

MONITOREO DE AGROQUÍMICOS EN LA CUENCA

Periodo 2013 – 2022



Unidad de Gestión de Calidad del Agua

*Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los
Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC)
Secretaría de Gestión Ambiental (SGA)*

*Provincia del Neuquén
Secretaría de Ambiente (SA)
Subsecretaría de Recursos Hídricos (SsRH)*

*Provincia de Río Negro
Departamento Provincial de Aguas (DPA)*

*Universidad Nacional del Comahue
Facultad de Ingeniería. Laboratorio de Cromatografía*



NOVIEMBRE, 2025

Tabla de Contenidos

1. Introducción	3
2. Objetivos	4
2.1. Objetivo General	4
2.2. Objetivos Específicos.....	4
3. Aspectos teóricos	4
3.1. Plaguicidas. Definición, Clasificación y Usos	4
3.2. Producción agrícola en los Valles	11
3.3. Pérdidas productivas por plagas pre y postcosecha. Aplicación de plaguicidas.....	13
3.4. Propiedades fisicoquímicas y dinámica ambiental de plaguicidas.....	15
4. Aspectos legales del uso de plaguicidas.....	19
5. Metodología	27
5.1. Sistema hidrográfico de los ríos Limay, Neuquén y Negro. Caracterización del área de estudio.....	27
5.2. Selección de sitios, frecuencia de muestreo y variables analizadas	27
5.3. Métodos de análisis.....	32
6. Resultados	34
6.1. Parámetros fisicoquímicos medidos a campo.....	34
6.2. Monitoreo de plaguicidas en agua	39
7. Conclusiones.....	47
8. Consideraciones Finales	52
9. Anexos	56
9.1. Constantes de afinidad (Koc) de distintos agroquímicos.....	56
9.2. Distribución espacial de los plaguicidas cuantificados.....	58
9.3. Riesgo ecotoxicológico de plaguicidas cuantificados en el período 2013-2022	58

1. Introducción

El presente informe se encuentra en marco del Programa de Monitoreo de Agroquímicos que la AIC, que en conjunto con las Provincias de Rio Negro y Neuquén, se llevó adelante en la cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro desde el año 2013, dando continuidad al último periodo analizado 2006–2012¹. Los resultados presentados actualmente corresponden al análisis de plaguicidas en muestras de agua superficial, recolectadas durante el período 2013–2022, en 39 sitios de la cuenca considerados como representativos en dos tipos de ambientes: ríos y desagües. La toma de muestras fue realizada por personal técnico del Departamento Provincial de Aguas (DPA) de la Provincia de Rio Negro, la Subsecretaria de Recursos Hídricos (SsRH) de la Provincia de Neuquén y la AIC. El análisis de las mismas fue realizado por el Laboratorio de Cromatografía de la Universidad Nacional del Comahue (CITAAC-UNCo), procesadas mediante protocolos estandarizados, en el marco de Convenios de colaboración técnica con la Facultad de Ingeniería. Los resultados analíticos se contrastaron con la reglamentación vigente sobre agroquímicos para calidad de agua superficial a nivel internacional, nacional y local, con la finalidad de analizar si podría existir algún grado de afectación del recurso hídrico relacionado a las actividades productivas frutihortícolas desarrolladas en los valles irrigados de Rio Negro y Neuquén.

Para complementar los objetivos propuestos, se relevaron estudios a nivel nacional e internacional sobre presencia, destino ambiental y efectos de los plaguicidas sobre el ser humano y organismos de los ecosistemas acuáticos; datos de comercialización de agroquímicos en la zona de influencia y aplicación actual de agroquímicos en la región.

El presente documento fue elaborado con el mayor rigor científico y el valor del mismo constituye un soporte importante para apoyar los esfuerzos de múltiples actores con responsabilidades en el aseguramiento de la calidad del agua de las cuencas, desde la formulación de planes de manejo y la toma de decisiones para emprender programas o proyectos, hasta la consulta con fines didácticos y/o científicos.

¹ Informe Agroquímicos-2006-2012 AIC

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

El objetivo de este informe es presentar los resultados obtenidos en el Programa de Monitoreo de Agroquímicos durante el período 2013 -2022 en relación a la determinación de la presencia de plaguicidas en las aguas superficiales de los ríos Limay, Neuquén y Negro donde se localizan las tomas de agua para abastecimiento de las poblaciones y desagües de las áreas de riego con producción frutihortícola a fin de analizar la posible afectación al ambiente asociada a su presencia.

2.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la calidad del recurso hídrico como fuente de agua para abastecimiento humano y protección de vida acuática.
- Analizar la distribución de los sitios con detección de plaguicidas, e identificar sitios con mayor afectación.
- Analizar los cambios registrados en las prácticas agrícolas regionales, y la incorporación de nuevos cultivos que involucran el uso de plaguicidas en relación a los resultados obtenidos a lo largo del Programa de Monitoreo de Agroquímicos.
- Realizar una evaluación y actualización del Programa en función a los cambios registrados en las prácticas agrícolas regionales y el uso de plaguicidas.

3. Aspectos teóricos

3.1. Plaguicidas. Definición, Clasificación y Usos

La organización mundial de la Salud² definió a los plaguicidas como cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar plagas, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de animales, especies no deseadas de

² <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789240005662>

plantas o animales que causen perjuicios o que interfieran de cualquier otra forma en la producción, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas no elaborados o que puedan administrarse a animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas. El término agroquímico contempla a algunos de los productos químicos utilizados en las actividades agrícolas, tales como fertilizantes, plaguicidas, fitoreguladores, y algunos antibióticos.

Por su naturaleza, los plaguicidas son potencialmente tóxicos para otros organismos, incluidos los humanos, y deben usarse de manera segura y eliminarse adecuadamente. Los plaguicidas pueden clasificarse de acuerdo a diferentes criterios y con distinto grado de especificidad³. De acuerdo al hospedante sobre el cual actúa el agroquímico: insecticidas, acaricidas, molusquicidas, rodenticidas, fungicidas, nematocidas, herbicidas, fitoreguladores y productos afines. En cuanto a la clasificación de acuerdo al grupo químico al cual pertenecen, permanentemente se están incorporando nuevos agroquímicos al mercado, lo cual hace sumamente compleja una clasificación completa basada en este criterio. A continuación, se presentan los grupos químicos más importantes para los insecticidas, herbicidas y fungicidas⁴. Es importante conocer el grupo químico desde el punto de vista toxicológico, debido a que los productos de un mismo grupo producen efectos análogos y con similares tratamientos.

Para el grupo de insecticidas existe la siguiente subclasificación:

- Clorados: DDT, clordano, lindano, metoxicloro, pertane, heptacloro, aldrin, dieldrin, endrin, isodrin, entre otros. Este grupo se encuentra prohibido en nuestro país debido a su acumulación en tejido lipídico.
- Organofosforados: acefato, clorpirifos, metil demeton, diazinon, dimetoato, etion, fenitrotion, triclorfon, mercaptotion, metil azinfos, metidation, triazofos, entre otros.
- Carbamatos: carbofuran, carbosulfan, metomil, pirimicarb, formetanato, entre otros.
- Piretroides: cipermetrina, ciflutrina, deltametrina, esfenvalerato, permetrina, fenpropatrina, λ -cialotrina, entre otros.

³ Bartual Sánchez, María José Berenguer Subils NTP 143: Pesticidas: clasificación y riesgos principales. 1980.

⁴ María Cristina Arregui y Eduardo Puricelli. Mecanismo de acción de plaguicidas Argentina. Dow AgroSciences, 2008. 208 p. ISBN: 9789870541912.

- Nitroguanidinas: acetamiprid, imidacloprid.
- Benzoilureas: novaluron, clorfluzaron, teflubenzuron, entre otros.

Los fungicidas presentan la siguiente subclasificación:

- Metoxiacrilatos: azoxistrobina.
- Triazoles: epoxiconazole, ciproconazole, difenoconazole, propiconazole, fenbuconazole, flutriafol, tebuconazole, flusilazole.
- Bencimidazoles: carbendazim, tiabendazol, metil tiofanato.
- Derivado del benceno: clorotalonil.
- Ditiocarbamato: mancozeb.

Mientras que para los herbicidas existe la siguiente subclasificación:

- Ácido fosforoso: glifosato.
- Midazolinonas: imazaquim, imazetapir, imazapir.
- Triazinas: prometrina.
- Acetanilidas: acetoclor, alaclor.
- Derivados benzoicos: dicamba.
- Benzonitrilos: bromoxinil.
- Diazinas: bentazón.

El uso inadecuado de plaguicidas y la disposición final de los envases que los contienen puede generar impactos negativos en el ambiente o en la salud. Las consecuencias de la exposición a plaguicidas para la salud humana dependen de numerosos factores, como se mencionó anteriormente el grupo químico al que pertenecen, la cantidad o dosis de exposición, la duración, el momento y las circunstancias de exposición, entre otros⁵. La toxicidad de los plaguicidas es su capacidad de producir alteraciones a la salud y su clasificación se realiza en función de sus efectos agudos. Para expresar la toxicidad aguda de

⁵ Magnasco, E.; Di Paola, M. M. 2015. "Agroquímicos en argentina ¿Dónde estamos? ¿A dónde vamos?". (pp.147-164). En: Di Pangraccio, A.; Nápoli, A.; Sangalli F. (Eds.) Informe Ambiental Anual 2015. - 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundación Ambiente y Recursos Naturales. 416 p

una sustancia se utilizan los valores de Dosis Letal 50 (DL₅₀ Oral o Dermal) o Concentración Letal 50 (CL₅₀ inhalatoria). La clasificación es expresada utilizando una categorización que fue establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y adoptada por nuestro país. Para definir los distintos grupos se utiliza el denominado DL₅₀ (Dosis Letal 50%) que es la dosis necesaria para la mortalidad en laboratorio del 50% de una población numéricamente significativa de animales de ensayo expresada en mg/kg de peso vivo.

En la Tabla 1 se presenta la clasificación establecida por la Resolución SENASA N° 302/2012, que tiene en cuenta lo publicado por OMS e incorpora la clasificación de los productos en función de su irritación ocular y dermal, y de su sensibilización.

Tabla 1. Toxicidad aguda, oral y dérmica de plaguicidas.

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

Fuente: <https://www.manualfitosanitario.com/InfoNews/INTA%20Aplicacion%20eficiente%20de%20fitosanitarios%20Cap%202.%20%20Formulaciones.pdf>

En la Tabla 2 se presentan las principales propiedades físico-químicas y ambientales más destacadas de los plaguicidas (herbicidas, insecticidas y fungicidas) incorporados en el plan de monitoreo del período 2013-2022 para la zona de estudio del presente informe.

Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas de los plaguicidas monitoreados ⁽¹⁾.

Plaguicida	Clase toxicológica	Propiedades fisicoquímicas y ambientales
Captan	III	Se hidroliza rápidamente en medios alcalinos. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: no persistente. Movilidad en el suelo: alta. Persistencia en agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: ligera.
Difenilamina ⁽²⁾	III	Movilidad en el ambiente: no se dispone de datos.
Etoxiquina ⁽³⁾⁽⁴⁾	IV	Solubilidad en agua: moderada. Movilidad en suelo: moderada (Koc= 3208).

Plaguicida	Clase toxicológica	Propiedades fisicoquímicas y ambientales
Carbaril	III	Estable en medio neutro o débilmente ácido, a la luz y el calor. Solubilidad en agua: baja a mediana. Persistencia en el suelo: ligera a no persistente. Movilidad en el suelo: mediana. Persistencia en agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: ligera.
Carbofuran	Ib	Estable en medios ácidos o neutros; inestable en alcalinos. Solubilidad en agua: moderada. Persistencia en el suelo: mediana a no persistente. Movilidad en el suelo: extrema. Persistencia en agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: ligera.
Pirimicarb	II	Estable en medio acuosos entre pH 4 a 9 (25 °C). Inestable bajo luz UV. Solubilidad en agua: alta. Persistencia en el suelo: extrema a no persistente. Movilidad en el suelo: mediana. Persistencia en agua sedimento: nd. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: ligera.
Propoxur	II	Estable a pH 7, se hidroliza en ácidos fuertes; Baja foto degradación directa, con ácidos húmicos se acelera. Solubilidad en agua: alta. Persistencia en el suelo: alta a ligera. Movilidad en el suelo: extrema. Persistencia en agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: ligera.
Carbendazim	III	Estable a la luz, el calor, en suspensión acuosa y en medios ácidos. Solubilidad en agua: baja a mediana. Persistencia en el suelo: extrema. Movilidad en el suelo: inmóvil. Persistencia en agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: ligera.
Metiltiofanato	II	Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: ligera a no persistente. Movilidad en el suelo: alta a inmóvil. Persistencia en agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: ligera.
Tiabendazol	III	Solubilidad en agua: baja a mediana. Persistencia en el suelo: extrema. Movilidad en el suelo: inmóvil. Persistencia en agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: ligera.
λ-Cialotrina	III	Solubilidad en agua: Baja. Es persistente. Movilidad en suelo: baja ($K_D=3709$).
Cipermetrina	III	Se hidroliza en medios alcalinos, es termoestable y estable a la luz en condiciones de campo. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: alta a mediana. Movilidad en el suelo: inmóvil. Persistencia en agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: alta a mediana.
Deltametrina	II	Muy estable bajo radiación UV y luz solar. Más estable en medios ácidos que alcalinos. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: mediar no persistente. Movilidad en el suelo: inmóvil. Persistencia en agua sedimento: más persistente. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: alta.
Fenvalerato	II	No es estable en medios alcalinos. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: alta a mediana. Movilidad en el suelo: ligera a inmóvil. Persistencia en agua sedimento: nd. Volatilidad: ligera a no volátil. Bioacumulación: alta.

Plaguicida	Clase toxicológica	Propiedades fisicoquímicas y ambientales
Permetrina	III	Más estable en medios ácidos que en alcalinos, mayor estabilidad a pH 4; estable a pH 5 y 7 a 25 °C y al calor. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: mediana a no persistente. Movilidad en el suelo: inmóvil. Persistencia en agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: moderada a no volátil. Bioacumulación: alta a mediana.
Clorpirifos	II	Estable en medios neutros o ácidos, inestable en alcalinos. Su hidrólisis incrementa con el pH y con metales que pueden formar quelatos. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: extrema a no persistente. Movilidad en el suelo: ligera a inmóvil. Persistencia en agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: ligera. Bioacumulación: alta.
Dimetoato	II	Estable a pH 2-7; se hidroliza en medios alcalinos. Solubilidad en agua: alta. Persistencia en el suelo: ligera a no persistente. Movilidad en el suelo: extrema a alta. Persistencia en agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: ligera.
Fenitrotion	II	Se hidroliza en medios alcalinos. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: no persistente. Movilidad en el suelo: mediana a ligera. Persistencia en agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: moderada a no volátil. Bioacumulación: mediana a ligera.
Fosmet	II	Se hidroliza rápidamente en medios alcalinos; relativamente estable en condiciones ácidas. Se descompone rápidamente a temperaturas mayores a 100°C y bajo exposición solar. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: ligera a no persistente. Movilidad en el suelo: inmóvil. Persistencia en agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: ligera.
Metilazinfos ⁽³⁾	Ib	Solubilidad en agua: 28 mg/L. Su movilidad en suelo es mediana ($K_D= 10$, mL/g). Es moderadamente persistente en suelos.
Etilazinfos	Ib	Solubilidad en agua: baja. Persistencia en suelos: mediana. Movilidad en suelos. Ligera. Persistencia en agua sedimento: nd. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: mediana.
Metidation	Ib	Se hidroliza rápidamente en medios alcalinos o muy ácidos; relativamente estable en neutros o ligeramente ácidos. Solubilidad en agua: moderada. Persistencia en el suelo: ligera a no persistente. Movilidad en el suelo: mediana. Persistencia en agua sedimento: más persistente. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: ligera.
Malation	III	Estable en medios acuosos y neutrales; se descompone en ácidos fuerte álcalis. Solubilidad en agua: moderada. Persistencia en el suelo: no persistente. Movilidad en el suelo: alta a mediana. Persistencia en agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: mediana a ligera.

Plaguicida	Clase toxicológica	Propiedades fisicoquímicas y ambientales
Metilparation	Ia	Se hidroliza en medios alcalinos y ácidos. Se fotodegrada en el agua. Solubilidad en agua: moderada. Persistencia en el suelo: ligera a no persistente. Movilidad en el suelo: mediana. Persistencia en agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: ligera.
Etilparation	Ia	Estable en medios ácidos, se hidroliza en los alcalinos. Solubilidad En agua: baja. Persistencia en el suelo: mediana a no persistente. Movilidad en el suelo: mediana a inmóvil. Persistencia En agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: mediana a ligera.
Triazofos	Ib	Estable a pH neutro y a la luz. Se hidroliza en soluciones acuosas, ácidas básicas. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: mediana a no persistente. Movilidad en el suelo: mediana. Persistencia en agua sedimento: menos persistente. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: mediana.
α - HCH, β - HCH, γ - HCH, δ - HCH	II	Extremadamente estable a la luz, aire, temperaturas hasta 180 °C, y en medios ácidos. En medios alcalinos se deshidroclorina. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: extrema. Movilidad en el suelo: ligera. Persistencia en agua sedimento: más persistente. Volatilidad: moderada. Bioacumulación: alta.
Aldrin	Ia	Estable hasta 200 °C y entre pH 4 y 8. Reacciona con ácidos concentrados fenoles. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: extrema a ligera. Movilidad en el suelo: inmóvil. Persistencia En agua sedimento: nd. Volatilidad: ligera. Bioacumulación: alta.
Endrin	Ia	Se descompone a temperaturas mayores a 200 °C. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: extrema. Movilidad en el suelo: inmóvil. Persistencia en agua sedimento: nd. Volatilidad: ligera a volátil. Bioacumulación: alta.
Dieldrin	Ib	Estable en medios alcalinos o ácidos. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: extrema. Movilidad en el suelo: inmóvil. Persistencia en agua sedimento: nd. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: alta.
Heptacloro, Heptacloro Epóxido	II	Se descompone en medios alcalinos. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: extrema. Movilidad en el suelo: inmóvil. Persistencia en agua sedimento: nd. Volatilidad: alta. Bioacumulación: alta.
op' DDT, pp' DDT op' DDD, pp' DDD op' DDE, pp' DDE,	III	No se descompone bajo exposición a la luz solar. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: extrema. Movilidad en el suelo: inmóvil. Persistencia en agua sedimento: nd. Volatilidad: ligera. Bioacumulación: alta.
Endosulfan I, Endosulfan II, Endosulfan sulfato	Ib	Inestable en medios alcalinos. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: extrema a mediana. Movilidad en el suelo: inmóvil. Persistencia en agua sedimento: nd. Volatilidad: moderada a no volátil. Bioacumulación: alta a mediana.

