

Santa Fe, 4 de Enero de 2021

**INFORME PARA LA PROCURACION GENERAL DE LA CORTE SUPREMA DE JUSTICIA DE SANTA FE SOBRE LA MORTANDAD DE PECES EN EL RIO SALADO NOVIEMBRE-DICIEMBRE 2020**

Investigadores firmantes: *Laboratorio de Ecotoxicología, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (FBCB), Universidad Nacional del Litoral (UNL), Santa Fe, Argentina.*

**Dr. Rafael C. Lajmanovich** (Inv. Principal CONICET; Prof.Tit. Cat. Ecotoxicología).

**Dra. Paola M. Peltzer** (Inv. Independiente CONICET; Prof. Adj. Cat. Ecol. de la Restauración).

**Dr. Maximiliano A. Attademo** (Inv. Independiente CONICET; Prof. Adj. Cat. Ecología).

El muestreo fue organizado por la Procuración General de la Corte Suprema de Justicia de Santa Fe y del mismo se labró un acta de constatación. Participaron del mismo:

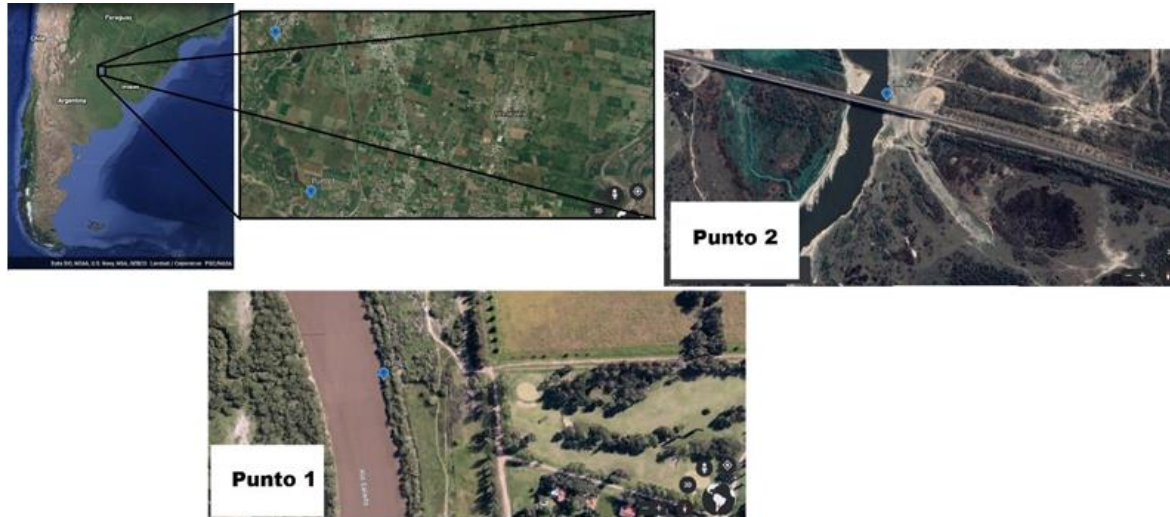
**Dr. Juan Bautista Milia** (Fiscal del Distrito Judicial Nro. 19 – Esperanza).

**Dr. Leandro Ariel Lujan** (Prosecretario de la Procuración General de la Corte Suprema de Justicia de Santa Fe).

**Dra. Clarisa Andrea Neuman** (miembro de la Procuración General de la Corte Suprema de Justicia de Santa Fe).

**TOMA DE MUESTRAS DE AGUA, SEDIMENTO Y TEJIDOS DE *Prochilodus lineatus* (SÁBALO) LUEGO DE UN EVENTO DE MORTALIDAD DE PECES EN EL RÍO SALADO (SANTA FE, ARGENTINA)**

Se seleccionaron dos sitios de análisis en la margen este del río Salado en el departamento La Capital, provincia de Santa Fe (**Sitio 1** (Punto 1): 31° 32'59,9''S-60°45'57''O; **Sitio 2** (Punto 2): 31°29'27,5''S-60°46'52,1''O; fecha **3 de diciembre de 2020**, Fig. 1) donde se observaban grandes mortandades de peces.-



**Figura 1.** Sitios de muestreo.

Los sitios fueron recorridos durante horas de la mañana entre las 9:50 a 11:20 h.



**Figura 2:** Detalles de sitios de muestreo del río Salado

En ambos puntos se obtuvieron muestras de sedimento, agua y tejidos de peces con las mismas metodologías utilizando guantes descartables. El sedimento se recolectó con palas estériles en tres puntos distintos en la zona costera (0.50-1 m profundidad), dentro una transecta horizontal de 3 m de longitud para la determinación de residuos de plaguicidas (Fig. 3). El sedimento fue colocado en bolsas de polietileno estériles con cierre hermético.



**Figura 3:** Recolección de sedimento en la zona costera/litoral de ambos sitios.

Se recolectaron tres muestras de agua en botellas de vidrio (1 L y 250 ml color ámbar), y una botella plástica de 500 ml (Fig. 4) para análisis ulteriores bacteriológicos, físico-químicos y de residuos de plaguicidas.



**Figura 4.** Recolección de muestras de agua en distintos recipientes, rotulación y refrigeración.

Se seleccionaron al azar ejemplares de sábalo (uno por cada sitio, Longitud total promedio  $X = 44$  mm- desviación estándar  $SD = 8$  mm; Longitud estándar  $X = 37$  mm- $SD = 9$  mm, calibre digital 0.01 mm de precisión y cinta métrica) con comportamientos de natación erráticos y respiración prolongada en la superficie del agua (moribundos). Se procedió a su eutización *in situ* por dislocación cervical (inserción de una aguja, *phithing*, Clifford 1984) de cada ejemplar en bandejas plásticas estériles. Se obtuvieron branquias por apertura y extracción de los opérculos del área craneal e hígado por incisión ventral media de la cavidad celómica con bisturís (mango N° 4), pinzas y tijeras quirúrgicas estériles. Ambos tejidos (10 g, balanza digital 0,01 g precisión) se colocaron en bolsas de polietileno estériles y fueron refrigeradas inmediatamente para su posterior análisis de residuos de plaguicidas. Se realizaron inspecciones de lesiones internas, de la piel, escamas y branquias (Volpedo y col. 2019).



**Figura 5.** Muestra de tejidos en ejemplar de sábalo.

Los tres tipos de muestra fueron rotuladas por ambiente y refrigeradas inmediatamente en congeladores portátiles para su traslado al laboratorio y preservación en freezer a - 20 °C. Las muestras de agua fueron derivadas al laboratorio del ENRESS, Rosario y las de sedimento y tejidos al PRICAC-FIQ-UNL, