schal, C. (1992). Sulfluramid resistance and vapor toxicity in field-collected German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae). *J. Med. Entomol.* 29 (2): 207-215.
- Scherf, A.N., Corley, J.C., Gioia, C.D., Eskiviski, E.R., Carazzo, C., Patzer, H.R., Dimarco, R.D. (2022). Impact of a leaf-cutting ant (*Atta sexdens* L.) on a *Pinus taeda* plantation: A 6 year-long study. *J. Appl. Entomol.*, 146, 1178-1184.
- SENASA (2020). Resumen de resultados del monitoreo de ingredientes activos en frutas, hortalizas y granos - Plan Vegetal 2019. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Ministerio de Economía, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, República Argentina.
- SENASA (2023). Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria - Dirección de Tecnología de la Información. Registro nacional de terapéutica vegetal. Disponible en <https://aps2.senasa.gov.ar/vademecum/app/publico>.

- SENASA (2023a). Coordinación de Vigilancia y Alerta de Residuos y Contaminantes (COVARC). Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Ministerio de Economía, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, República Argentina.
- SENASA (2023b). Registro Nacional de Terapéutica Vegetal, Registro Oficial de Productos Formulados Inscriptos. Página consultada en noviembre de 2023. Vademecum disponible en: <https://aps2.senasa.gov.ar/vademecum/app/publico>.
- Sevilla Guzmán, E., Soler Montiel, M.M. (2010). Agroecología y soberanía alimentaria: alternativas a la globalización agroalimentaria. En Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico (Ed.), Patrimonio cultural en la nueva ruralidad andaluza, pp. 191-217.
- Shoeib, M., Harner T., Wilford B.H. et al., (2005). Perfluorinated sulfonamides in indoor and outdoor air and indoor dust: Occurrence, partitioning, and human exposure. *Environ. Sci. Technol.* 39: 6599–6606.
- Shoeib M, Harner T, Zhu J. Indoor air & dust concentration of fluorotelomer alcohols. *Organohalogen Compounds* 2007; 69: 146-149.
- Sigma-Aldrich (2023). Consultado el 26 de febrero de 2023. <https://www.sigmaaldrich.com/AR/es/specification-sheet/SIAL/91242>.
- Smalling, K.L, K.M. Romanok, P.M. Bradley et al., (2023). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in United States tapwater: Comparison of underserved private-well and public-supply exposures and associated health implications. *Environ. Int.* 178: 108033.
- Stock NL, Furdui VI, Muir DCG, Mabury SA. Perfluoroalkyl contaminants in the Canadian arctic: Evidence of atmospheric transport and local contamination. *Environ Sci Technol* 2007; 41: 3529-3536.
- Stubleski, J., Salihovic, S., Lind, P.M. et al., (2017). The effect of drinking water contaminated with perfluoroalkyl substances on a 10-year longitudinal trend of plasma levels in an elderly Uppsala cohort. *Environ. Res.* 159: 95-102.
- Suen, G., Teiling, C., Li, L., Holt, C., Abouheif, E., Bornberg-Bauer, E., Bouffard, P., Caldera, E.J., Cash, E., et al., (2011). The Genome Sequence of the Leaf-Cutter Ant *Atta cephalotes* Reveals Insights into Its Obligate Symbiotic Lifestyle. *PLoS Genetics*, 7, 1-11.
- Testolin, R. C., Tischer, V., Lima, A. O., Cotelle, S., Férard, J. F., y Radetski, C. M. (2012). Aquatic ecotoxicity assessment of a new natural formicide. *Environmental Science and Pollution Research*, 19, 2186-2194.
- The Brussels Times. (2023). PFAS pollution: Large-scale blood tests for households near 3M plant. May 2023. Bruselas, Bélgica.
- TOXNET. (2023). Toxicology Data Network. National Library of Medicine, Hazardous Substance Database. Sulfluramid.
- Truong, L., David M. Reif, Lindsey Mary, Mitra C. Geier, Hao D. Truong, Robert L. Tanguay. (2014). Multidimensional *in vivo* hazard assessment using Zebrafish. *Toxicol. Sci.* 137, 212–233.