Plaguicida	Clase toxicológica	Propiedades fisicoquímicas y ambientales
Clordano	II	Se descompone con álcalis y bajo exposición a luz UV. Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: extrema. Movilidad en el suelo: inmóvil. Persistencia en agua y sedimento: nd. Volatilidad: no volátil. Bioacumulación: alta.
Metoxicloro ⁽³⁾	III	Solubilidad en agua: baja. Es persistente en suelos. Movilidad en suelo: baja.

nd: no detectado.

Fuente:

⁽¹⁾ <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu>.

⁽²⁾ Ficha de datos de seguridad Difenilamina $\geq 99\%$, p.a., ACS.

⁽³⁾ Ficha de seguridad Etoxiquina- Merck.

⁽⁴⁾ <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/n/>

3.2. Producción agrícola en los Valles

La actividad agrícola tiene un rol central tanto en la provisión de alimentos como en el desarrollo socio-económico del país. En nuestra región, se evidencia un incremento en la variedad e intensificación de la actividad agrícola ganadera que se relaciona directamente con el uso de agroquímicos, como plaguicidas, fertilizantes y antibióticos, entre otros, que propician aumentos en la producción y que, por otro lado, al ser liberados en distintas matrices representan un riesgo de afectación de la calidad del ambiente. La producción frutícola ocupa la sexta posición entre los productos exportados por Argentina, siendo aproximadamente el 95% de las manzanas y peras exportadas las que se producen en el valle de los ríos Negro y Neuquén⁶. El desarrollo histórico de la fruticultura en los valles, principalmente en las márgenes de los ríos Limay, Neuquén y Negro, ha sido posible gracias a la infraestructura de sistematización de tierras con acceso al sistema de riego, así como caminos y servicios. Durante los últimos 20 años en el departamento Confluencia las áreas agroproductivas de las localidades de Neuquén y Plottier sufrieron una fuerte urbanización, con el posterior cambio de uso del suelo. Las producciones hortícolas se han desarrollado principalmente en el valle irrigado y en cercanía de los principales centros urbanos por la proximidad a la comercialización de la producción en fresco, así como la cercanía al mercado

⁶ Sánchez V., Gutiérrez C., Gomez D., Loewy, M. and Guiñazú N. pesticide residues monitoring in underground drinking water, neuquén province, northern patagonia, argentina. Monitoreo de residuos de plaguicidas en aguas subterráneas para consumo humano en la provincia de Neuquén, Patagonia norte, Argentina. Rev. Int. Contam. Ambie. 35 (3) 641-649, 2019. DOI: 10.20937/RICA.2019.35.03.10

concentrador. Estos espacios abastecen de hortalizas frescas, tales como verduras de hoja entre las que se destacan: lechuga, acelga, espinaca y repollo, y también cultivos de fruto en verano como: maíz, tomate, pimiento, berenjena, zapallo, zapallito y chaucha.

De acuerdo a los registros publicados por SENASA (2023), la superficie cultivada con frutales en Río Negro y Neuquén (Tabla 3) es de 44.435 hectáreas, de las cuales el 77% corresponde a frutales de pepita, principalmente manzana y pera. La provincia de Río Negro participa con el 82,8% del total de superficie implantada y la provincia de Neuquén con el 17,1% restante. La producción aproximada es de 2 millones de toneladas en las que predominan peras y manzanas, y en menor medida frutas de carozo, uva, cerezas y otras. El 36,85% de las peras producidas se destinan al mercado interno y el 63,14% a la industria.

En cuanto a la producción de manzanas, el 52,48% se destina al mercado interno y el 47,52% se industrializa.

Tabla 3. Superficie (Ha) destinada al cultivo de frutales en la Región Patagonia Norte⁷.

Especie	Río Negro	Neuquén	Superficie (Ha)	% del total
Manzana	13.908	2.770	16.678	37,53
Pera	15.521	2.000	17.521	39,43
Vid	1.549	1.787	3.336	7,51
Durazno	902	86	988	2,22
Ciruela	699	132	831	1,87
Frutos secos	3.299	514	3.813	8,58
Nectarines	450	76	520	1,17
Cereza	486	232	718	1,61
Damascos	16	8	24	0,05
TOTAL	36.830	7.605	44.435	100

La horticultura es la segunda actividad agrícola más relevante de la provincia de Río Negro, luego de la fruticultura. La totalidad de la producción hortícola en la región abarca alrededor de 7.700 Ha, de las cuales el 21% corresponde al Valle Inferior del Río Negro. El 67% de la superficie hortícola allí cultivada corresponde a cebolla, el cultivo más importante, seguido por zapallo y tomate. En la zona, se distingue una producción especializada en los cultivos de mayor importancia, y a su vez un conjunto de producciones hortícolas diversificadas.

⁷ Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), Anuario Estadístico 2023 – Centro Regional Patagonia Norte.

El Cinturón Hortícola de la provincia de Neuquén está emplazado en el departamento Confluencia. Las localidades que lo conforman son Vista Alegre, Centenario, Plottier, Senillosa y Neuquén, dentro de las más importantes. En la ciudad de Neuquén se encuentra el mercado concentrador, que comercializa el 80% de las frutas y hortalizas para consumo interno. Actualmente, la horticultura representa el 10% de la superficie total, con 870 Ha productivas (Subsecretaría de Producción, RENSPA 2021). El crecimiento exponencial de la población de la provincia de Neuquén y la demanda de alimentos fueron los fundamentos para el desarrollo del Programa Provincial Horticultura Responsable, implementado en 2017 por el Ministerio de Producción e Industria de esa provincia.

En este programa se incluyen las buenas prácticas agrícolas sustentables como protocolo necesario para proyectarse no sólo al consumo provincial sino hacia otros mercados. En relación a las actividades industriales relacionadas con la fruticultura, en la provincia de Río Negro existen 183 empaques de frutas, 162 frigoríficos, 16 empaques de hortalizas y 22 empaques de frutos secos. Mientras que en la provincia de Neuquén existen 14 empaques de fruta y 14 frigoríficos.

3.3. Pérdidas productivas por plagas pre y postcosecha. Aplicación de plaguicidas

La intensificación de la productividad de los cultivos en nuestra región fue acompañada de un mayor uso de agroquímicos. El aumento en la demanda de la producción agrícola, relacionada al crecimiento poblacional y el consumo de alimentos, ha exigido prácticas mejoradas y la aplicación de plaguicidas, en particular herbicidas e insecticidas. No obstante, esta práctica cuenta con ciertos efectos negativos, pérdida de controladores biológicos, la resistencia de los organismos y el riesgo de intoxicaciones por consumo⁸. El riesgo de contaminación depende de las características fisicoquímicas del plaguicida y la matriz ambiental considerada. La dinámica de contaminantes en el ambiente incluye la deriva durante la aplicación de plaguicidas, flujos de lixiviación, dispersión en el aire, contacto directo durante la aplicación o indirecto en el caso del uso del agua, aire y consumo de alimentos.

⁸ Macchi, P., Loewy, R. M., Lares, B., Latini, L., Monza, L., Guiñazú, N., & Montagna, C. M. (2018). The impact of pesticides on the macroinvertebrate community in the water channels of the Río Negro and Neuquén Valley, North Patagonia (Argentina). *Environmental Science and Pollution Research*, 25(11), 10668–10678. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1330-x>.

A nivel mundial se aplican alrededor de 2 millones de toneladas anuales de plaguicidas, valor que aumenta rápidamente, siendo China el principal país consumidor, seguido de Estados Unidos y Argentina⁹.

Se destaca que desde el año 1997 hasta la fecha, el aumento del uso de plaguicidas en la Argentina supera más del 250%¹⁰. Un informe de INTA (2015) presentó el detalle de los 15 plaguicidas más usados en nuestro país, siendo los siguientes en orden decreciente: glifosato, 2,4-D, atrazina, diclosulam, cletodim, azoxistrobina + ciproconazol, rynaxypyr, haloxifop, clorpirifos, flubendiamide, trifloxystrobina + ciproconazol, pyraclostrobin + epoxiconazole, metolaclor, dicamba y tiametoxam + lambdialotrina¹¹. Si bien los porcentajes de plaguicidas de menor toxicidad (Clase IV) utilizados han aumentado con el correr de los años, la variedad de productos registrados en el mercado de fitosanitarios argentino también se incrementó.

Entre los agroquímicos más utilizados a nivel nacional, el glifosato es el herbicida más utilizado, ocupa el 65% del mercado nacional, y se usa principalmente en cultivos extensivos. Además, existen otros herbicidas, que ocupan el 22% del mercado de plaguicidas. Por lo tanto, los herbicidas predominan con el 87%, luego los insecticidas (6%), fungicidas (3%) y curasemillas (1%)¹².

Los insecticidas no selectivos, como los carbamatos y los organofosforados, todavía se utilizan con importantes implicaciones sobre la calidad ambiental. En los valles, los insecticidas se aplican cada 15 días durante el período primavera-verano y las prácticas de aplicación, como también el riego artificial, que se realiza principalmente mediante inundación, promueven el transporte de plaguicidas desde el suelo hacia aguas superficiales y subterráneas. En la Tabla 4, se resumen los principales cultivos de la región y se incluyen los distintos agroquímicos que se indican en cada uno de los frutos.

⁹ Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Sidhu, G. P. S., Handa, N., Kohli, S. K., Yadav, P., Bali, A. S., Parihar, R. D., Dar, O. I., Singh, K., Jasrotia, S., Bakshi, P., Ramakrishnan, M., Kumar, S., Bhardwaj, R., & Thukral, A. K. (2019). Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. In SN Applied Sciences (Vol. 1, Issue 11). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>.

¹⁰ Cabaleiro, F. (2020), Praxis jurídica sobre los agrotóxicos en la Argentina: naturaleza de Derechos, Buenos Aires. <http://www.naturalezadederechos.org/praxis.pdf>

¹¹ Lepori, E. C. V. (2018). CULTIVO EXTENSIVO DE ESPECIES TRANSGÉNICAS Y EXPOSICIÓN HUMANA A FITOSANITARIOS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (Issue October).

¹² <http://hdl.handle.net/20.500.12123/992>

Tabla 4. Aplicación de agroquímicos en frutas¹³.

Producción		Agroquímicos
Manzanas	Insecticidas	acetamiprid bacillus thuringiensis novaluron pyriproxifen tiaclopid
	Fungicidas	boscalid + Pyraclostrobin captan difenoconazole fludioxonil pirimetanil
Peras	Insecticidas	abamectina + Clorantraniliprole clorantraniliprole + Lambdacialotrina clorantraniliprole + Tiametoxam novaluron + Acetamiprid
	Fungicidas	boscalid + Pyraclostrobin captan difenoconazole fludioxonil iprodione pirimetanil

3.4. Propiedades fisicoquímicas y dinámica ambiental de plaguicidas

La dinámica ambiental de los plaguicidas a partir de su aplicación, se ha estudiado extensamente en una variedad de condiciones de campo. Entre las variables que determinan el transporte en el ambiente se encuentran las propiedades físicas y químicas del suelo, la erosión, adsorción a partículas de sedimentos y suelos erosionados, la cobertura vegetal, la etapa de desarrollo de la planta, la frecuencia de aplicación, las condiciones climatológicas como precipitaciones y respuestas hidrológicas de sistemas de drenaje, entre otras¹⁴.

Otros factores que intervienen con el comportamiento ambiental y la disponibilidad biológica de estas sustancias son el tipo de formulación; el método y las condiciones agrícolas en el momento de su aplicación. Lo anterior influye directamente en los efectos

¹³ <https://guiaonline.casafe.org/>

¹⁴ Mackay, D., Giesy, J. P., & Solomon, K. R. (2014). Fate in the environment and long-range atmospheric transport of the organophosphorus insecticide, chlorpyrifos and its oxon. In *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* (Vol. 231). https://doi.org/10.1007/978-3-319-03865-0_3.

tóxicos sobre los organismos (terrestres y acuáticos) que se ven expuestos a los mismos. En climas semiáridos, la mayoría de las aplicaciones de plaguicidas ocurren durante los meses cálidos y secos de primavera y verano. La falta de lluvia y el uso común de riego por goteo minimiza el lavado de superficies tratadas y promueve la evaporación y deriva secundaria en estas áreas agrícolas. Berenstein et al. (2017)¹⁵ estudiaron el impacto de la aplicación mecanizada de clorpirifos en cultivos de durazno en nuestro país. Los resultados para clorpirifos indican que entre el 5,5% y el 14,8% del plaguicida aplicado alcanza el suelo, y la deriva medida experimentalmente, corresponde a valores entre el 2,4% y el 11,2% del total del plaguicida aplicado. La movilidad en suelos está determinada en base al coeficiente de partición entre la fase sólida (suelo) y la fase líquida (K_D), o en base al coeficiente de partición entre la materia orgánica y el agua (K_{oc}). El coeficiente de partición K_{oc} se define como la razón entre la concentración del plaguicida adsorbido a las partículas de suelo y en fase acuosa. El valor del coeficiente de partición (K_D) depende de la cantidad de materia orgánica en el suelo, mientras que el K_{oc} es independiente de este. Así, para una cantidad determinada de plaguicida, cuanto menor sea el valor de K_{oc} , mayor será la concentración del plaguicida en la solución. Por lo que habrá mayor probabilidad de que este plaguicida se lixivie en las aguas subterráneas que otro que tiene un valor alto de K_{oc} ^{16,17}. Para clasificar la movilidad (Tabla 5) se utilizaron los datos del K_{oc} .

¹⁵ Berenstein, G., Nasello, S., Beiguel, É., Flores, P., Di Schiena, J., Basack, S., Hughes, E. A., Zalts, A., & Montserrat, J. M. (2017). Human and soil exposure during mechanical chlorpyrifos, myclobutanil and copper oxychloride application in a peach orchard in Argentina. *Science of the Total Environment*, 586, 1254–1262. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.129>

¹⁶ Loewy, Ruth Miriam, Liliana B. Monza, V. E. K. & M. C. S. (2011). Pesticide distribution in an agricultural environment in Argentina. *Journal of Environmental Science and Health Part B: Pesticide distribution in an agricultural environment in Argentina*. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 46(March 2014), 37–41. <https://doi.org/10.1080/03601234.2012.592051>

¹⁷ Savini, M. C., Loewy, R. M., Nicotra, V. E., & Parolo, M. E. (2017b). Contribution of Soil Components on the Sorption of Chlorpyrifos. *Water, Air, and Soil Pollution*, 228(1). <https://doi.org/10.1007/s11270-016-3153-z>.

Tabla 5. Clasificación de la movilidad en suelo¹⁸.

Clase	K _{oc} (L/kg)
Extrema	<50
Alta	50 - 150
Mediana	150 - 500
Ligera	500 - 2000
Inmóvil	>2000

Estudios realizados por investigadores de la Universidad Nacional del Comahue en la Patagonia Norte demostraron la presencia de organofosforados y carbamatos tanto en suelo, como en aguas superficiales¹⁹. Como consecuencia de la distribución en el ambiente, la posible contaminación de aguas subterráneas es un problema común en áreas de producción agrícola. La vulnerabilidad es mayor en los acuíferos poco profundos no confinados debido a la proximidad del nivel freático a la superficie. En estas situaciones, el suelo y las condiciones de producción determinan la lixiviación de plaguicidas al acuífero²⁰. La lixiviación en el subsuelo ocurre a través del flujo del plaguicida en la matriz del suelo y también a través de vías preferenciales que permiten la rápida entrada de solutos no degradados²¹.

La existencia de flujo preferencial a través de macro poros y heterogeneidades del suelo ha sido ampliamente estudiada en la bibliografía y ha sido relacionada con el tipo y humedad del suelo y con las condiciones de riego. En nuestra región, Loewy et al. (2006) informaron la presencia de plaguicidas en el acuífero no confinado del Alto Valle del Río Negro en zonas de aplicación de organofosforados en cultivos de árboles frutales. Algunos

¹⁸ Rikke Strange-Hansen, Peter E Holm, Ole S Jacobsen, Carsten S Jacobsen. Sorption, mineralization and mobility of N-(phosphonomethyl)glycine (glyphosate) in five different types of gravel. Pest management Science 2004. <https://doi.org/10.1002/ps.84>.

¹⁹ Loewy, R. M., Carvajal, L. G., Novelli, M., & Pechen De D'Angelo, A. M. (2006). Azinphos methyl residues in shallow groundwater from the fruit production region of Northern Patagonia, Argentina. Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes, 41(6), 869–881. <https://doi.org/10.1080/03601230600805956>.

²⁰ Dufilho, A. C., & Falco, S. (2020). Preferential flow modelling of chlorpyrifos leaching in two arid soils of irrigated agricultural production areas in Argentine Patagonia. Journal of Contaminant Hydrology, 229(November), 103584. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2019.103584>.

²¹ Jarvis, N. J., & Messing, I. (1995). Near-Saturated Hydraulic Conductivity in Soils of Contrasting Texture Measured by Tension Infiltrimeters. Soil Science Society of America Journal, 59(1), 27–34. <https://doi.org/10.2136/sssaj1995.03615995005900010004x>.

avances en el modelado preferencial de la lixiviación de plaguicidas, utilizando el programa MACRO 5.2, fueron presentados por Dufilho (2016)²², a partir de las concentraciones reportadas para metilazinfos en muestras de agua subterránea durante el período 1995–1998 (0,22 a 7,66 µg/L). Posteriormente, Dufilho y Falco (2020) presentaron los resultados del modelado del transporte de clorpirifos por vía preferencial en dos tipos de suelos dominantes en la región del Alto Valle de los ríos Negro y Neuquén, franco arenoso y franco arcilloso, durante el período 2008-2013. En ambos suelos, las concentraciones detectadas y simuladas en los horizontes A y B son mayores a los horizontes inferiores y reproducen los períodos de aplicación de clorpirifos. Las concentraciones en el horizonte A del suelo arenoso fueron superiores a las del suelo arcilloso debido al predominio del transporte dispersivo en este medio y el transporte advectivo en los macro poros de suelos de estructura fina (arcillosos). Estos valores modelados representan una lixiviación promedio de 0,28 mg/ha durante cada año simulado para la producción de manzanas en suelo tipo franco arenoso, mientras que para la producción de peras en suelo tipo franco arcilloso fue de 23,51 mg/ha cada año. Los datos informados revelan que el flujo preferencial ocurre en los horizontes superiores de ambos tipos de suelos. Sin embargo, en el franco arcilloso predomina el flujo por grietas e inter agregados. Considerando que el 25% del suelo del Alto Valle es suelo de textura fina, el flujo preferencial del plaguicida tiene importancia en la distribución del clorpirifos en el ambiente. La persistencia del plaguicida expresa el tiempo de permanencia de una sustancia química en el ambiente. La vida media (DT₅₀) de la sustancia es una medida de su persistencia y corresponde al tiempo requerido (en días) para degradar el 50% de una sustancia en cualquiera de las matrices o compartimentos ambientales (agua, aire, suelo, biota).

Para la matriz agua, debido a que los ensayos de determinación de persistencia no están estandarizados, se adopta una clasificación general de persistencia de acuerdo al valor de DT₅₀ reportados.

²² Caracterización y modelación del transporte preferencial de plaguicidas organofosforados en suelos productivos bajo riego. Aplicación al Distrito Colonia Centenario, Patagonia Argentina. Tesis doctoral. Autores: Ana Cecilia Dufilho Directores de la Tesis: Eduardo F. Cassiraga (dir. tes.), Silvia Falco Giaccaglia (dir. tes.). Universitat Politècnica de València (España) 2016. Idioma: español.

Tabla 6. Clasificación de la persistencia en agua/sedimento²³.

Clase	DT ₅₀ (días)
Más persistente	> 60
Menos persistente	< 60

Los plaguicidas de mayor persistencia tienen potencial para lixiviar y distribuirse en distintas matrices ambientales. En la Tabla 7 se presentan los valores de DT₅₀ de plaguicidas de distintos grupos químicos.

Tabla 7. Persistencia de plaguicidas en agua.

Plaguicidas		DT ₅₀ (días)
clorpirifos	Insecticida	40
malatión, diazinón, carbaril	Insecticida	84
diametrín	Herbicida	200
metolaclor	Herbicida	30-540
paratión, lannate	Insecticida	7300
DDT, aldrín, dieldrín	Insecticida	365 (pH 4), 93 (pH 7), 2 (pH 9)
propoxur	Insecticida	1 (pH 5)
carbendazim	Fungicida	2,5 (pH 9, 25°C)
deltametrina	Insecticida	50 a pH 9

4. Aspectos legales del uso de plaguicidas

Como consecuencia del uso masivo y continuado a escala mundial de agroquímicos, la actividad agrícola se ha convertido en una de las principales causas de la contaminación y degradación de los ecosistemas terrestres y acuáticos²⁴.

Los plaguicidas organoclorados debido a sus propiedades fisicoquímicas, en particular alta persistencia, volatilidad e hidrofobicidad tienen toxicidad crónica

²³ Wauchope, R. D., Yeh, S., Linders, J. B. H. J., Kloskowski, R., Tanaka, K., Rubin, B., Katayama, A., Kördel, W., Gerstl, Z., Lane, M., & Unsworth, J. B. (2002). Pesticide soil sorption parameters: Theory, measurement, uses, limitations and reliability. *Pest Management Science*, 58(5), 419–445. <https://doi.org/10.1002/ps.489>

²⁴ Gonzalez, M., Miglioranza, K. S. B., Aizpún, J. E., Isla, F. I., & Peña, A. (2010). Assessing pesticide leaching and desorption in soils with different agricultural activities from Argentina (Pampa and Patagonia). *Chemosphere*, 81(3), 351–358. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.07.021>

(carcinogénicos, teratogénicos, mutagénicos y disruptores endocrinos) y han generado diferentes problemas ambientales debido a que se bioacumulan y producen efectos adversos sobre la salud humana y los organismos. En consecuencia, se ha regulado la producción y uso de plaguicidas de este grupo, incluyéndose en el grupo de Contaminantes Orgánicos Persistentes del Convenio de Estocolmo, perteneciente al Programa de Naciones Unidas para el Medioambiente (UNEP www.chm.pops.int). Nuestro país forma parte de este convenio desde el año 2004. En este sentido, en las últimas décadas los plaguicidas organoclorados se han dejado de utilizar y han sido reemplazados por plaguicidas con menor capacidad de acumulación y con menor tiempo de vida media²⁵.

A nivel internacional, Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME)²⁶, facilita la cooperación interjurisdiccional sobre la mitigación y adaptación al cambio climático e incluyen las acciones de colaboración necesarias para la transición hacia una economía circular en Canadá. Las Guías Canadienses de Calidad Ambiental (CEQGs) proporcionan objetivos científicos para la calidad de los ecosistemas acuáticos y terrestres. Estas guías representan una de las más completas y actualizadas a nivel mundial relacionadas con la protección de la vida acuática y de la salud humana, dado que incluyen hojas informativas específicas para sustancias químicas, clasificadas por matrices, con la documentación de respaldo científico. En la Tabla 9 se presentan los valores guía para protección de la vida acuática de los plaguicidas de estudio.

En Argentina, los productos fitosanitarios que se usan y comercializan en todo el territorio nacional deben encontrarse inscriptos en el Registro Nacional de Terapéutica Vegetal, en los términos del “Manual de Procedimientos, Criterios y Alcances para el Registro de Productos Fitosanitarios en la República Argentina”.

El Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), organismo público autónomo que funciona actualmente en el ámbito del Ministerio de Economía, es la Autoridad de aplicación y el encargado de planificar, ejecutar y controlar el desarrollo de las acciones previstas en la Ley N° 127.233 que declara el interés nacional por la sanidad de los animales y los vegetales. En la Resolución N° 32/2019 de SENASA se propone consolidar el

²⁵ Alvarez DA, Huckins JN, Petty JD, Jones-Lepp T, Stuer-Lauridsen F, Getting DT, Goddard JP, Gravell A (2007) Tool for monitoring hydrophilic contaminants in water: polar organic chemical integrative sampler (POCIS). In: Greenwood R, Mills G, Vrana B (eds) Comprehensive analytical chemistry 48: passive sampling techniques in environmental monitoring. Elsevier, Amsterdam, pp 171–197.

²⁶ <https://ccme.ca/en/summary-table>

universo de normas que actualmente establecen restricciones y prohibiciones de uso de principios activos, productos formulados y coadyuvantes para el control de plagas, a fin de contar con un listado actualizado que sea de fácil y claro acceso a los usuarios. Este listado forma parte integrante de la Resolución y en el Anexo I del presente informe se incluye el mismo. En los últimos años los insecticidas de la familia neonicotinoides, así como también la sustancia activa fipronil, han sido sujetos a procesos de reevaluación de sus usos agrícolas aprobados por diversas agencias regulatorias del mundo. Como consecuencia, debido a la inexistencia de información complementaria que permita concluir el análisis de riesgo determinado por la normativa vigente, para los usos agrícolas de protección de cultivos dependientes de la pulverización al suelo o al follaje de los cultivos en los que está autorizado su uso en Argentina, en la Resolución N° 425/2021 de SENASA se prohíbe la formulación, fraccionamiento y comercialización de productos fitosanitarios que contengan la sustancia activa fipronil en su composición. De los plaguicidas en estudio, actualmente se encuentran con prohibición de uso por parte de SENASA los principios activos carbofuran en cultivos de pera y manzana (únicamente al 10% Resolución SENASA N° 263/2018 y modificatoria Resolución SENASA N° 670/2018), etil clorpirifos, metil clorpirifos (Resolución N° 414/2021), metilazinfos (Resolución SENASA N° 149/2016), triazofos, HCH (Ley N° 22289), aldrin (Decreto N° 2121/1990), endrin (Decreto N° 2121/1990), dieldrin (Ley N° 22289), heptacloro (Resolución SENASA N° 27/1993), DDT (Decreto N° 2121/1990), clordano (Resolución SAGPyA N° 513/1998) y metoxicloro (Resolución SAGPyA N° 750/2000); y con uso restringido etilazinfos (en cultivos hortícolas y frutales en general)²⁷.

La Ley Nacional N° 24.051 de Residuos Peligrosos, en su Decreto Reglamentario N° 831/1993²⁸, determina los límites de vertidos y emisiones de residuos peligrosos y los niveles guía de calidad ambiental como valor numérico o enunciado narrativo establecido para los cuerpos receptores como guía general para la protección, mantenimiento y mejora de usos específicos del agua, aire y suelo. En particular, los Niveles Guía de calidad de agua

²⁷ <https://www.argentina.gob.ar/senasa/programas-sanitarios/productosveterinarios-fitosanitarios-y-fertilizantes/registro-nacional-de-terapeutica-vegetal>
<https://biblioteca.senasa.gob.ar/items/show/3977#c=0&m=0&s=0&cv=0>
<https://digesto.senasa.gob.ar/items/show/735>
<https://www.bing.com/ck/a?!&&p=b2ad9787a88d5ac7f7443544b0af523152b09933b347d6fb4f4ad7872efb1760JmltdHM9MTczNjQ2NzlwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=057f39e4-e88b-6828-23ae->
<https://biblioteca.senasa.gob.ar/items/show/1665#c=0&m=0&s=0&cv=0>
<https://biblioteca.senasa.gov.ar/items/show/1812#c=0&m=0&s=0&cv=0>

²⁸ <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-831-1993-12830>

para la protección de vida acuática en agua dulce superficial y los Niveles Guía de calidad de agua para fuentes de agua de bebida humana con tratamiento convencional se pueden consultar en el mencionado Decreto.

A partir del año 1998, en el ámbito de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación se comenzó a elaborar los Niveles Guía de calidad de agua ambiente, actividad multi e interdisciplinaria desarrollada conjuntamente por la Dirección Nacional de Políticas, Coordinación y Desarrollo Hídrico (DNPCyDH) y el Instituto Nacional del Agua (INA). En el año 2005 se definió la metodología para el establecimiento de estos niveles para la protección de la biota acuática. Su elaboración tiene como objetivo contar con referencias de calidad asociadas a la salvaguardia de los componentes bióticos asignados al agua en la República Argentina:

- Fuente de provisión de agua para consumo humano.
- Protección de la biota acuática.
- Irrigación de cultivos.
- Bebida de especies de producción animal.
- Recreación humana.

Existen aspectos que los Niveles Guía de calidad de agua a nivel nacional no contemplan, entre ellos:

- No consideran los efectos aditivos, sinérgicos ni antagónicos que los componentes deletéreos del agua pueden ejercer sobre los seres vivos.
- No contemplan el carácter micronutriente que muchas sustancias tienen para los organismos.
- No son objetivos ni estándares de calidad de agua, quedando precisadas las diferencias con estos últimos a través del concepto de Nivel Guía de calidad, expresión cuantitativa o narrativa emergente de un requerimiento científico inherente a un parámetro de calidad respecto a un destino específico asignado al agua ambiente.

En las Tablas 8 y 9 se presentan los Niveles Guía de calidad de agua ambiente para fuente de provisión para consumo humano y para protección de la biota acuática. Hasta el

presente, las directrices respecto a los Niveles Guía nacionales de calidad de agua no fueron reglamentadas, tampoco actualizadas y se basan en estudios desarrollados a nivel internacional. Es incumbencia de la Autoridad Hídrica Nacional definir y actualizar los Niveles Guía de calidad. En este sentido, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación (MAyDS) se vinculó con el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) para desarrollar y establecer niveles para proteger la biodiversidad acuática en nuestro país. En principio se busca obtener una metodología que permita establecer criterios para seleccionar y priorizar sustancias a derivar y discutir para la adaptación regional de dichos Niveles Guía²⁹. Todas las sustancias a derivar deberán ser analizadas junto con representantes de las provincias (Consejo Hídrico Federal- COHIFE y Consejo Federal de Medio Ambiente- COFEMA) y revisadas periódicamente por el MAyDS.

En el año 2021, el MAyDS solicitó la elaboración de un informe técnico-científico sobre el uso e impactos del insecticida clorpirifos³⁰ y el herbicida atrazina utilizados en Argentina para combatir y controlar diferentes tipos de plagas, en el marco de la ejecución del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD ARG/17/010) sobre el “Fortalecimiento de las capacidades nacionales para el manejo de productos químicos y desechos”. El objetivo principal de este proyecto fue fortalecer la gestión ambientalmente racional de los químicos y sus desechos mediante la implementación efectiva de los acuerdos multilaterales sobre sustancias y residuos peligrosos, así como la consideración de los nuevos temas emergentes, teniendo en cuenta las necesidades y prioridades nacionales. Para ello, se establecieron mecanismos para promover la cooperación y la coordinación entre las principales partes interesadas, incluido el sector privado, los organismos de la sociedad civil, las autoridades locales y los sectores académico-científicos. Además, el proyecto colaboró en el desarrollo de nuevas políticas, legislación y programas relacionados con la gestión adecuada de los residuos peligrosos en todo su ciclo de vida, en aras de promover la protección de los ecosistemas y los seres vivos.

Se seleccionó un conjunto de plaguicidas de interés ambiental por su aplicación y uso extendido en el mercado local. El informe sobre el insecticida clorpirifos fue elaborado por

²⁹ Menone Mirta, Fernando Gastón Iturburu, Pablo M. Demetrio, Andrés Venturino. Calidad del agua y niveles guía para la protección de la biodiversidad acuática. Interacción entre ciencia y gestión. 2022. *Ecología Austral* 32(1bis):950-962. DOI:10.25260/EA.22.32.1.1.1722.

³⁰ https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/168107/CONICET_Digital_Nro.f6d1b881-132d-4a9f-b74b-72e6cb3571f3_B.pdf?sequence=5

profesionales de la región: equipo científico-técnico del Centro de Investigaciones en Toxicología Ambiental y Agrobiotecnología del Comahue (CITAAC-Universidad Nacional del Comahue), el equipo del Proyecto PNUD ARG/17/010 y equipo técnico de la Dirección Nacional de Sustancias y Productos Químicos.

Considerando a escala de cuenca, en el año 1996, la AIC propuso valores provisorios como Niveles Guía de calidad de agua superficial en función de diferentes usos, dentro de los cuales se incluyen compuestos utilizados como plaguicidas (ver Tablas 8 y 9).

A nivel regional, en la provincia del Neuquén, la Ley provincial N° 899 (Código de Aguas) establece los principios rectores para la preservación, conservación, defensa y mejoramiento del Recurso Hídrico a fin de asegurar y mantener un racional aprovechamiento del mismo en beneficio de sus habitantes. En su Decreto Reglamentario N° 790/1999, se designa como Autoridad de Aplicación de la Ley a la Dirección General de Recursos Hídricos, dependiente de la Subsecretaría de Producción y Recursos Naturales de la Secretaría de Estado de Producción y Turismo, y se determinan los límites permisibles de vertido a curso de agua de plaguicidas organoclorados en 0,05 mg/L y de plaguicidas organofosforados en 0,1 mg/L. En tanto, en la provincia de Río Negro, la Ley provincial N° 2952/1995³¹ (Código de Aguas) establece todo lo concerniente a la tutela, gobierno, administración y policía del agua pública, sus fuentes, lechos, cauces, riberas y playas, y define como Autoridad de Aplicación al Departamento Provincial de Aguas (DPA). En base al Libro Tercero de este Código, se reglamenta la Resolución N° 885/2015 que establece las condiciones para fiscalizar el proceso de protección y conservación de los recursos hídricos, y define los límites permisibles de vertido en ríos-arroyos para plaguicidas organofosforados 0,02 mg/L.

Tabla 8. Valores Guías como fuente de agua destinada al consumo humano con tratamiento convencional.

Plaguicidas analizados		SRHN (µg/L)	AIC (µg/L)
Antiescaldantes	Difenilamina	n/f	n/f
	Etoxiquina	n/f	n/f
Carbamatos	Carbaril	≤ 30,00	n/f
	Carbofuran	≤ 5,00	n/f
	Pirimicarb	n/f	n/f
	Propoxur	n/f	n/f

³¹ <https://web.legisrn.gov.ar/digesto/normas/ver?id=1996030013>

Plaguicidas analizados		SRHN (µg/L)	AIC (µg/L)
Fungicidas	Captan	n/f	n/f
	Carbendazim	n/f	n/f
	Metiltiofanato	n/f	n/f
	Tiabendazol	n/f	n/f
Piretroides	λ-Cialotrina	n/f	n/f
	Cipermetrina	n/f	n/f
	Deltametrina	n/f	n/f
	Fenvalerato	n/f	n/f
	Permetrina	n/f	n/f
Organofosforados	Etil Clorpirifos	n/f	n/f
	Metil Clorpirifos	n/f	n/f
	Dimetoato	n/f	n/f
	Fenitroton	n/f	n/f
	Fosmet	n/f	n/f
	Metilazinfos	n/f	n/f
	Etilazinfos	n/f	n/f
	Metidation	n/f	n/f
	Melation	n/f	n/f
Organofosforados	Metilparation	n/f	7,00
	Etilparation	n/f	n/f
	Triazofos	n/f	n/f
	α- HCH, β – HCH, γ – HCH, δ – HCH	n/f	2,00
Organoclorados	Aldrin	n/f	0,03
	Endrin	n/f	1,00
	Dieldrin	n/f	0,03
	Heptacloro	≤ 0,067	0,10
	Epóxido de Heptacloro	≤ 0,033	
	op' DDT, pp' DDT	n/f	2,00
	op' DDD, pp' DDD	n/f	n/f
	op' DDE, pp' DDE	n/f	n/f
	Endosulfan I, Endosulfan II, Endosulfan sulfato	n/f	103,00
	Clordane	≤ 0,86	0,20
	Metoxicloro	n/f	30,00

n/f: no fija.

Fuente: <https://dpa.rionegro.gov.ar/download/archivos/00000469.pdf>

Tabla 9. Valores Guías para la protección de la vida acuática en agua dulce.