- Truong, L., Rericha, Y., Thunga, P. et al., (2022). Systematic developmental toxicity assessment of a structurally diverse library of PFAS in zebrafish. *J. Hazard Mater.* 431: 128615.
- UNEP-Stockholm Convention. (2009). Listing of perfluorooctane sulfonic acid, its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. (UNEP-POPS-COP.4-SC-4-17). United Nations Environment Programme, UNEP. Ginebra, Suiza.
- UNEP-Stockholm Convention. (2019). PFOS, its salts and PFOSF - Evaluation of perfluorooctane sulfonic acid, its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride, pursuant to paragraphs 5 and 6 of part III of Annex B to the Convention (UNEP/POPS/COP.9/7). Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, United Nations Environment Programme, UNEP. Ginebra, Suiza.
- UNEP-Stockholm Convention. (2020). Text and Annexes. Actualizado, 2019. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs), United Nations Environment Programme, Ginebra, Suiza.
- UNEP-Stockholm Convention. UNEP/POPS/COP.7/INF/21 (2017). Guidance on Best Available Techniques and Best Environmental Practices for the Use of Perfluorooctane Sulfonic Acid (PFOS) and Related Chemicals Listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. United Nations Environment Programme, 73 pp.
- UN-GEF (2015). Plan de Monitoreo Global de Contaminantes Orgánicos Persistentes - Protocolo 4: Análisis de PFAS en agua para el Plan de Monitoreo Global del Convenio de Estocolmo Implementación y guía para el monitoreo. Documento preparado por: J. Weiss, J. de Boer, U. Berger et al. División Productos Químicos, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), División Economía, Naciones Unidas, Ginebra, Suiza. Documento desarrollado en el marco del Proyecto PNUMA/FMMA "Establecimiento de las herramientas y los métodos para incluir los nueve nuevos COP en el Plan de Monitoreo Global", GEF 4B97.
- USDA (2022). Pesticide Data Program (PDP). Annual Summary - Calendar year. US Department of Agriculture, EEUU. 2021.
- USEPA (1989). Review of vapor pressure study for Sulfuramide [N-ethyl-perfluorooctanesulfonamide]. Health Effects Division, Non-Dietary Exposure Branch. US Environmental Protection Agency, Washington DC, EEUU. Reportado en Julio 1989.
- USEPA (1991). Sulfluramid - Data Evaluation Report (Acute Inhalation Toxicity Studies). United States Environmental Protection Agency. Octubre 1991, Washington DC, EEUU.
- USEPA (1992). Review of Acute Toxicological Studies for Different Sulfluramid Formulations. Comunicado en: Agosto 1992. US Environmental Protection Agency, Washington DC, EEUU.
- USEPA (1993). Sulfluramid [N-ethylperfluorooctanesulfonamide] - Review of hydrolysis and absorption (batch equilibrium) studies, GX-071 technical. United States Environmental Protection Agency. Enero 1993, Washington CD, EEUU.

- USEPA (2000). Pesticide Ecotoxicity Database [Formerly: Environmental Effects Database (EEDB)]. United States Environmental Protection Agency. Washington DC, EEUU.
- USEPA (2001). US Environmental Protection Agency. Health Effects Division (HED) Records Center, Series 361 Science Reviews. Sulfluramid: Health Risk Assessment for Sulfluramid. US Environmental Protection Agency, Washington DC, EEUU.
- USEPA (2008). US Environmental Protection Agency. Sulfluramid registration review - Final decision. Docket Number: EPA-HQ-OPP-2007-1082, Registration Review Case 7411. US Environmental Protection Agency, Washington DC, EEUU. Elaborado en 2007; publicado en Septiembre 2008.
- USEPA (2022). Proposed Designation of Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Perfluorooctanesulfonic Acid (PFOS) as CERCLA Hazardous Substances. Part 302 [EPA-HQ-OLEM-2019-0341; FRL-7204-02-OLEM] RIN 2050-AH09. US Environmental Protection Agency, Washington DC, EEUU. Federal Register 87, N°171, September 6, 2022.
- USEPA (2023). *EPA/Office of Pollution Prevention and Toxics; Sulfluramid (GX-071) EPA Pesticide Fact Sheet*. March 23, 1989.
- USEPA (2023). *PFAS National Primary Drinking Water Regulation Rulemaking: A Proposed Rule by the Environmental Protection Agency*, Marzo 29, 2023. Registro de documento USEPA: EPA-HQ-OW-2022-0114 FRL 8543-01-OW. Publicado en: Federal Register 88, 60: 18638-18754.
- Vasconcelos, H.L., Cherrett, J.M. (1995). Changes in leaf-cutting ant populations (Formicidae: Attini) after the clearing of mature forest in Brazilian Amazonia. *Studies Neotrop. Fauna Environ.*, 30, 107–13.
- Vitayavirasuk B., Bowen, J.M. (1999). Pharmacokinetics of sulfluramid and its metabolite desethylsulfluramid after intravenous and intraruminal administration of sulfluramid to sheep. *Pest. Sci.* 55: 719-25.
- Ward, P.S., Brady, S-G., Fisher, B.L., Schultz, T.D. (2015). The evolution of myrmicine ants : phylogeny and biogeography of a hyperdiverse ant clade (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomol.*, 40:61-81.
- WHO (2020). *The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2019*. World Health Organization, Ginebra, Suiza.
- Wirth, R., Beyschlag, W., Ryel, R., Herz, H., Hölldobler, B. (2003). *The herbivory of leaf-cutting ants. A case study on Atta colombica in the tropical rainforest of Panama*. Springer Verlag, Berlin. 230 pp.
- Wolansky, M., Tornero-Velez, R. 2013. Critical consideration of the multiplicity of experimental and organismic determinants of pyrethroid neurotoxicity: A proof of concept. *J. Toxicol. Environ. Health Part-B [Crit. Rev.]* 16: 453-490.
- Wolf, C.J., Rider, C.V. et al., (2014). Evaluating the additivity of perfluoroalkyl acids in binary combinations on peroxisome proliferator-activated receptor-activation. *Toxicology* 316: 43-54.