Plaguicidas analizados		SRHN (µg/L)	AIC (µg/L)	CCME (µg/L)
Antiescaldantes	Difenilamina	n/f	n/f	n/f
	Etoxiquina	n/f	n/f	n/f
Carbamatos	Carbaril	≤ 0,50	n/f	0,20 ⁽⁴⁾
	Carbofuran	≤ 0,50	n/f	1,80 ⁽²⁾
	Pirimicarb	n/f	n/f	n/f

Plaguicidas analizados	SRHN (µg/L)	AIC (µg/L)	CCME (µg/L)	
	Propoxur	n/f	n/f	
Fungicidas	Captan	≤ 2,00	n/f	
	Carbendazim	≤ 1,00	n/f	
	Metiltiofanato	n/f	n/f	
	Tiabendazol	n/f	n/f	
	λ-Cialotrina	n/f	n/f	
Piretroides	Cipermetrina	≤ 0,0006	n/f	
	Deltametrina	≤ 0,001	n/f	
	Fenvalerato	≤ 0,005	n/f	
	Permetrina	≤ 0,01	n/f	
				0,0004 ⁽¹⁾
Organofosforados	Etil Clorpirifos	≤ 0,006	n/f	
	Metil Clorpirifos	≤ 0,006	n/f	
	Dimetoato	≤ 6,40	n/f	
	Fenitrotion	≤ 0,02	n/f	
	Fosmet	n/f	n/f	
	Metilazinfos	≤ 0,02	n/f	
	Etilazinfos	n/f	n/f	
	Metidation	n/f	n/f	
	Melation	n/f	n/f	
	Metilparation	n/f	0,01	
	Etilparation	n/f	n/f	
	Triazofos	n/f	n/f	
		α- HCH, β – HCH, γ – HCH, δ - HCH	n/f	0,02
		Aldrin	n/f	0,004
	Endrin	n/f	0,002	
	Dieldrin	n/f	0,004	
Organoclorados	Heptacloro y Epóxido de Heptacloro	≤ 0,02	0,01	
	op' DDT, pp' DDT	n/f	0,001	
	op' DDD, pp' DDD	n/f	n/f	
	op' DDE, pp' DDE	n/f	n/f	
	Endosulfan I, Endosulfan II, Endosulfan sulfato	≤ 0,007	0,02	
				0,003 ⁽⁵⁾
	Clordane	≤ 0,08	0,006	
	Metoxicloro	n/f	0,03	

n/f: no fija.

Fuentes:

⁽¹⁾ <https://publications.gc.ca/site/eng/465316/publication.html>

⁽²⁾ <https://ccme.ca/en/res/carbofuran-canadian-water-quality-guidelines-for-the-protection-of-agricultural-water-uses-en.pdf>

⁽³⁾ <https://ccme.ca/en/res/2006-permethrin-cwqg-ssd-1358-en.pdf>.

⁽⁴⁾ <https://ccme.ca/en/res/carbaryl-canadian-water-quality-guidelines-for-the-protection-of-agricultural-water-uses-en.pdf>

⁽⁵⁾ <https://ccme.ca/en/res/endosulfan-en-canadian-water-quality-guidelines-for-the->

Plaguicidas analizados	SRHN ($\mu\text{g/L}$)	AIC ($\mu\text{g/L}$)	CCME ($\mu\text{g/L}$)
------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------

[protection-of-aquatic-life.pdf](#)

5. Metodología

5.1. Sistema hidrográfico de los ríos Limay, Neuquén y Negro. Caracterización del área de estudio

La Cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro poseen una superficie total de 123.700 km², recibiendo los dos primeros ríos, el mayor aporte hídrico por precipitación en la zona cordillerana. El gradiente hídrico va disminuyendo de oeste-este a medida que los ríos atraviesan mesetas áridas hasta su confluencia, formando el río Negro que desagua en el Mar Argentino con un caudal medio anual 930 m³/s.

Las principales actividades productivas en la cuenca son la generación de energía hidroeléctrica, extracción de petróleo y gas, turismo, minería, ganadería, y una marcada especialización en la producción de bienes agroindustriales de exportación, siendo la actividad agrícola bajo riego, y dentro de ésta especialmente la fruticultura, una de las principales actividades económicas.

Las zonas con mayor producción frutihortícola dentro de la cuenca se localizan en los valles irrigados de los ríos Limay y Neuquén, aguas abajo de los compensadores Arroyito y Chañar respectivamente, y sobre el valle del río Negro (Alto Valle, Valle Medio e Inferior). Atravesando esas zonas, existe una extensa red de drenajes, tanto canales de riego como desagües, siendo estos últimos receptores de efluentes agroindustriales.

5.2. Selección de sitios, frecuencia de muestreo y variables analizadas

Se relevaron un total de 39 sitios (ver Figuras 1 y 2), considerados representativos de la actividad productiva en los valles irrigados de los ríos Limay, Neuquén y Negro. A su vez, sobre el tramo regulado del río Neuquén se monitorearon dos sitios de referencia en el área productiva de la localidad de Añelo. Los sitios se localizaron en dos tipos de ambientes (ver Tabla 10):

- a) **Río:** Sitios ubicados en los ríos Limay, Neuquén y Negro en proximidades a captaciones de agua para abastecimiento humano con tratamiento convencional y sitios cercanos a zonas productivas y sin población humana cercana.
- b) **Desagüe:** Sitios ubicados sobre el cauce del desagüe, con el fin de analizar la presencia de residuos de agroquímicos utilizados en la actividad agrícola y/o agroindustrial.

De este modo, en ríos se monitorearon 20 sitios y en desagües 19 sitios.

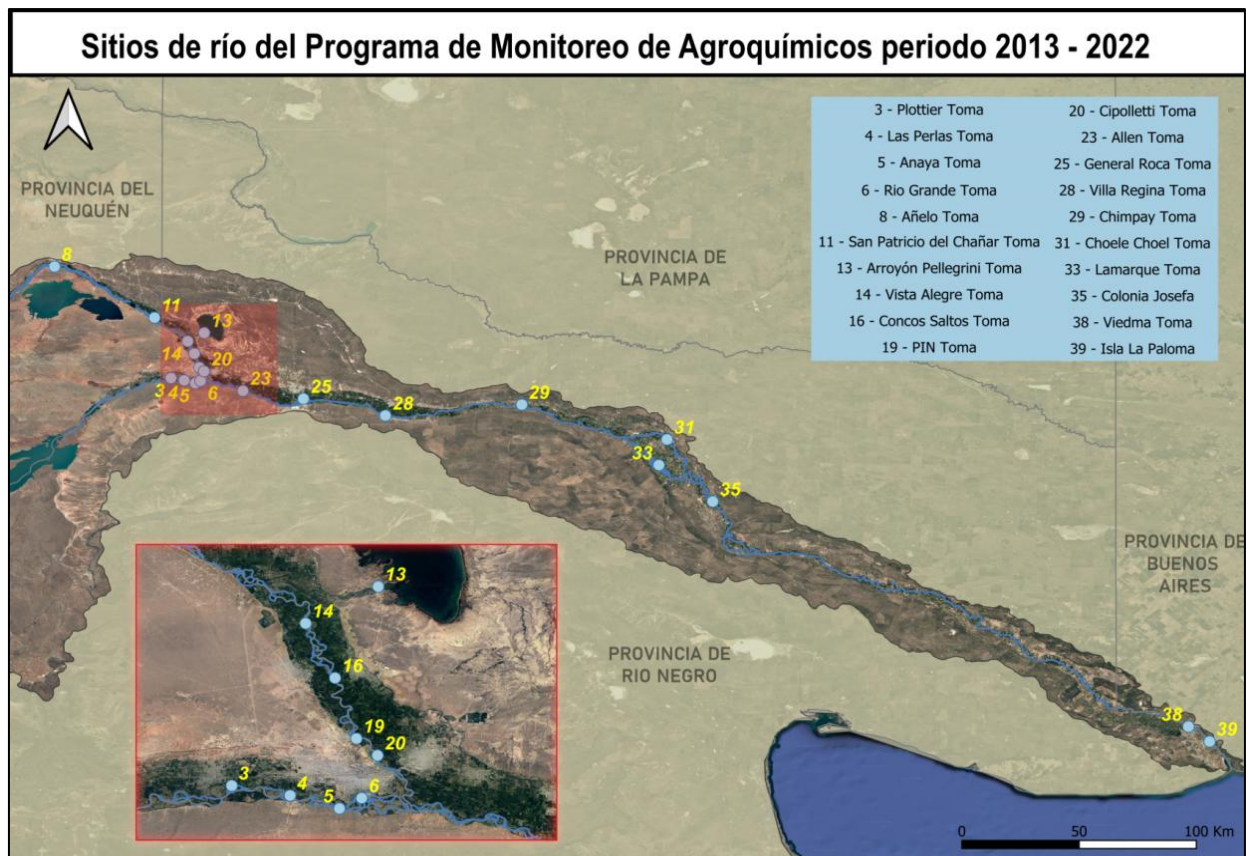


Figura 1. Ubicación de los sitios de monitoreo correspondientes al ambiente **Río** dentro del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

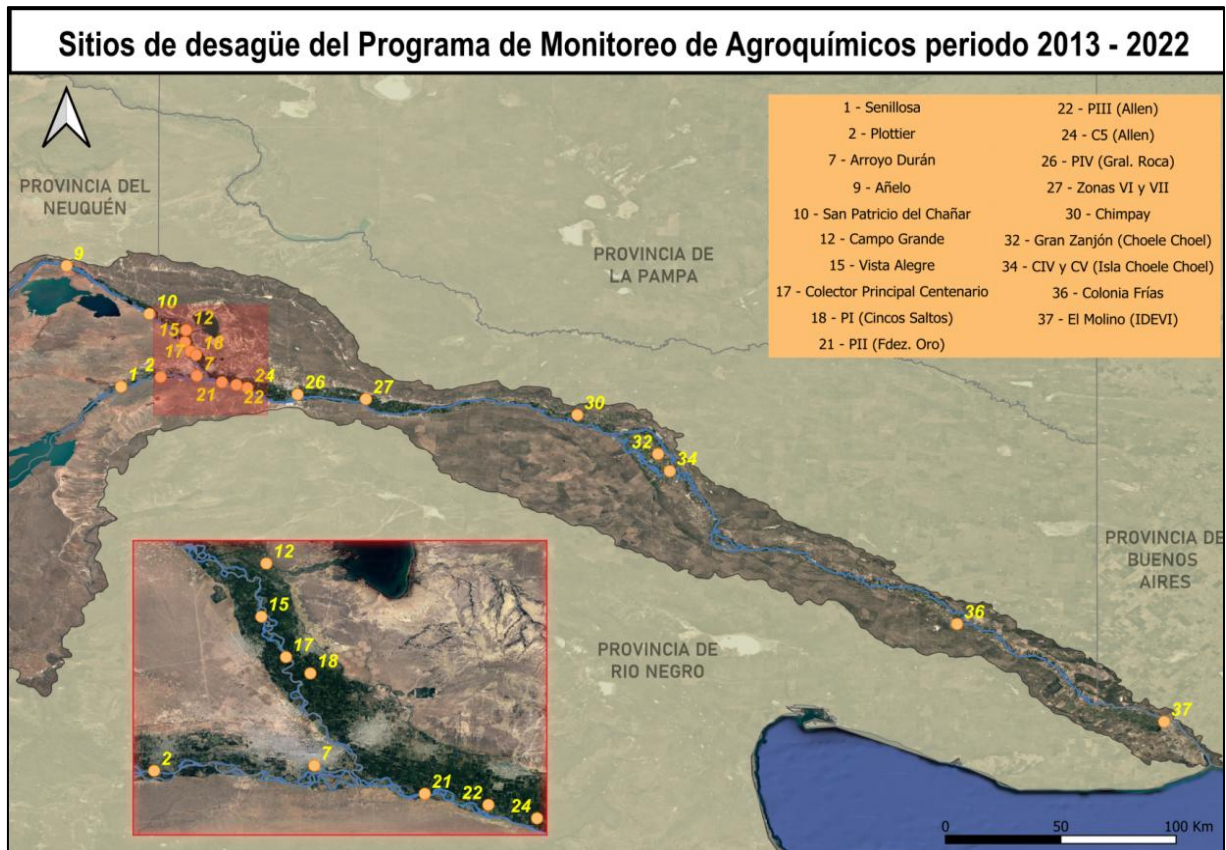


Figura 2. Ubicación de los sitios de monitoreo correspondientes al ambiente **Desagüe** dentro del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Localización y características de los sitios de muestreo.

N°	Tipo de ambiente	Cuenca	Nombre del Sitio	Zona de influencia
1	desagüe	río Limay	Senillosa Desagüe	Actividad productiva
2	desagüe	río Limay	Plottier Desagüe	Residencial/Actividad productiva
3	río	río Limay	Plottier Toma	Residencial/Recreativa
4	río	río Limay	Las Perlas Toma	Residencial/Actividad productiva/Recreativa
5	río	río Limay	Anaya Toma	Residencial/Recreativa
6	río	río Limay	Río Grande Toma	Residencial/Recreativa
7	desagüe	río Limay	Aº Durán Desagüe	Residencial/Recreativa
8	río	río Neuquén	Añelo Toma	Actividad productiva
9	desagüe	río Neuquén	Añelo Desagüe	Residencial/Actividad productiva
10	desagüe	río Neuquén	San Patricio del Chañar Desagüe	Residencial/Actividad productiva
11	río	río Neuquén	San Patricio del Chañar Toma	Residencial/Actividad productiva/Recreativa
12	desagüe	río Neuquén	Campo Grande Desagüe	Actividad productiva
13	río	río Neuquén	Arroyón Pellegrini Toma	Residencial/Actividad productiva
14	río	río Neuquén	Vista Alegre Toma	Residencial/Actividad productiva/Recreativa
15	desagüe	río Neuquén	Vista Alegre Desagüe	Actividad productiva
16	río	río Neuquén	Cinco Saltos Toma	Residencial/Actividad productiva
17	desagüe	río Neuquén	Colector Principal Centenario Desagüe	Actividad productiva
18	desagüe	río Neuquén	PI Desagüe (Cinco Saltos)	Actividad productiva
19	río	río Neuquén	Parque Industrial Neuquén Toma	Residencial/Actividad productiva
20	río	río Neuquén	Cipolletti Toma	Residencial/Actividad productiva
21	desagüe	río Negro	PII Desagüe (Fernández Oro)	Actividad productiva
22	desagüe	río Negro	PIII Desagüe (Allen)	Actividad productiva
23	río	río Negro	Allen Toma	Residencial/Actividad productiva
24	desagüe	río Negro	C5 Desagüe	Actividad productiva
25	río	río Negro	General Roca Toma	Residencial/Actividad productiva
26	desagüe	río Negro	PIV Desagüe (General Roca)	Actividad productiva
27	desagüe	río Negro	Zonas VI y VII Desagüe	Actividad productiva
28	río	río Negro	Villa Regina Toma	Residencial/Actividad productiva
29	río	río Negro	Chimpay Toma	Residencial/Actividad productiva
30	desagüe	río Negro	Chimpay Desagüe	Actividad productiva
31	río	río Negro	Choele Choel Toma	Residencial/Actividad productiva
32	desagüe	río Negro	Gran Zanjón Desagüe (Choele Choel)	Actividad productiva
33	río	río Negro	Lamarque Toma	Residencial/Actividad productiva/Recreativa
34	desagüe	río Negro	CIV y CV Desagüe - Isla Choele Choel	Actividad productiva
35	río	río Negro	Colonia Josefa	Actividad productiva
36	desagüe	río Negro	Colonia Frías Desagüe	Actividad productiva
37	desagüe	río Negro	Las Nutrias/El Molino (IDEVI) Desagüe	Actividad productiva
38	río	río Negro	Viedma Toma	Residencial/Actividad productiva
39	río	río Negro	Isla La Paloma	Actividad productiva

Fuente: Elaboración propia.

La colección de muestras se realizó teniendo en cuenta el plan de aplicación de agroquímicos en las temporadas productivas y no productivas, desarrollándose en los meses de noviembre, febrero-marzo, abril-mayo y julio-agosto de cada año durante el período 2013 a 2022. De esta forma las muestras representaron las condiciones hídricas de los ríos y sus variaciones de caudales. Cabe aclarar que durante el período de monitoreo, debido a situaciones puntuales, hubo años donde no se tomaron muestras en todos los sitios, o bien, no se completaron todas las estaciones del año.

Los muestreos estuvieron a cargo de personal técnico del Departamento Provincial de Aguas (DPA) de la Provincia de Río Negro, de la Subsecretaría de Recursos Hídricos (SsRH) de la Provincia del Neuquén y de la AIC. Para la colección de muestras se utilizaron envases color caramelo y se recolectaron entre 2 y 3 L de muestras de agua por sitio de forma subsuperficial en el cuerpo de agua. Cada muestra fue rotulada con su código y cuenta con su cadena de custodia correspondiente firmada por el responsable del muestreo. En cada sitio se registraron in situ parámetros básicos de calidad de agua (Temperatura de aire (T°aire), Temperatura de agua (T°agua), pH, Conductividad Eléctrica (CE), Oxígeno Disuelto (OD) y Porcentaje de Oxígeno (%OD)) utilizando instrumental multiparamétrico portátil (marca HACH). Las muestras fueron conservadas en condiciones de oscuridad y refrigeración hasta su entrega en el Laboratorio de Cromatografía de la Universidad Nacional del Comahue, en el cual se realizaron las determinaciones analíticas de residuos de agroquímicos organofosforados, organoclorados, carbamatos, piretroides, fungicidas y compuestos antiescaldantes (difenilamina y etoxiquina), dependiendo de la época de muestreo (ver Tabla 11).

Tabla 11. Análisis de residuos de plaguicidas realizados en cada campaña de monitoreo para el período evaluado (2013-2022).

Campaña	Organoclorados	Organofosforados	Carbamatos Piretroides	Fungicidas	Antiescaldantes
Febrero-Marzo	✓	✓	✓		
Abril-Mayo	✓	✓	✓	✓	✓
Julio-Agosto	✓	✓	✓		
Noviembre	✓	✓	✓		

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Métodos de análisis

El método de extracción de residuos de plaguicidas utilizado en las muestras de agua dependió de la familia analizada. En todos los casos se trabajaron con controles de calidad: blancos, muestras fortificadas y estándares certificados.

Para la determinación de plaguicidas organoclorados, la extracción de 1 L de muestra se realizó con hexano, se concentró a un volumen final de 0,50 mL, bajo corriente de nitrógeno y se analizó cuantitativamente el extracto por cromatografía gaseosa (CG) con detector de captura de Electrones (ECD). La confirmación se realizó por inyección del extracto en una segunda columna de diferente polaridad, utilizando detector ECD.

Para los plaguicidas organofosforados se realizó extracción en fase sólida (SPE) sobre 1 L de muestra, se concentró a un volumen final de 0,25 mL bajo corriente de nitrógeno y se analizó por CG con detector de Nitrógeno-Fósforo (CG-NPD) y confirmación con espectrometría de masas (GC-MS).

Los compuestos difenilamina, etoxiquina, captan, carbendazim, metiltiofanato y tiabendazol, se cuantificaron únicamente en los muestreos que coinciden con la actividad en la industria de la fruta, en cada temporada. Para la determinación de antiescaldantes y fungicidas, se utilizó el mismo método analítico que el empleado para compuestos organofosforados, partiendo de 2 L de muestra y concentrando a un volumen final de 0,5 mL. La determinación cromatográfica de los antiescaldantes se realizó por CG-NPD y confirmada por GC-MS. Mientras que la determinación cromatográfica de los fungicidas carbendazim, metiltiofanato y tiabendazol se realizó mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

Los límites de detección y cuantificación de los plaguicidas analizados en las muestras de agua se presentan en la Tabla 12, correspondientes al convenio firmado AIC-FaIN 2022.

Tabla 12. Límites de detección (LD) y cuantificación (LC) de los métodos aplicados para el análisis de los plaguicidas incluidos en el monitoreo.

Plaguicidas	LD (µg/L)	LC (µg/L)
Carbamatos		
carbofuran	0,03	0,11
pirimicarb	0,03	0,11
carbaril	0,03	0,11
permetrina-cis	0,010	0,03

Plaguicidas	LD (µg/L)	LC (µg/L)
permetrina-trans	0,010	0,03
Piretroides		
λ-Cialotrina	0,01	0,03
cipermetrina	0,01	0,03
fenvalerato	0,01	0,03
deltametrina	0,01	0,03
Fungicidas		
captan	0,20	0,30
metiltiofanato	0,20	0,28
carbendazim	0,18	0,23
tiabendazol	0,19	0,24
Antiescaldantes		
difenilamina	0,05	0,15
etoxiquina	0,05	0,15
Organoclorados		
α- HCH	0,0003	0,001
β - HCH	0,0003	0,001
γ - HCH	0,0003	0,001
δ - HCH	0,0003	0,001
aldrin	0,0009	0,003
endrin	0,002	0,008
dieldrin	0,0003	0,001
heptacloro	0,0009	0,003
heptacloro Epoxido	0,002	0,006
op' DDT	0,0003	0,001
pp' DDT	0,002	0,006
op' DDD	0,0003	0,001
pp' DDD	0,0003	0,001
op' DDE	0,0003	0,001
pp' DDE	0,0003	0,001
endosulfan I	0,0003	0,001
endosulfan II	0,0003	0,001
endosulfan sulfato	0,0003	0,001
α- clordane	0,002	0,006
I - clordane	0,002	0,006
metoxicloro	0,0003	0,001
Organofosforados		
propoxur	0,02	0,06
dimetoato	0,02	0,06
metilparation	0,02	0,06
fenitrothion	0,02	0,06
malation	0,02	0,06
metilclorpirifos	0,02	0,06
etilclorpirifos	0,01	0,05
etilparation	0,02	0,06
clorfenvinfos	0,02	0,06
metidation	0,01	0,03
fenamifos	0,02	0,06
triazofos	0,02	0,06

Plaguicidas	LD (µg/L)	LC (µg/L)
fosmet	0,02	0,06
metilazinfos	0,02	0,06
etilazinfos	0,02	0,06

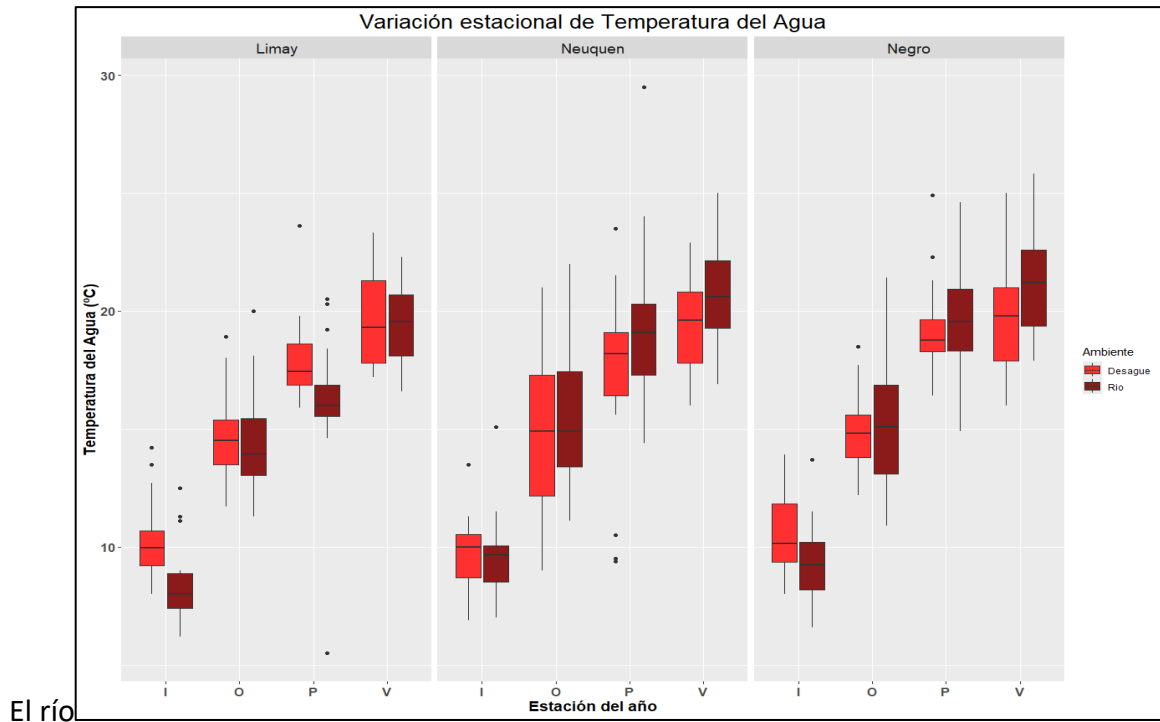
6. Resultados

6.1. Parámetros fisicoquímicos medidos a campo

En las Figuras 3, 4, 5 y 6 se presentan los resultados obtenidos de las mediciones in situ de cada variable registradas de forma estacional discriminado por tipo de ambiente, cuenca hídrica, considerando como Verano (V) a la campaña realizada en febrero-marzo, Otoño (O) a la campaña de abril-mayo, Invierno (I) a la campaña julio-agosto y Primavera (P) a la campaña de noviembre.

En la Figura 3, se observa que la tendencia de temperatura en las tres cuencas refleja la variación provocada por las estaciones del año (en invierno se registran las temperaturas más bajas y en verano las mayores). Los valores de temperatura del agua en desagües y río tienen una dinámica similar, viéndose ciertas diferencias propias de cada tipo de ambiente. En la cuenca del río Limay los valores de temperatura en desagües son levemente mayores a los registrados en río durante todo el año, con una media anual en desagües de 16,0 °C y en río de 15,4 °C.

En las cuencas de los ríos Neuquén y Negro, este comportamiento se observa únicamente en invierno, mientras que en otoño, primavera y verano los valores de temperatura obtenidos en río son mayores a los registrados en desagües. Para estas dos cuencas, la media anual de temperatura en río (Neuquén, 17,1°C; Negro, 17,1°C) es mayor a la observada en desagües (Neuquén, 16,0°C; Negro, 16,8°C). La cuenca del río Negro registra las mayores temperaturas anuales en desagües y en río, seguida por la cuenca del río Neuquén y por último la del río Limay.



El río
Figura 3. Variabilidad estacional de la Temperatura del agua durante el periodo de estudio, por tipo de ambiente y cuenca.

En cuanto al pH (Figura 4) en las tres cuencas se observa que durante todas las estaciones del año los valores registrados en el ambiente desagües son menores a los registrados en los ambientes de río. En la cuenca del río Limay se registraron los menores valores de pH en desagües y ríos, y más cercanos a la neutralidad (pH anual de 7,9 en río y de 7,7 en desagües). Considerando el ambiente río, la media anual mayor se registró sobre el río Neuquén (pH=8,2), mientras que en el ambiente desagüe, los del río Negro registraron mayor valor anual de pH (7,9). Considerando ambos tipos de ambiente, la cuenca del río Negro registra la mayor cantidad de datos extremos por encima del pH 8,5.

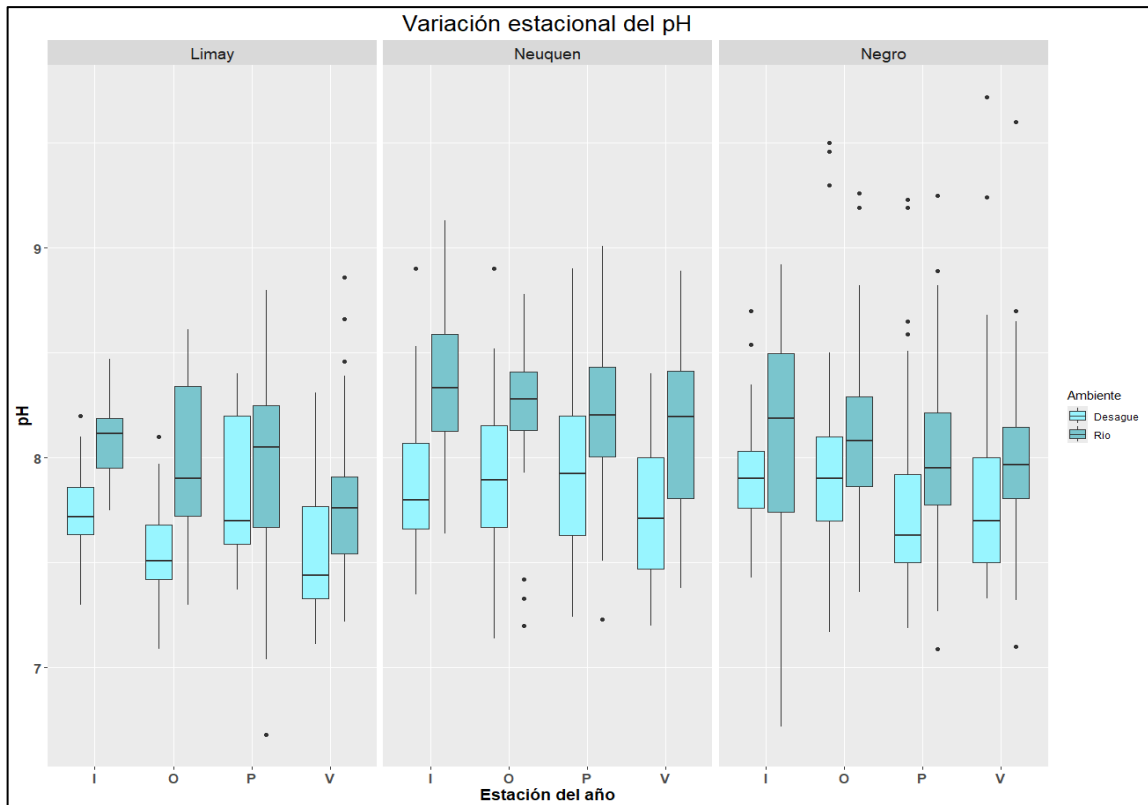


Figura 4. Variabilidad estacional del pH durante el periodo de estudio, por tipo de ambiente y cuenca

Los valores de conductividad eléctrica en las tres cuencas durante todas las estaciones del año (Figura 5), resultaron mayores en los ambientes de desagües y con mayor variabilidad, comparados con los registrados en los ambientes de río, que resultaron relativamente estables. Los desagües de la cuenca del río Negro registraron el valor medio anual mayor (883 $\mu\text{S}/\text{cm}$), seguido por los desagües de la cuenca del río Neuquén (624 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y por último los de la cuenca del río Limay (468 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Además, en la cuenca del río Negro (considerando ambos ambientes) se registró la mayor cantidad de datos extremos por encima de una conductividad eléctrica de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En cuanto al ambiente río, el valor medio anual mayor resultó para el río Neuquén (327 $\mu\text{S}/\text{cm}$), seguido por el río Negro (219 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y finalmente el río Limay (88 $\mu\text{S}/\text{cm}$), estando dentro de los rangos esperados para cada uno de los ríos.

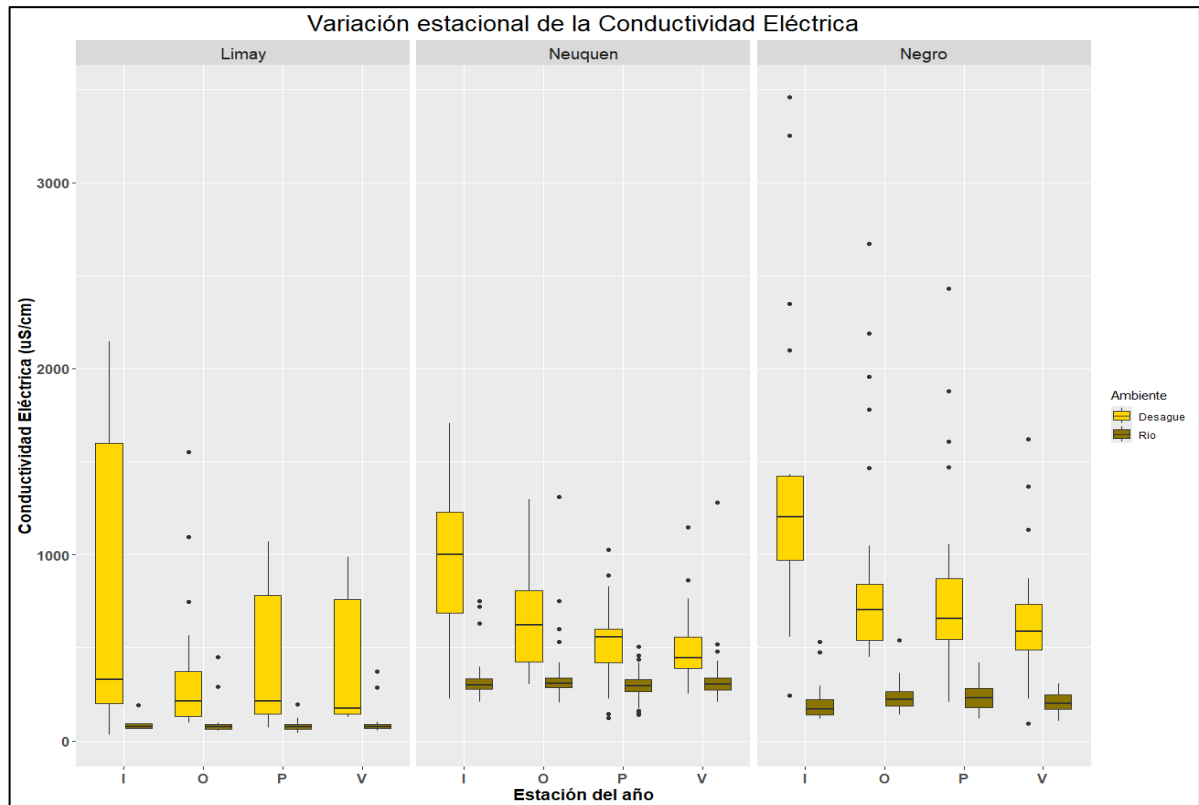


Figura 5. Variabilidad estacional de la Conductividad Eléctrica durante el periodo de estudio, por tipo de ambiente y cuenca

En relación a los valores de oxígeno disuelto, se observa una dinámica similar durante las estaciones del año en las tres cuencas para ambos ambientes, la mayor disolución del oxígeno (mayores concentraciones) se registraron a menores temperaturas (en invierno) y resultando de forma inversa durante el verano. Comparando entre tipo de ambientes, las concentraciones registradas en los desagües estuvieron en un rango medio entre de 6,2 y 7,4 mg/L, resultando menores a los tenores de oxígeno disuelto registrados en los ambientes de río, con valores medios entre 8,9 y 9,3 mg/L indicando para éstos últimos mejores condiciones de oxigenación. En general los desagües de las tres cuencas presentaron una gran variabilidad en cada estación, advirtiendo condiciones fluctuantes en este tipo de ambiente.

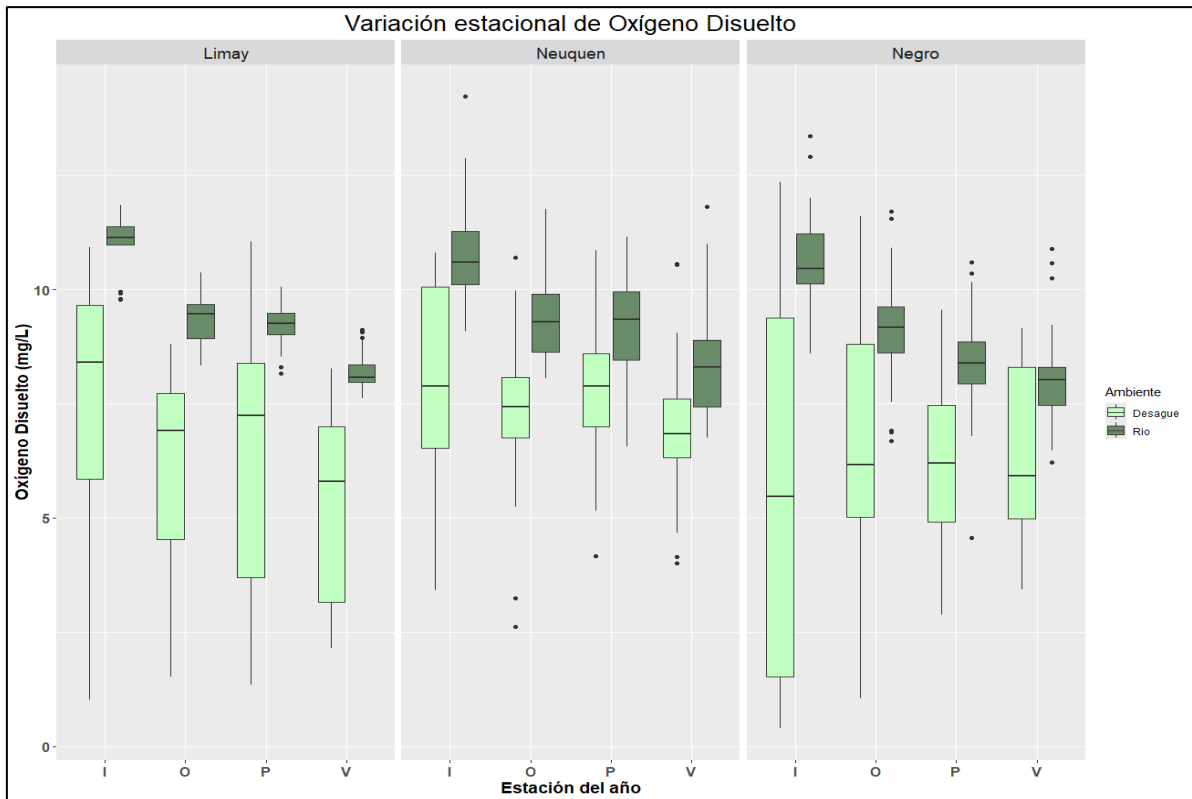


Figura 6. Variabilidad estacional de oxígeno disuelto durante el periodo de estudio, por tipo de ambiente y cuenca

En resumen, se puede decir que para los ambientes de desagües aquellos analizados en la cuenca del río Limay presenta los menores valores anuales de temperatura del agua (16,0 °C), de pH (7,7), de CE (468 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y de OD (6,2 mg/L). En contra posición, la cuenca del río Negro presenta los mayores valores de T° del agua (16,8 °C), de pH (7,9), de CE (883 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y el OD resultó similar a la cuenca Limay (6,2 mg/L). En tanto la cuenca del río Neuquén se comportó con valores intermedios a las dos cuencas mencionadas para todas las variables analizadas (T°=16,1 °C; pH=7,9; CE=624 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el OD 7,5 mg/L).