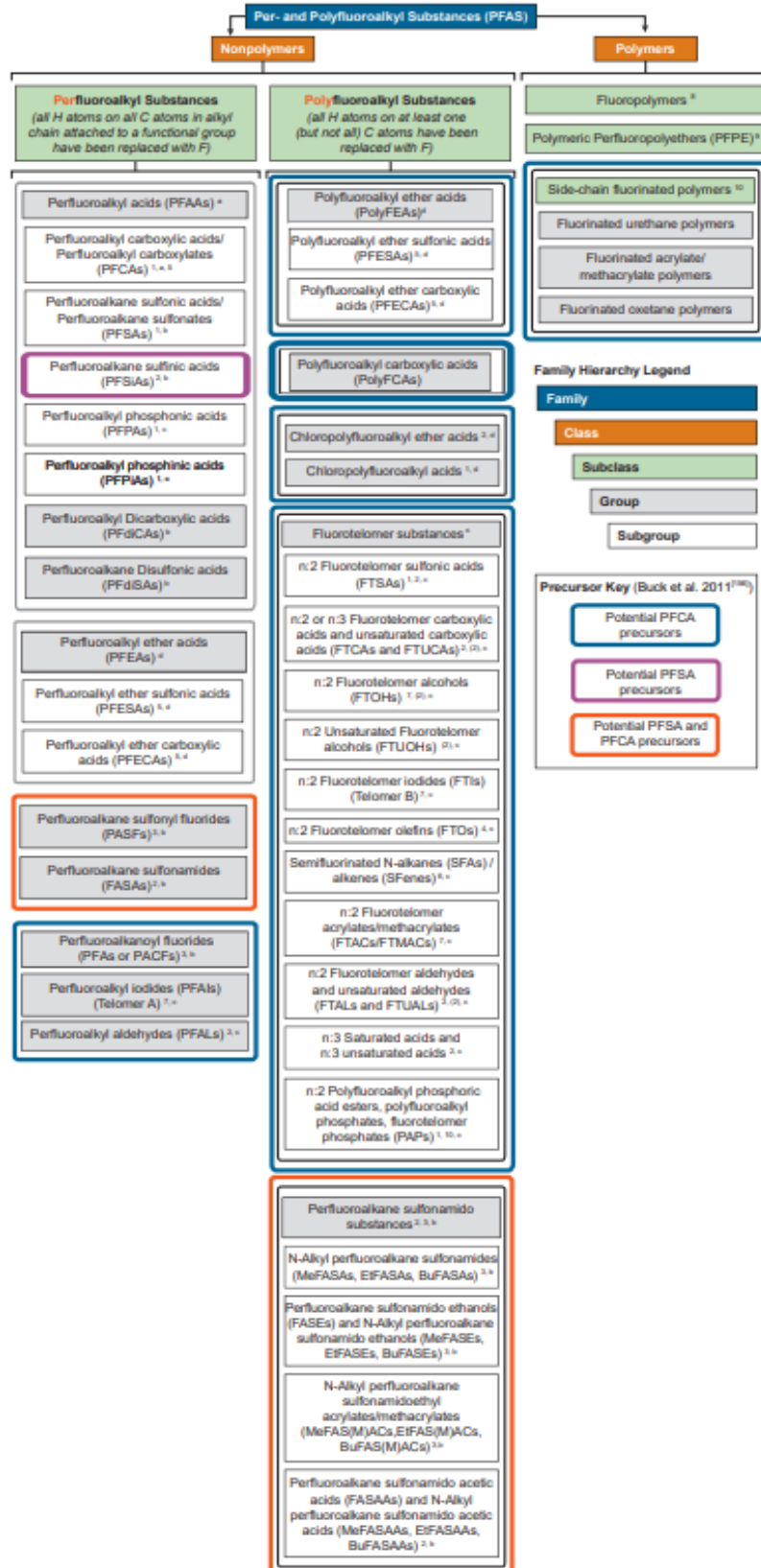
- Yamamoto, T., Y. Noma, et al., (2007). Photodegradation of perfluorooctane sulfonate by UV irradiation in water and alkaline 2-propanol. *Environ. Sci. Technol.* 41: 5660–65.
- Yin, T., Te, S.H., Reinhard, M., Yang, Y., Chen, H., He, Y., Gin, K.Y.H. (2018). Biotransformation of Sulfluramid (N-ethyl perfluorooctane sulfonamide) and dynamics of associated rhizospheric microbial community in microcosms of wetland plants. *Chemosphere*, 211: 379-389.
- Zabaleta, I., Bizkarguenaga, E., Nunoo, D.B., Schultes, L., Leonel, J., Prieto, A., et al., (2018). Biodegradation and uptake of the pesticide sulfluramid in a soil–carrot mesocosm. *Environ. Sci. Technol.*, 52 : 2603-2611.
- Zasada, I. (2011). Multifunctional peri-urban agriculture, A review of societal demands and the provision of goods and services by farming. *Land Use Policy* 28:639-648.
- Zhang, L., Lee, J. Niu, J. Liu, J. (2017). Kinetic analysis of aerobic biotransformation pathways of a perfluorooctane sulfonate (PFOS) precursor in distinctly different soils, *Environmental Pollution*, Volume 229, 2017, Pages 159-167, ISSN 0269-7491.
- Zhang, X., Zhao, L., Ducatman, A. et al., (2023). Association of per- and polyfluoroalkyl substance exposure with fatty liver disease risk in US adults. *JHEP Reports* 5: 100694.
- Zhang, Y., Zhao, Y., Qiu, X., Han, R. (2013). Differentially expressed genes of *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae) challenged by chemical insecticides. *J. Econ. Entomol.* 106: 1863-70.
- Zhao, S, Zhou, T, Zhu, L, Wang, B, Li, B, Yang, L, Liu, L. (2018). Uptake, translocation and biotransformation of N-ethyl perfluorooctanesulfonamide (N-EtFOSA) by hydroponically grown plants, *Environ. Pollut.* 235, 404-410.