Con respecto a los ambientes de río se puede decir que el río Limay registro los menores valores anuales de T° del agua (15,4 °C), de pH (7,9), de CE (88 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y valores intermedios de OD (9,2 mg/L). Para el río Neuquén se obtuvieron los mayores valores anuales de pH (8,2), de CE (327 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y de OD (9,3 mg/L), con valores intermedios de T° del agua (17,1 °C); y para el río Negro se registraron los mayores valores anuales de T° del agua (17,1 °C), los menores valores OD (8,9 mg/L), con valores intermedios de pH (8,1) y de CE (219 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

6.2. Monitoreo de plaguicidas en agua

En la Tabla 13 se presenta el resumen del total de las determinaciones realizadas en laboratorio para el período 2013-2022 en conjunto con las detecciones y cuantificaciones registradas, en cada tipo de ambiente y cuenca.

Tabla 13. Determinaciones realizadas en cada tipo de ambiente y cuenca.

Cuenca	Ambiente	Nº determinaciones	Nº detecciones	Porcentaje (%)	Nº cuantificaciones	Porcentaje (%)
Limay		1092	2	0,18	1	0,09
Neuquén	Desagües	1989	11	0,55	5	0,25
Negro		2301	15	0,65	8	0,35
	Total	5382	28	0,52	14	0,26
Limay		1482	1	0,07	-	-
Neuquén	Río	2574	3	0,12	1	0,04
Negro		3783	4	0,11	3	0,08
	Total	7839	8	0,10	4	0,05
Total determinaciones		13221	36	0,27	18	0,14

Se realizaron un total de 13221 determinaciones en laboratorio, en 36 (0,27%) se registraron detecciones (concentraciones \geq LD), y en 18 (0,14%) se registraron cuantificaciones (concentraciones \geq LC). En la Tabla 14 se detallan los sitios con detecciones y las concentraciones obtenidas.

De los 19 sitios monitoreados en desagües, en 10 no se registraron detecciones de residuos de agroquímicos, y en los restantes 9 sitios hubo 28 detecciones. En los 20 sitios monitoreados en río, se registraron 8 detecciones en 8 sitios (Ver Tabla 13 y Figuras 7 y 8). Comparando entre ambientes, en ambos se detectaron las 6 familias de plaguicidas en estudio (organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides, bencimidazoles (fungicida) y antiescaldantes), predominando los que poseen funciones insecticidas.

Tabla 14. Concentración de plaguicidas detectados y cuantificados en agua de ríos y desagües de las cuencas.

Cuenca	Ambiente	Nombre del Sitio	N° Mapa	Plaguicidas	Concentración (µg/L)	Fecha detección
río Limay		Aº Durán	7	carbaril	0,110	nov-15
				cipermetrina	0,030	nov-16
		San Patricio del Chañar	10	clorpirifos	0,710	sep-15
				clorpirifos	0,096	nov-15
				clorpirifos	0,166	nov-16
río Neuquén		Vista Alegre	15	clorpirifos	<0,050*	may-16
				metidation	0,060	ago-16
		Colector ppal. Centenario	17	difenilamina	0,287	may-17
				pirimicarb	<0,110*	mar-20
				etoxiquina	0,650	abr-22
		PI (Cinco Saltos)	18	clorpirifos	0,131	ago-19
				α-HCH	0,004	ago-19
				β-HCH	<0,001*	ago-19
Desagües		PII (Fdez. Oro)	21	α-HCH	0,050	feb-20
				β-HCH	0,012	feb-20
				etoxiquina	0,400	abr-22
		C5 (Allen)	24	clorpirifos	<0,050*	nov-19
				metidation	<0,030*	nov-19
				etoxiquina	0,410	abr-22
río Negro				etoxiquina	0,790	ago-22
				tiabendazol	7,100	abr-22
				λ-Cialotrina	0,070	feb-21
		Zonas VI y VII	27	deltametrina	0,080	feb-21
				fenvalerato	0,110	feb-21
				cipermetrina	0,180	feb-21
				permetrina cis	0,050	feb-21
				permetrina trans	0,070	feb-21
				Chimpay	30	carbaril
río Limay		Las Perlas	4	metiltiofanato	<0,280*	abr-14
		Añelo	8	clorpirifos	0,080	nov-21
				Cinco Saltos	16	difenilamina
río Neuquén	Río	Pque. Industrial Neuquén	19	carbaril	<0,110*	nov-13
		Allen	23	fenvalerato	0,030	mar-13
río Negro		Choele Choel	31	endosulfan	0,003	ago-16
		Chimpay	29	carbaril	<0,110*	ago-16
		La Paloma	39	clorpirifos	0,065	ago-15

* concentraciones < LC del método.

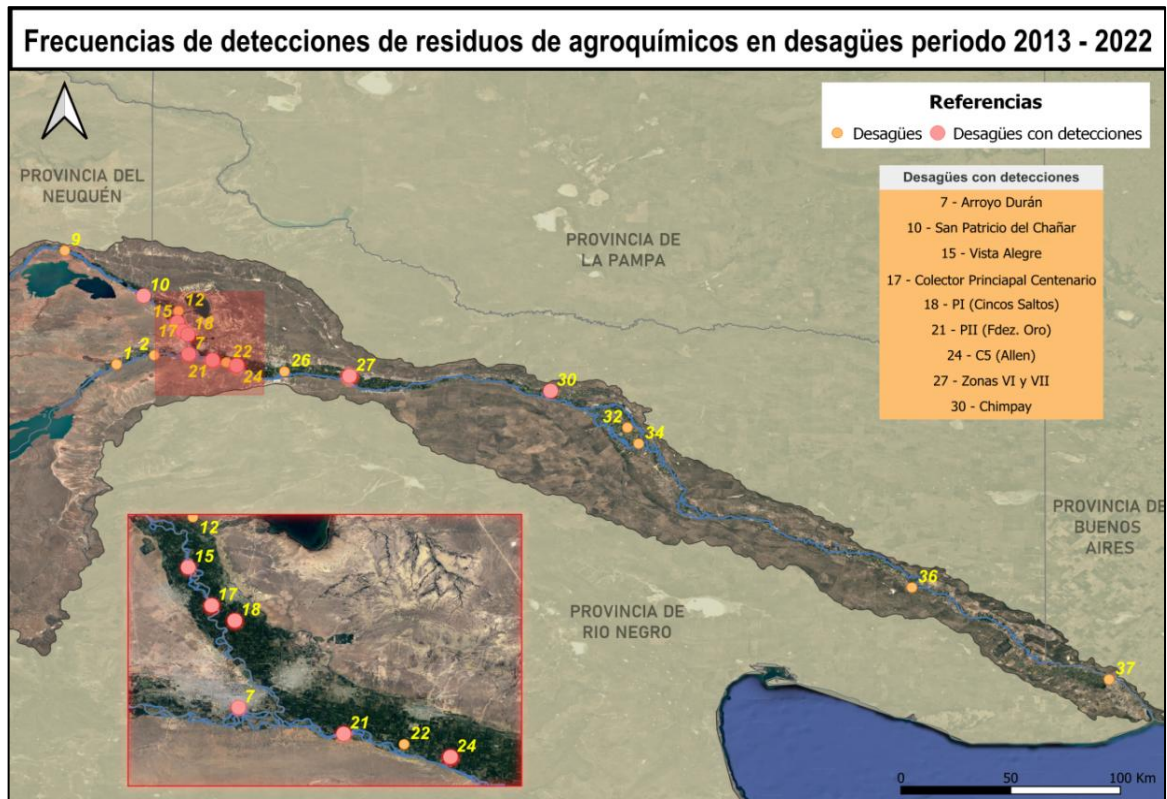


Figura 7. Distribución de sitios en ambientes de **desagüe** donde se registraron detecciones de residuos de plaguicidas. Fuente: Elaboración propia.

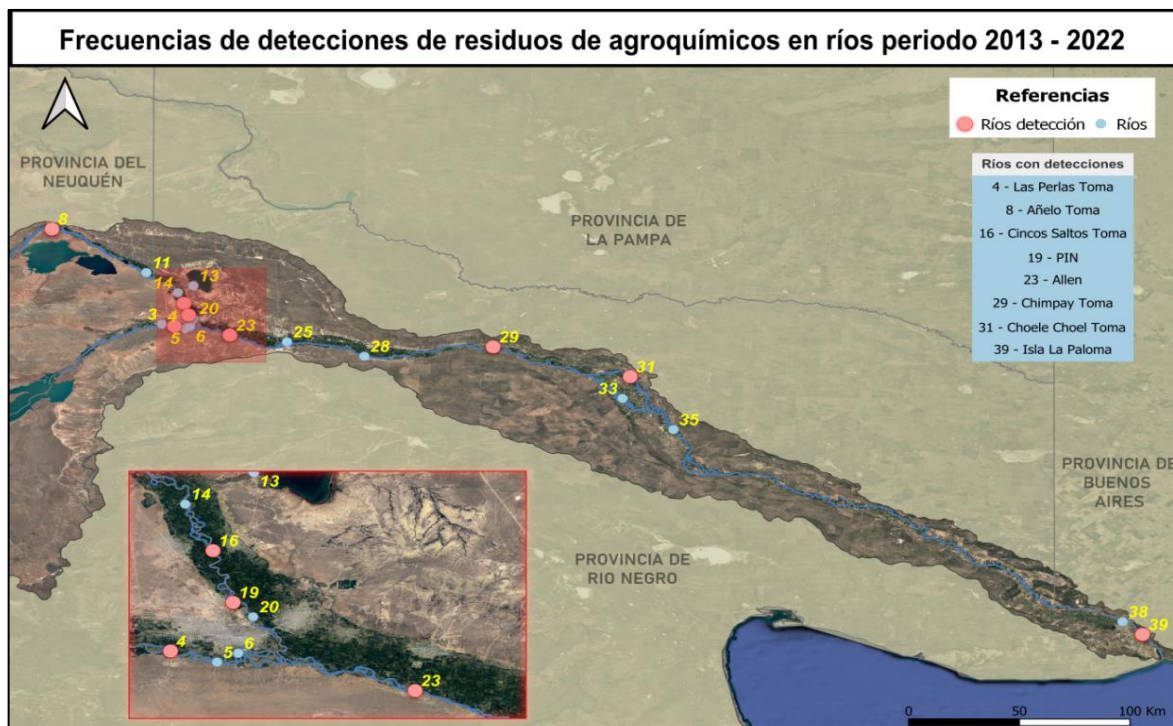


Figura 8. Distribución de sitios en ambientes de río donde se registraron detecciones de residuos de plaguicidas. Fuente: Elaboración propia.

Los desagües de la cuenca del río Negro registraron la mayor cantidad de detecciones (15) de las 6 familias agroquímicos en estudio (organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides, bencimidazoles –fungicida- y antiescaldantes), las cuales se distribuyeron en 4 sitios; los desagües de la cuenca del río Neuquén registraron 11 detecciones de 4 familias de agroquímicos (organofosforados, antiescaldantes, carbamatos y organoclorados) las cuales se distribuyeron en 4 sitios; y los desagües de la cuenca del río Limay registraron 2 detecciones de 2 familias de agroquímicos (carbamatos y piretroides) en un único sitio. En la Figura 9 se presenta el detalle los sitios desagüe con la frecuencia de detecciones registradas durante el periodo de estudio; se observa que los desagües Zonas VI y VII y C5 de la cuenca del río Negro fueron los que presentaron la mayor cantidad de detecciones y diversidad de compuestos.

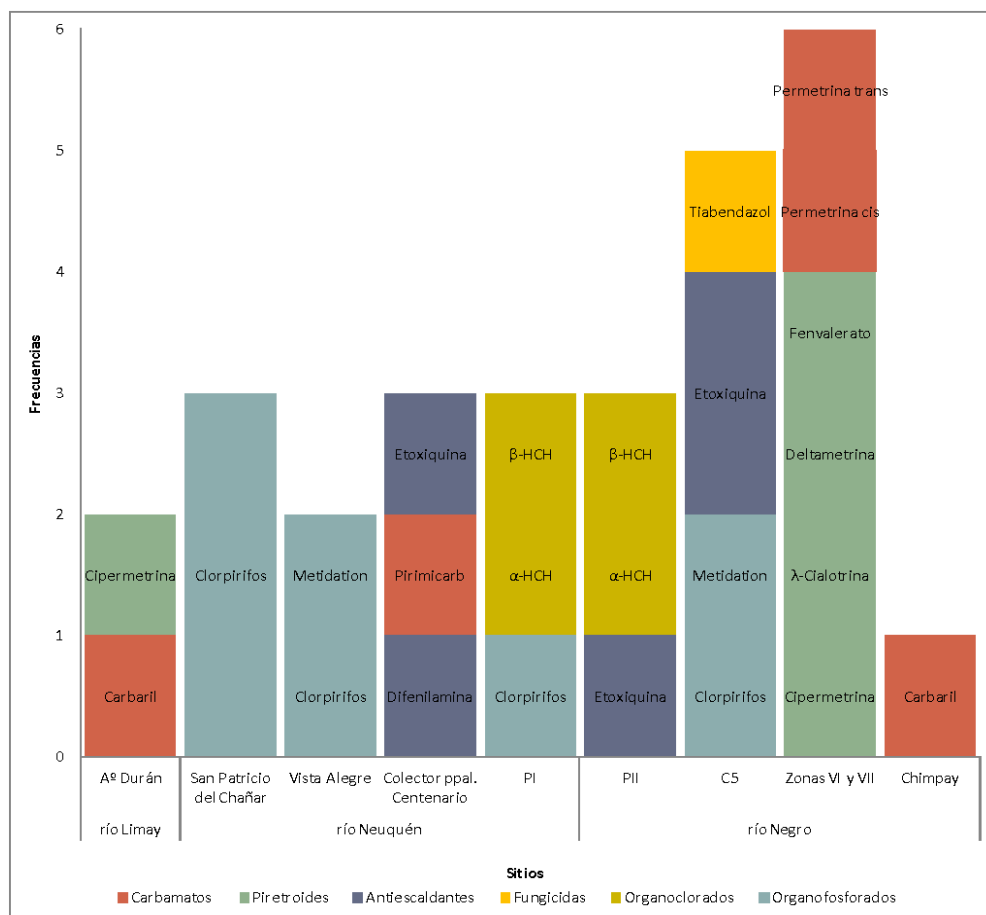


Figura 9. Frecuencia de detecciones de residuos de agroquímicos en sitios de ambiente desagüe periodo 2013-2022.

Del gráfico anterior se evidencia que, si bien los sitios desagües Zonas VI y VII y C5 fueron los que registraron la mayor frecuencia de detección y de diversidad de compuestos, los mismos se correspondían a familias de compuestos con baja/media solubilidad en agua,

nula/moderada movilidad en suelo, baja/nula persistencia en suelo, y no persistentes en sedimentos.

En los desagües de la cuenca del río Neuquén se registraron principalmente la presencia de residuos de organofosforados, organoclorados y antiescaldantes; en los desagües de la cuenca del río Negro, como se mencionó anteriormente, se detectó la presencia de las 6 familias de residuos de agroquímicos en estudio pero principalmente de piretroides y carbamatos. Cabe destacar que en estas dos cuencas hubo detección de residuos de plaguicidas organoclorados, no así en los desagües de la cuenca del río Limay.

Según los resultados obtenidos, se puede concluir que en los desagües de estudio predominaron (en orden decreciente de detección) los residuos de plaguicidas organofosforados, antiescaldantes, piretroides, carbamatos, organoclorados y por último, fungicidas.

Con respecto a los ambientes de río, el río Negro registro la mayor cantidad de detecciones (4) de 4 familias de agroquímicos (piretroides, organoclorados, carbamatos y organofosforados) distribuidas en 4 sitios. El río Neuquén registró 3 detecciones de 3 familias de agroquímicos (organofosforados, antiescaldantes y carbamatos) distribuidas en 3 sitios, y el río Limay registro una única detección de fungicida. En la Figura 10 se detallan los sitios de río con la frecuencia de detecciones registradas durante el periodo de estudio, observándose que en cada sitio se registró sólo una detección.

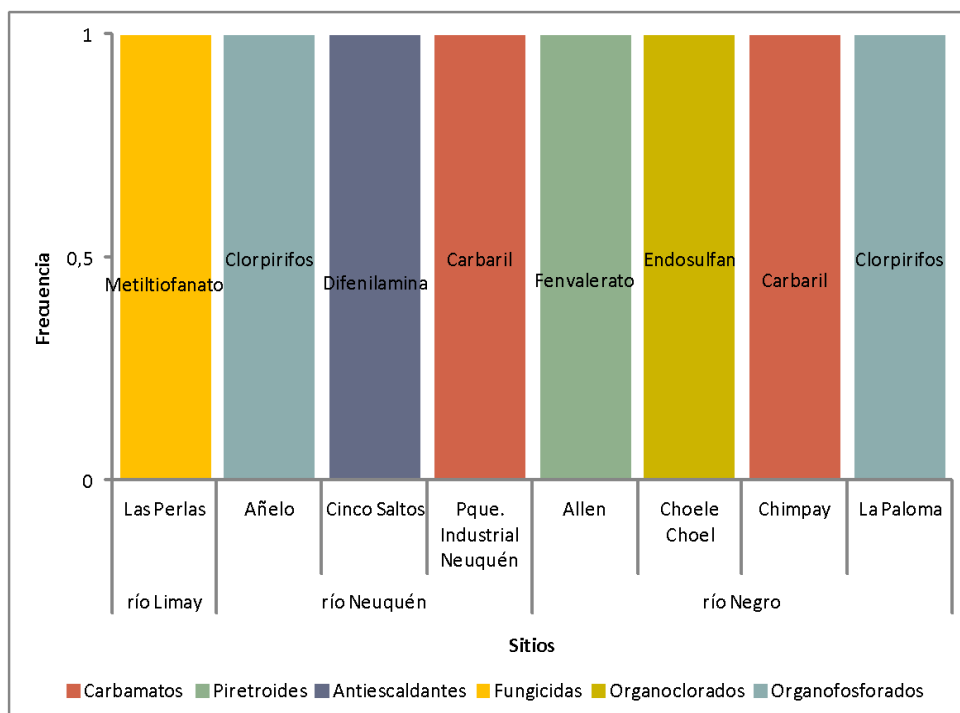


Figura 10. Frecuencia de detecciones de residuos de agroquímicos en sitios de ambiente río periodo 2013-2022.

Analizando a nivel de cuencas y considerando todos los sitios de monitoreo, la cuenca del río Limay fue la que registró la menor cantidad de detecciones (3) y de familias de plaguicidas (carbamatos, piretroides y fungicidas). La cuenca del río Neuquén registró 14 detecciones de 4 familias de plaguicidas (organofosforados, antiescaldantes, carbamatos y organoclorados). La cuenca del río Negro registro la mayor cantidad de detecciones (19) y las 6 familias de plaguicidas de estudio (Figura 11).

De un total de 39 residuos de plaguicidas analizados, se detectaron 16 de ellos, registrándose con mayor frecuencia: Clorpirifos (organofosforado) con 8 detecciones, α -HCH/ β -HCH (organoclorado) 4 detecciones, Etoxiquina (antiescaldante) 4 detecciones, Carbaril (carbamato) 4 detecciones, y el resto fueron detectados 1 o 2 veces durante el periodo de estudio. Las detecciones predominaron durante la Primavera (10 detecciones) y Verano (10 detecciones), seguido de Otoño (8 detecciones) e Invierno (8 detecciones), siendo el año con mayor cantidad de detecciones el 2021 (7 detecciones).

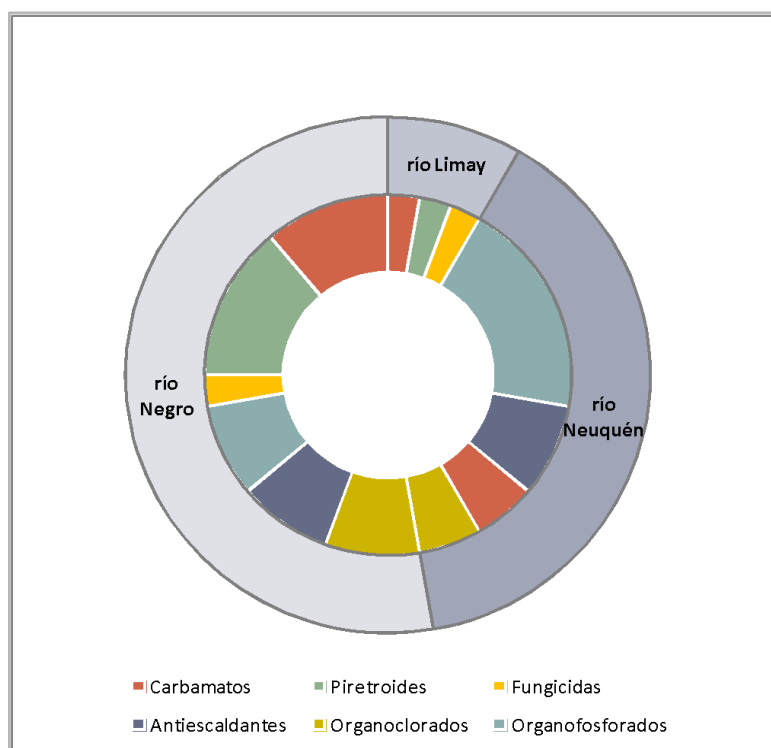


Figura 11. Familias de agroquímicos detectadas por Cuenca durante el periodo 2013-2022.

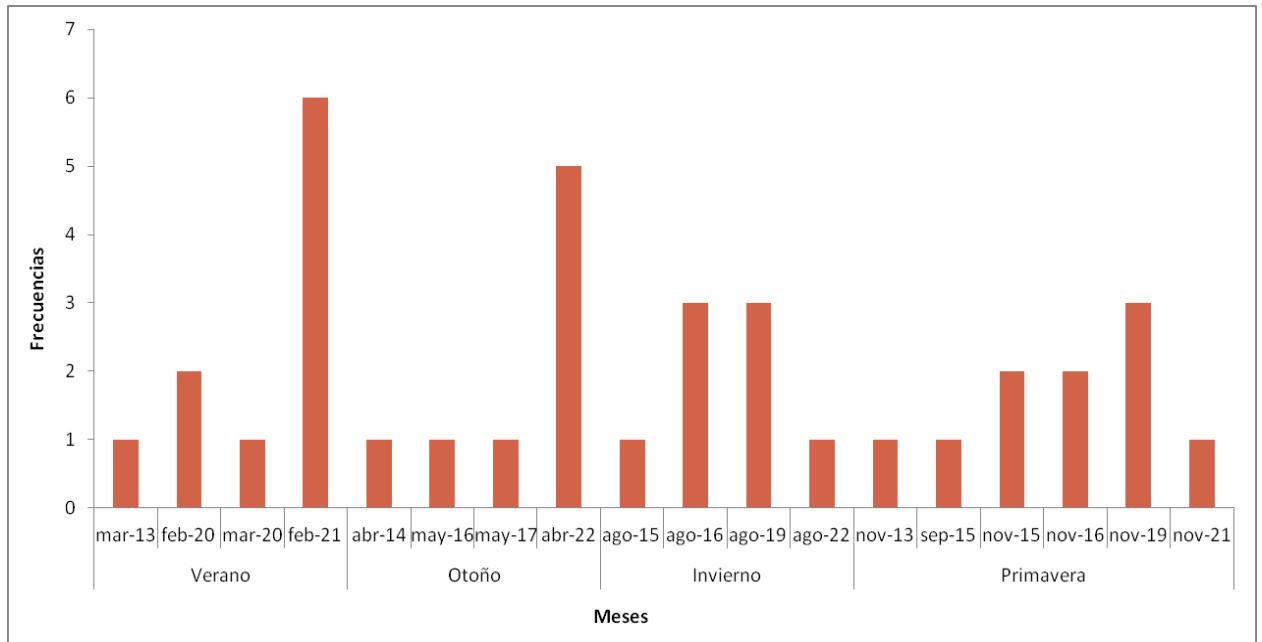


Figura 12. Estacionalidad de las detecciones de residuos de agroquímicos en ambientes de desagüe y río durante el periodo 2013–2022.

En el Anexo 9.2 se presenta un mapa de distribución de sitios monitoreados con concentraciones cuantificables, mientras que en la Tabla 15 se detallan las concentraciones de plaguicidas que superaron alguno de los valores guía recomendados de las Tablas 8 y 9 del apartado 4.

Tabla 15. Concentración de plaguicidas cuantificados que superan los Niveles Guía (NG) en muestras de agua de ríos y desagües de las cuencas.

Plaguicidas	Concentración (µg/L)	NG fuente de agua para consumo humano		NG protección vida acuática		
		SRHN (µg/L)	AIC (µg/L)	SRHN (µg/L)	AIC (µg/L)	CCME (µg/L)
Cipermetrina	0,030	n/f	n/f	≤ 0,0006	n/f	n/f
Clorpirifos	0,166	n/f	n/f	≤ 0,006	n/f	n/f
α-HCH	0,050	n/f	2,00	-	0,02	n/f
Deltametrina	0,080	n/f	n/f	≤ 0,001	n/f	0,0004
Fenvalerato	0,110	n/f	n/f	≤ 0,005	n/f	n/f
Cipermetrina	0,180	n/f	n/f	≤ 0,0006	n/f	n/f
Permetrina cis	0,050	n/f	n/f	≤ 0,01	n/f	0,004
Permetrina trans	0,070	n/f	n/f	≤ 0,01	n/f	0,004
Carbaril	0,350	≤ 30,00	n/f	≤ 0,50	n/f	0,2
Endosulfan	0,003	n/f	103,00	≤ 0,007	0,02	0,003

n/f = no fija

Las concentraciones cuantificadas no superan los valores establecidos para consumo humano, de acuerdo a los niveles guías actuales correspondientes a la normativa utilizada como referencia. Sin embargo, en cuanto a la protección de la vida acuática, las concentraciones determinadas superan los niveles guías para estos cuerpos de agua.

Si bien las concentraciones encontradas en los sitios analizados no superan los niveles guía para agua de consumo, es importante destacar que pertenecen a las clases toxicológicas Ib (Altamente peligroso), II (Moderadamente peligroso) y III (Ligeramente peligroso) (Tabla 2) con persistencias en agua principalmente bajas (menores a 48 días) (Tabla 7).

A partir de los resultados obtenidos en el período 2013-2022 y considerando en particular las mayores concentraciones (CM) encontradas en los cuerpos de agua estudiados, se realizó una evaluación de la posible afectación relacionada a estos productos fitosanitarios. Para ello, se consideraron los valores de Máxima Concentración de No Efecto (NOEC)³² y se determinó, de acuerdo a la ec.1, la concentración predicha de no efecto (PNEC)³³ siguiendo el enfoque de la especie más sensible con los factores de seguridad (FS) correspondientes. Los resultados obtenidos se presentan en el Anexo 9.3

$$PNEC = \frac{NOEC}{FS} \quad (\text{ec.1})$$

La evaluación ecotoxicológica (RQ_m) asociada a la presencia de los plaguicidas presentes en mayor concentración se determinó de acuerdo a la ecuación 2.

$$RQ_m = \frac{CM}{PNEC} \quad (\text{ec.2})$$

Los valores de RQ_m se clasifican como RQ_m > 1 riesgo alto; 0,1 < RQ_m < 1 riesgo medio y 0,1 < RQ_m³⁴. Los mayores índices de riesgo ecotoxicológico se presentan en

³² <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/>

³³ Calow, P, Forbes, V. "Does ecotoxicology inform Ecological Risk Assessment", Environmental Science and Technology, April 1, 2003, 151-157 pág.

³⁴ Papadakis a,E.N., Vryzas,Z., Kotopoulou A., Kintzikoglou K., Makris K.C., Papadopoulou-Mourkidou, E. "A pesticide monitoring survey in rivers and lakes of northern Greece and its human and ecotoxicological risk assessment", Ecotoxicology and Environmental Safety 116 (2015) 1-9.

desagües localizados en Allen y Zona VI y VII de la provincia de Río Negro y en San Patricio del Chañar y Centenario en la provincia de Neuquén. El insecticida endosulfán presentó un $RQ_m > 1$ en el monitoreo realizado en el 2021 en el Río Negro en proximidades de la localidad de Choele Choel. Los desagües correspondientes a la Zona VI y VII de río Negro presentaron mayor número de plaguicidas detectados de los cuales tres agroquímicos registraron concentraciones máximas que representan un riesgo ecotoxicológico alto. Los plaguicidas restantes incluidos en el Anexo 9.3 presentaron un RQ_m medio.

7. Conclusiones

El principal objetivo del monitoreo realizado fue determinar la presencia de residuos de agroquímicos en desagües y aguas superficiales de los ríos de nuestra región. Los ambientes de desagüe son cuerpos receptores que reciben los excedentes de riego de las áreas agrícolas, y se pueden encontrar expuestos a residuos de agroquímicos por las aplicaciones realizadas a los cultivos. Estas canalizaciones desaguan en los principales ríos del Alto Valle (río Limay, río Neuquén y río Negro), es por ello la importancia de su monitoreo. A su vez, el programa contempla el monitoreo de los ríos como fuentes receptoras y el control de la calidad del recurso para uso como fuente de abastecimiento para consumo humano y protección de la vida acuática.

Durante el periodo de monitoreo 2013-2022 se registraron 36 detecciones de residuos de plaguicidas, de las cuales 28 fueron en ambientes de desagües y 8 en ambientes de río.

Para los sitios de desagüe, los que registraron las mayores frecuencias de detección fueron Zonas VI y VII en Valle Medio y C5 en Allen, y los que registraron las mayores frecuencias de cuantificación fueron Zonas VI y VII y San Patricio del Chañar. Los plaguicidas de mayor frecuencia de detección fueron de las familias Organofosforados (clorpirifos) y Antiescaldantes (etoxiquina), y los de mayor frecuencia de cuantificación fueron de las familias Organofosforados (clorpirifos) y Piretroides (cipermetrina).

En los sitios de río donde hubo detección, sólo se registró un agroquímico, al igual que en aquellos sitios con cuantificación, sólo se registró presencia de una sustancia. Los plaguicidas de mayor frecuencia de detección fueron de las familias Organofosforados

(clorpirifos) y Carbamatos (carbaril). El plaguicida con mayor frecuencia de cuantificación fue clorpirifos.

Las estaciones del año en las cuales se detectaron las mayores frecuencias fueron Primavera y Verano, siendo el año 2021 el que registró la mayor cantidad de detecciones.

En cuanto a las concentraciones cuantificadas, las mismas se compararon con los niveles guías para uso como fuente de agua para consumo humano y protección de vida acuática, resultando en concentraciones que no implican un riesgo para la salud humana, pero que si han sobrepasado los niveles guías de protección de vida acuática recomendados por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de Nación.

Con respecto a los compuestos que se encuentran prohibidos de uso o restringidos, se registraron 5 detecciones de compuestos Organoclorados (endosulfan, α -HCH y β -HCH) en el desagüe PI de Cincos Saltos, PII de Fdez. Oro y en las aguas del río Negro a la altura de Choele Choele, de las cuales 2 detecciones resultaron en cuantificaciones (en desagüe PII y en río Choele Choele). Estas detecciones pueden vincularse a la alta persistencia en el ambiente de estas sustancias.

En síntesis, el monitoreo realizado durante el periodo 2013-2022 ha permitido identificar y cuantificar la presencia de residuos de agroquímicos en las aguas superficiales de los ríos y determinar las áreas de mayor impacto. Aunque las concentraciones detectadas no representan un riesgo inmediato, es fundamental continuar monitoreando y tomando medidas preventivas para proteger la calidad del agua y evitar la afectación por agroquímicos.

Comparando los resultados obtenidos en los sitios que continuaron monitoreándose durante los periodos 2006-2012 y 2013-2022, se observa que con respecto a la cuenca del río Limay, los sitios de río Plottier Toma, Anaya Toma y Río Grande Toma no registraron detecciones ni cuantificaciones de residuos de agroquímicos (Tabla 16). El sitio Las Perlas Toma registró, al igual que en el periodo anterior, una detección modificándose la familia de agroquímicos de organofosforado (metilazinfos) a fungicida (metiltiofanato). Los sitios de desagües, Senillosa desagüe y Plottier desagüe evidenciaron una mejora sustancial no habiéndose registrado detecciones ni cuantificaciones de residuos de agroquímicos con respecto al periodo anterior. El sitio Arroyo Durán desagüe reflejó una mejora, aunque continuó con detecciones de agroquímicos en bajas frecuencias, y con una única cuantificación de

cipermetrina la cual reflejó un aumento en la concentración con respecto al periodo anterior. En relación a los agroquímicos detectados, para el periodo anterior predominaban las detecciones y cuantificaciones de Organoclorados (endosulfan) y Organofosforados (clorpirifos); para el actual periodo se obtuvieron detecciones de diferentes familias, Carbamatos (carbaril) y Piretroides (cipermetrina), correspondiéndole esta última con una cuantificación.

Con respecto a la cuenca del río Neuquén, los sitios de río Arroyón Pellegrini Toma, Vista Alegre Toma y Cipolletti Toma presentaron una mejora en comparación con el periodo 2006-2012, no registrándose detecciones ni cuantificaciones. A su vez, los sitios Cincos Saltos Toma y PIN Toma también evidenciaron una mejora ya que únicamente se registraron detecciones en baja frecuencia en comparación con el periodo anterior (y no cuantificaciones). En relación a los agroquímicos detectados, para el periodo anterior predominaba la detección y cuantificación de clorpirifos y metilazinfos con altas frecuencias, y para el actual periodo se registraron detecciones de clorpirifos, difenilamina y carbaril en muy bajas frecuencias. Los sitios de desagües, Añelo desagüe y Campo Grande desagüe presentaron una mejora en comparación con el periodo 2006-2012, ya que no se obtuvieron detecciones ni cuantificaciones. A su vez, los sitios San Patricio del Chañar desagüe, Vista Alegre desagüe y PI desagüe evidenciaron mejoras, aunque aún continúan registrando detecciones y cuantificaciones en frecuencias bajas en comparación al periodo anterior, las cuantificaciones se corresponden con clorpirifos que presentaron un aumento en sus concentraciones de cuantificación para el último periodo. En el sitio Colector Principal Centenario desagüe, que hasta el periodo anterior registraba detecciones y cuantificaciones de diversos residuos de agroquímicos, se registraron para el último periodo únicamente detecciones en frecuencias bajas y en menor diversidad de familias de agroquímicos. En relación a los agroquímicos detectados, para el periodo anterior predominaba la detección y cuantificación de metilazinfos y clorpirifos con altas frecuencias; para el actual periodo predominaron las detecciones y cuantificaciones de clorpirifos en bajas frecuencias pero con aumentos en sus concentraciones.

Con respecto a la cuenca del río Negro, los sitios de río General Roca Toma, Villa Regina Toma, Lamarque Toma, Viedma Toma y Colonia Josefa evidenciaron una mejora sustancial no habiéndose registrado detecciones ni cuantificaciones de residuos de

agroquímicos con respecto al periodo anterior. El sitio Chimpay Toma se mantuvo con detecciones pero se correspondió a una única detección (carbaril); mientras que el sitio Isla La Paloma, continuó con detección y cuantificación, registrándose un aumento en la cuantificación de clorpirifos con respecto al periodo anterior. Los sitios Allen Toma y Choele Choel Toma si bien evidenciaron una mejora relativa en cuanto a la disminución de frecuencias de detección de familias de agroquímicos, las detecciones registradas constituyeron cuantificaciones de estos residuos, algo que no había sucedido en el periodo anterior para estos sitios, destacándose que la concentración de endosulfan (Organoclorado) en Choele Choel Toma se ha visto en aumento con respecto al periodo anterior. Con respecto a los agroquímicos detectados, para el periodo anterior predominaba la detección y cuantificación de clorpirifos y metilazinfos con altas frecuencias, y para el actual período predominaron las detecciones y cuantificaciones de clorpirifos, endosulfan, fenvalerato y carbaril en bajas frecuencias. Los sitios de desagües, PIII desagüe, PIV desagüe, Gran Zanjón Choele Choel desagüe, Colonia Frías desagüe y El Molino desagüe evidenciaron una mejora sustancial no habiéndose registrado detecciones ni cuantificaciones de residuos de agroquímicos con respecto al periodo anterior. Los sitios PII desagüe y Zonas VI y VII desagüe si bien evidenciaron una mejora relativa en cuanto a la disminución de frecuencias de detección y cuantificación de familias de agroquímicos, aún continúan siendo dos de los sitios de desagüe que presentan las mayores frecuencias de cuantificación de las cuencas Limay, Neuquén y Negro; cabe destacar que en el sitio PII desagüe la concentración de α -HCH (Organoclorado) continua con valores similares al periodo anterior, y que el sitio Zonas VI y VII desagüe presenta cuantificaciones de agroquímicos no detectados en el periodo anterior.