## Anexo 1

Familia de PFAS. La sulfluramida se encuentra dentro del grupo de las PFAS no poliméricas, perfluoroalquiladas, dentro de ellas las sulfonamidas de perfluoroalcanos (FASAs), dentro del subgrupo de sulfonamidas de perfluorooctano (FOSAs). De [PFAS – Per- and Polyfluoroalkyl Substances \(itrcweb.org\)](http://itrcweb.org).



## Anexo 2

Parámetros y condiciones de los bioensayos realizados con algas e invertebrados acuáticos y terrestres citados en este informe.

Grupo y especie	Parámetro	Pureza	Resultado	Clasificación*	Referencia
<b>Algas</b> <i>Selenastrum capricornutum</i>	EC50 72h	92%	> 1000 mg/L	Poco tóxico	PPDB,2023
<i>Selenastrum capricornutum</i>	EC50 96h	92%	68,1 mg/L	Medianamente tóxico	IBAMA, 2019
<i>Selenastrum capricornutum</i>	EC50 96h	98%	>1000 mg/L	Poco tóxico	IBAMA, 2019
<i>Selenastrum capricornutum</i>	EC50 96h	95%	163,8 mg/L	Poco tóxico	IBAMA, 2019
<b>Microcrustáceos</b> <i>Daphnia magna</i>	CE50 48h Sistema estático	98%	>10 mg/L	Medianamente tóxico	IBAMA, 2019
<i>Daphnia similis</i>	CE50 48h Sistema estático	98%	77,6 mg/L	Medianamente tóxico	IBAMA, 2019
<i>Daphnia similis</i>	CE50 48h Sistema estático	98%	0,105 mg/L	Altamente tóxico	IBAMA, 2019
<b>Lombriz de tierra</b> <i>Eisenia foetida</i>	CL50 14 días	98%	1897 mg/kg	Baja	PPDB,2023
<i>Eisenia foetida</i>	CL50 14 días	92%	49,2 mg/kg	Muy tóxico	IBAMA, 2019
<i>Eisenia foetida</i>	CL50 14 días sistema estático	95%	1506,8 mg/kg	poco tóxico	IBAMA, 2019
<b>Abejas</b> ( <i>Apis spp</i> )	DL50 (dieta) 24 a 72 h	-	0,5 µg/abejas	Altamente tóxico	PPDB,2023

<i>Apis mellifera</i>	DL50 (contacto) 48 h	96%	38,4 µg/abejas	Poco tóxico	IBAMA, 2019
<i>Apis mellifera</i>	DL50 (contacto) 24 h	91%	0,085 µg/abejas	Altamente tóxico	IBAMA, 2019
<i>Apis mellifera</i>	DL50 (contacto) 48h	95%	0,217 µg/abejas	Altamente tóxico	IBAMA, 2019

\*La interpretación del riesgo ecotoxicológico se establece de acuerdo en las categorías definidas por IBAMA (2019) y la Base de Datos sobre Propiedades de los Plaguicidas (PPDB,2023).

## Anexo 3

Factor de Bioconcentración (BCF).

Grupo y especie	Concentraciones ensayadas	Resultado	Pureza	Clasificación*	Referencia
<i>Brachydanio rerio</i>	8 µg/L	1131	-	Altamente bioconcentrable	IBAMA, 2019
<i>Brachydanio rerio</i>	100 µg/L	1240	98	Altamente bioconcentrable	IBAMA, 2019
<i>Brachydanio rerio</i>	1,03 µg/L	1245	95	Altamente bioconcentrable	IBAMA, 2019
<i>Brachydanio rerio</i>	18,4 µg/L	1180	95	Altamente bioconcentrable	IBAMA, 2019

Los bioensayos se realizaron a temperatura ambiente durante 21 días de exposición, en un sistema semi-estático. \*La interpretación del riesgo ecotoxicológico se establece de acuerdo en las categorías definidas por IBAMA (2019).

## Anexo 4

Parámetros y condiciones de los bioensayos realizados con vertebrados acuáticos y terrestres citados en este informe.

Grupo y especie	Parámetro	Pureza	Resultado	Clasificación*	Referencia
<b>Peces</b> <i>Salmo gairdneri</i>	CL50 96 h Sistema estático	99%	>10 mg/L	Medianamente tóxico	IBAMA, 2019
<i>Lepomis macrochirus</i>	CL50 96 h Sistema estático	97%	>6,6 mg/L	Muy tóxico	IBAMA, 2019
<i>Brachydanio rerio</i>	CL50 96-168h Sistema semi-estático	97%	24,7 mg/L	Medianamente tóxico	IBAMA, 2019
<i>Brachydanio rerio</i>	CL50 96 h Sistema semi-estático	97%	3,2 mg/L	Muy tóxico	IBAMA, 2019
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	CL50 96h	-	> 8 mg/L	Muy tóxico	PPDB,2023
<b>Aves</b> <i>Colinus virginianus</i>	DL50 Dosis única 14 días	99%	474 mg/kg	Muy tóxico	IBAMA, 2019
<i>Coturnix coturnix japonica</i>	DL50 (dosis única) 14 días	98%	650 mg/kg	Medianamente tóxico	IBAMA, 2019
<i>Colinus virginianus</i>	DL50 aguda	-	460 mg/kg	Moderada	PPDB,2023
<i>Anas platyrhynchos</i>	CL50 (dieta) 12 días	99%	165 mg/kg	Altamente tóxico	IBAMA, 2019
<i>Colinus virginianus</i>	CL50 (dieta) 8 días	97%	300 mg/kg	Altamente tóxico	IBAMA, 2019

<i>Coturnix coturnix japonica</i>	CL50 (dieta) 5 días	98%	264 mg/kg	Altamente tóxico	IBAMA, 2019
<i>Coturnix coturnix japonica</i>	CL50 (dieta) 17 días	95%	325 mg/kg	Altamente tóxico	IBAMA, 2019

\*La interpretación del riesgo ecotoxicológico se establece de acuerdo en las categorías definidas por IBAMA (2019) y la Base de Datos sobre Propiedades de los Plaguicidas (PPDB,2023).