Tabla 16. Comparación de residuos de agroquímicos detectados y cuantificados en sitios monitoreados durante los periodos 2006-2012 y 2013-2022.

Cuenca	Ambiente	Nombre del Sitio	Periodo 2006-2012	Periodo 2013-2022
Rio Limay	Desagüe	Senillosa	5 detecciones, 4 cuantificaciones	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		Plottier	5 detecciones, 1 cuantificación	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		Arroyo Durán	10 detecciones,	2 detecciones, 1

Cuenca	Ambiente	Nombre del Sitio	Periodo 2006-2012	Periodo 2013-2022
			6 cuantificaciones	cuantificación
Río Neuquén		Añelo	5 detecciones, 4 cuantificaciones	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		Campo Grande	20 detecciones, 5 cuantificaciones	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		San Patricio del Chañar	23 detecciones, 11 cuantificaciones	3 detecciones, 3 cuantificaciones
		Vista Alegre	22 detecciones, 10 cuantificaciones	2 detecciones, 2 cuantificaciones
Río Neuquén		PI (Cincos Saltos)	32 detecciones, 11 cuantificaciones	3 detecciones, 1 cuantificación
		Colector Principal Centenario	39 detecciones, 20 cuantificaciones	3 detecciones, sin cuantificaciones
Rio Negro	Desagüe	PIII (Allen)	41 detecciones, 20 cuantificaciones	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		PIV (General Roca)	35 detecciones, 20 cuantificaciones	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		Gran Zanjón (Choele Choel)	12 detecciones, 5 cuantificaciones	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		Colonia Frías	7 detecciones, 2 cuantificaciones	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		El Molino (IDEVI)	23 detecciones, 13 cuantificaciones	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		PII (Fdez. Oro)	47 detecciones, 30 cuantificaciones	3 detecciones, 1 cuantificación
		Zonas VI y VII	40 detecciones, 25 cuantificaciones	6 detecciones, 5 cuantificaciones
Rio Limay	Rio	Plottier Toma	Sin detecciones, Sin cuantificaciones	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		Anaya Toma	Sin detecciones, Sin cuantificaciones	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		Rio Grande Toma	Sin detecciones, Sin cuantificaciones	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		Las Perlas Toma	1 detección, Sin cuantificaciones	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
Río Neuquén		Arroyón Pellegrini	9 detecciones, 1 cuantificación	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		Vista Alegre Toma	4 detecciones, 1 cuantificación	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		Cipolletti Toma	12 detecciones, 2	Sin detecciones,

Cuenca	Ambiente	Nombre del Sitio	Periodo 2006-2012	Periodo 2013-2022
			cuantificaciones	Sin cuantificaciones
		Cincos Saltos Toma	5 detecciones, 1 cuantificación	1 detección, sin cuantificaciones
		PIN	7 detecciones, 2 cuantificaciones	1 detección, sin cuantificaciones
Rio Negro		General Roca Toma	3 detecciones, sin cuantificaciones	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		Villa Regina Toma	3 detecciones, sin cuantificaciones	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		Lamarque Toma	4 detecciones, 1 cuantificación	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		Viedma Toma	1 detección, 1 cuantificación	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
Rio Negro	Rio	Colonia Josefa	5 detecciones, sin cuantificaciones	Sin detecciones, Sin cuantificaciones
		Chimpay Toma	3 detecciones, sin cuantificaciones	1 detección, sin cuantificaciones
		Isla La Paloma	3 detecciones, 1 cuantificación	1 detección, 1 cuantificación
		Allen	9 detecciones, sin cuantificación	1 detección, 1 cuantificación
		Choele Choele Toma	5 detecciones, sin cuantificación	1 detección, 1 cuantificación

Fuente: Elaboración propia en base a Informe Agroquímicos 2006-2012.

En conclusión se puede decir que este último periodo de análisis evidenció que las detecciones y cuantificaciones en todos los sitios y tipos de ambiente han disminuido, sin embargo se observa que para la cuenca del Limay, el agroquímico cipermetrina continua predominando en el sitio Arroyo Duran desagüe con concentraciones superiores a las del periodo anterior; el agroquímico clorpirifos continua predominando en la cuenca del Neuquén con concentraciones similares e incluso superiores en sitios donde se detecta; y para la cuenca del Negro, los residuos de los agroquímicos Endosulfan, α -HCH y Clorpirifos continúan con concentraciones similares e incluso superiores en los sitios donde se registran.

8. Consideraciones Finales

El aumento en la demanda de alimentos conlleva a la expansión de la actividad agrícola y con ella el incremento en la utilización de productos químicos. En la Argentina,

existen más de 400 principios activos registrados en el Registro Nacional de Terapéutica vegetal administrado por SENASA. En nuestra región el incremento en la actividad frutihortícola y en la diversidad de productos cultivados y de agroquímicos que se aplican, requieren de un Programa de Monitoreo dinámico y que se ajuste tanto a la actividad como a la necesidad de asegurar la calidad del agua que consume la población y la protección de la vida de organismos acuáticos.

La principal vía de exposición humana a plaguicidas tiene lugar durante la manipulación y aplicación de los mismos; el monitoreo de estos compuestos en los cuerpos de agua permite evitar efectos adversos sobre la salud de la población en centros urbanos próximos a las zonas productivas y en la vida de organismos acuáticos.

El Programas de Monitoreo de Agroquímicos proporciona información relevante con respecto a las concentraciones de plaguicidas en este recurso. Sin embargo, para alcanzar un patrón temporal de exposición se requiere una frecuencia de muestreo y una cantidad de muestras a analizar que en la práctica representa un esfuerzo difícil de cumplir. Es por esta razón que frecuentemente se recurre a modelos numéricos que tienen en cuenta las propiedades de los plaguicidas y de la matriz en estudio para predecir el grado de exposición a sustancias contaminantes.

La posibilidad de contar con datos obtenidos de muestras de lugares reconocidos como sensibles, por la historia del sitio y muestreos anteriores, es de gran importancia para analizar la calidad del recurso y alertar sobre situaciones que requieran intervención de las Autoridades de Aplicación provinciales. Es por ello que, a partir de los resultados obtenidos en los últimos 10 años de monitoreo de aguas superficiales de los ríos Limay, Neuquén y Negro, de la mayor variedad de cultivos producidos y del relevamiento realizado sobre los plaguicidas comercializados en la región, como también sus propiedades fisicoquímicas y toxicidad, se propone una actualización del Plan de Monitoreo (Tabla 17).

Tabla 17. Propuesta de plaguicidas a incorporar en el programa de monitoreo.

Plaguicidas	Criterios de selección		
	Comercialización	Detectado 2013-2022	Clase de Toxicidad
Atrazina	si	No analizado	III
Acetamiprid	si	No analizado	III
α-HCH	<i>prohibición de uso</i>	si	II
β-HCH			
Bifentrin	si	No analizado	III
Captan	si	no	III
Carbaril	si	si	III
Carbendazim	si	no	III
Ciantraniliprole	si	No analizado	III
Cipermetrina	si	si	III
Clorantraniliprole	si	No analizado	III
Clorpirifos	<i>prohibición de uso</i>	si	II
Deltametrina	si	si	II
Difenilamina	si	si	III
Dimetoato	si	no	II
Endosulfan	<i>s/d</i>	si	Ib
Etoxiquina	si	si	IV
Fenvalerato	<i>s/d</i>	si	II
Fludioxinil	si	No analizado	III
Glifosato	si	No analizado	III
Imidacloprid	si	No analizado	III
λ-Cialotrina	si	si	III
Metidation	si	si	Ib
Metiltiofanato	si	si	II
Miclobutanil	si	No analizado	III
Permetrina cis	si	si	III
Permetrina trans			
Pirimicarb	si	si	II
Pirimetanil	si	No analizado	III
Tiabendazol	si	si	III
Thiacloprid	si	No analizado	III

s/d: sin datos.

Del total de 39 compuestos que fueron analizados en el monitoreo realizado durante 2013-2022, se considera continuar con el monitoreo de 19 de ellos dado que fueron detectados en muestras de agua y/o son comercializados en la región. A su vez, se propone la inclusión de 11 nuevos compuestos (identificados en la Tabla 17) dado que son comercializados en la región, presentando toxicidades y propiedades fisicoquímicas de interés. En particular, en estudios llevados a cabo en el Laboratorio de Cromatografía de la

UNCo, se registraron detecciones de fludioxonil, pirimetanil y atrazina en muestras de agua correspondientes a desagües en la zona del Alto valle de Río Negro y Neuquén.

La Atrazina es un herbicida que actualmente se encuentra prohibido en cerca de 40 países (incluidos de Europa, África y Sudamérica), y se mencionan diversos posibles efectos adversos al ambiente³⁵.

La propuesta incluye, además, el análisis de residuos de plaguicidas en el material particulado en suspensión para analizar no solo los compuestos presentes en agua sino también aquellos adsorbidos, por sus propiedades hidrofóbicas, al material particulado.

Tabla 18. Frecuencia de aplicación

Plaguicidas	Usos	Momento de aplicación
atrazina	Herbicida	F, A, J, N
acetamiprid	Insecticida	F, A, J, N
α-HCH	Insecticida	F, A, J, N
β-HCH	Insecticida	F, A, J, N
bifentrin	Insecticida	F, A, J, N
captan	Fungicida	A, S, O, N
carbaril	Insecticida	F, A, J, N
carbendazim	Fungicida	A, S, N
ciantraniliprole	Insecticida	F, A, J, N
cipermetrina	Insecticida	F, A, J, S, O, N
clorantraniliprole	Insecticida	F, A, J, S, O, N
clorpirifos	Insecticida	F, A, J, N
deltametrina	Insecticida	F, A, J, N, S
difenilamina	Antiescaldante	F, A
dimetoato	Insecticida	F, A, J, N
endosulfan	Insecticida	F, A, J, N
etoxiquina	Fungicida	F, A
fenvalerato	Insecticida	F, A, J, N
fludioxinil	Fungicida	A
glifosato	Herbicida	F, A, J, N
imidacloprid	Insecticida	F, A, J, N, S
λ-ciolatrina	Insecticida	F, A, J, N
metidation	Insecticida	F, A, J, S, N, D
metiltiofanato	Fungicida	A, S
miclobutanil	Fungicida	A, N
permetrina cis	Insecticida	F, A, J, S, O, N
permetrina trans	Insecticida	F, A, J, S, O, N
pirimicarb	Insecticida	F, A, J, N
pirimetanil	Fungicida	A

³⁵ https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/09/informe_tecnico_-_atrazina.pdf

Plaguicidas	Usos	Momento de aplicación
tiabendazol	Fungicida	A
thiacloprid	Insecticida	F, A, J, S, O, N

F = Febrero, A = Abril, J = Julio, S = Septiembre, O = Octubre, N = Noviembre, D = Diciembre.

9. Anexos

9.1. Constantes de afinidad (Koc) de distintos agroquímicos

Principio activo	Koc (mL/g)	Observaciones
Atrazina	100	Movilidad moderada. Agua, sedimentos y SS.
Acetamiprid	200	Movilidad moderada. Agua, sedimentos y SS.
α -HCH	1888	Ligeramente móvil. Sedimentos y SS.
β -HCH		
Bifentrin	236610	No móvil. Sedimentos y SS.
Captan	200	Movilidad moderada. Agua, sedimentos y SS.
Carbaril	300	Movilidad moderada. Agua, sedimentos y SS.
Carbendazim ⁽¹⁾	1000-3600	Ligeramente móvil. Sedimentos y SS.
Ciantraniliprole	241	Movilidad moderada. Agua, sedimentos y SS.
Cipermetrina	307558	No móvil. Sedimentos y SS.
Clorantraniliprole	362	Movilidad moderada. Agua, sedimentos y SS.
Clorpirifos	5509	No móvil. Sedimentos y SS.
Deltametrina	10240000	No móvil. Sedimentos y SS.
Difenilamina	4104	No móvil. Sedimentos y SS.
Dimetoato ⁽²⁾	20	Movilidad muy alta. Agua.
Endosulfan	11500	No móvil. Sedimentos y SS.
Etoxiquina	3208	Ligeramente móvil. Sedimentos y SS.
Fenvalerato	5273	No móvil. Sedimentos y SS.
Fludioxinil	145600	No móvil. Sedimentos y SS.
Glifosato	1424	Ligeramente móvil. Sedimentos y SS.
Imidacloprid ⁽³⁾	156-800	Movilidad moderada. Agua, sedimentos y SS.
λ -ciolatrina	283707	No móvil. Sedimentos y SS.
Metidation	400	Movilidad moderada. Agua, sedimentos y SS.
Metiltiofanato ⁽⁴⁾	330	Movilidad moderada. Agua, sedimentos y SS.
Miclobutanil ⁽⁵⁾	950	Movilidad moderada. Agua,

Principio activo	Koc (mL/g)	Observaciones
Permetrina cis		sedimentos y SS.
Permetrina trans		
Pirimicarb ⁽⁶⁾	56-800	Movilidad moderada a baja. Agua, sedimentos y SS.
Pirimetanil ⁽⁷⁾	835	Movilidad moderada a baja. Agua, sedimentos y SS.
Tiabendazol	3983	Ligeramente móvil. Sedimentos y SS.
Thiacloprid ⁽⁸⁾	1100	Movilidad moderada a baja. Agua, sedimentos y SS.

SS: sólidos suspendidos

Fuente: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/>

- (1) https://www.acamarket.com.ar/media/catalog/product/file/HS-Tr_pico_30_30.pdf
- (2) <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/dimethoate>
- (3) <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Imidacloprid>
- (4) <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Thiophanate-methyl#section=Artificial-Pollution-Sources>
- (5) <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/myclobutanil#section=Environmental-Fate-Exposure-Summary>
- (6) <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/pirimicarb>
- (7) <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Pyrimethanil#section=Environmental-Fate-Exposure-Summary>
- (8) <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Thiacloprid#section=Artificial-Pollution-Sources>

9.2. Distribución espacial de los plaguicidas cuantificados

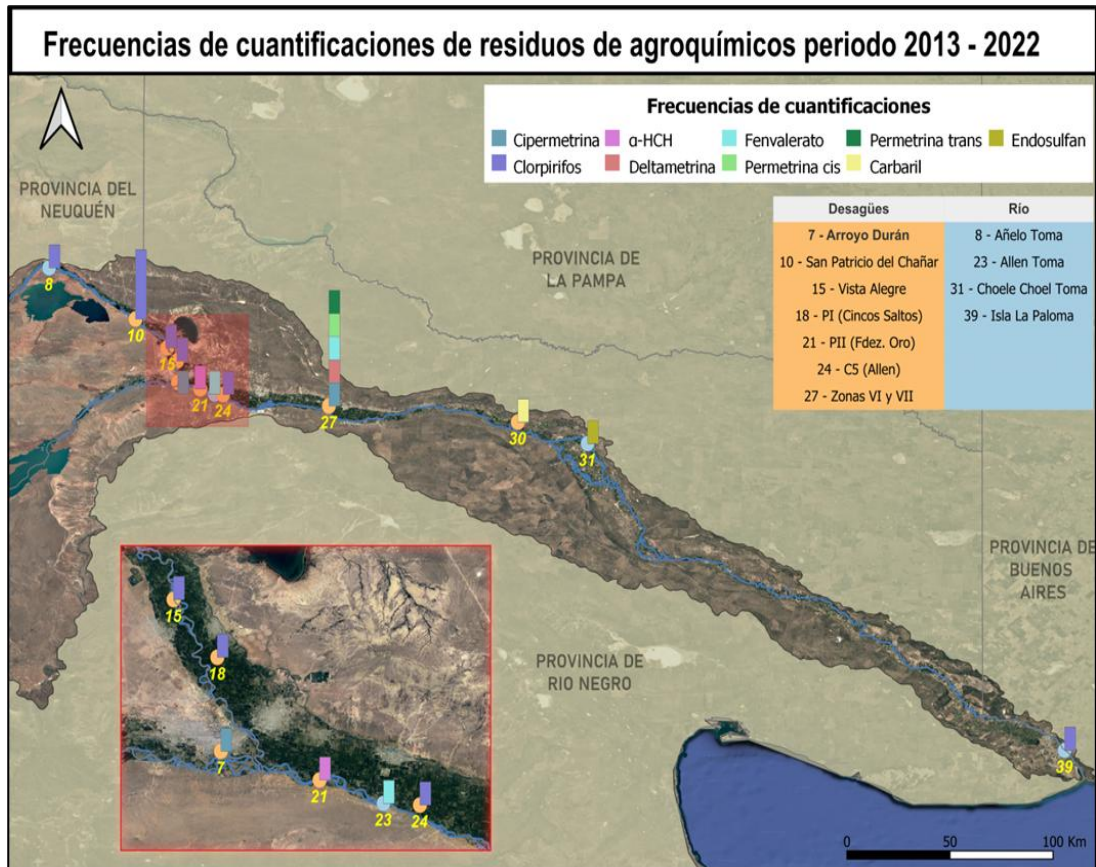


Figura 9.3. Distribución de sitios y frecuencia de cuantificaciones de residuos de plaguicidas durante el periodo 2013-2022.

9.3. Riesgo ecotoxicológico de plaguicidas cuantificados en el período 2013-2022

PLAGUICIDA	CM (µg/L)	FS	PNEC (µg/L)	RQ _m
CLORPIRIFOS	0,71	10	0,014	51
DIFENILAMINA	0,29	10	4,00	0,1
ETOXIQUINA	0,65	100	29,00	0,7
CARBARIL	0,11	100	2,10	0,1
TIABENDAZOL	7,10	100	0,12	59
METIDATION	0,06	100	0,06	0,9

PLAGUICIDA	CM (µg/L)	FS	PNEC (µg/L)	RQ_m
PIRIMICARB	0,11	10	0,09	1,2
DELTAMETRINA	0,08	10	0,0004	195
ENDOSULFAN	0,80	10	0,0004	7,3
CIPERMETRINA	0,18	10	0,003	60
FENVALERATO	0,11	10	0,003	37