## Anexo 5

Clasificación de peligrosidad para la sulfluramida establecidos por la Organización Mundial de la Salud, de acuerdo a los datos de letalidad DL50 estimada en rata vía oral y dermal.

Clase	Grado de peligro	Letalidad - DL50 en rata (mg/kg peso corporal)	
		Vía oral	Vía dermal
<b>Ia</b>	<i>Extremadamente peligrosa</i> ***	< 5	< 50
<b>Ib</b>	<i>Altamente peligrosa</i> ***	5-50	50-200
<b>II</b>	<i>Moderadamente peligrosa</i>	50-2000	200-2000
<b>III</b>	<i>Levemente peligrosa</i>	>2000	>2000
<b>U**</b>	<i>Improbable</i> ("Unlikely") que pueda causar intoxicaciones agudas si se usa en aplicaciones autorizadas siguiendo los modos de uso normales (siguiendo recomendaciones)	≥5000	≥5000

Extraído de WHO, 2020.

\*\*A este grupo de sustancias SENASA lo denomina "Clase IV".

\*\*\*Además de la consideración de las estimaciones de DL50 en animales de laboratorio, para las clases de mayor peligrosidad (Ia y Ib) también se consideraron aspectos de su impacto en la salud humana y ambiental.

## Anexo 6

Margen de Exposición Estimado (MOE) en función de la vía de exposición en poblaciones susceptibles establecidos por USEPA, (2001). Un valor de MOE (Margen de Exposición) de 1000 se considera suficientemente protector para cualquier subgrupo de individuos en entornos ocupacionales. El MOE mínimo para operarios que no utilicen elementos básicos de protección personal se establece en 93.

Vía de ingreso al organismo	Población susceptible	Actividad que favorece la exposición	MOE (Margen de Exposición estimado*)
Oral	Población general	Ingesta de dieta  Comportamiento <i>mano-objeto-boca</i> en áreas urbanas y suburbanas tratadas (con foco en el riesgo en niños pequeños)	>10.000  De 5500 a 9800  7 **
	Trabajadores agrícolas	Ingestión del cebo (intoxicación oral aguda en infantes; múltiples episodios)  Intentos de suicidio  Manejo del producto sin uso de EPP durante tareas de aplicación ***	N/A  Especialmente, ingesta de alimentos durante las rutinas de trabajo. De 2800 a >10.000
Dermal	Población general	Contacto del cuerpo con zonas parquizadas recién tratadas	>10.000
	Trabajadores agrícolas (considerando especialmente cargadores del cebo y aplicadores)	Manejo del producto sin uso de EPP durante tareas de aplicación ***	De 2800 a >10.000
Dermal-Oral	Trabajadores de industria forestal (considerando especialmente cargadores del cebo y aplicadores)	Manejo del producto sin uso de EPP durante tareas de aplicación ***	De 93 a 890
		Manejo del producto con uso de medidas básicas de protección personal (guantes,	De 240 a 2300

		maskarilla o respirador, vestimentas cubriendo cuerpo completo)	
Inhalatoria (considerada de baja significancia para el análisis de riesgo debido a que los productos se comercializan como cebos compactos de difícil disgregación/pulverización)	Trabajadores agrícolas, asumiendo ingreso inhalatorio de productos de descomposición en polvo y partículas de suelo	Manejo del producto sin uso de EPP durante tareas de aplicación ***	No existe información suficiente para estimar exposición

\* Estimación realizada por el comité de expertos de USEPA asumiendo adultos y niños de 60 y 15 kg de peso corporal, respectivamente, y distintos escenarios de exposición (corto y mediano término) durante e inmediatamente después de las tareas de aplicación.

\*\* Utilizando un escenario de consumo repetido de 0,3 g/día, un nivel de ingesta considerado muy conservador.

\*\*\* Para esta simulación del análisis de riesgo se asumió un trabajador que no usa guantes ni máscara/respirador y que carga y/o aplica el producto vistiendo una sola capa de ropa de trabajo (por ejemplo, camisa y bermudas).



Ministerio de Ambiente  
y Desarrollo Sostenible  
**Argentina**

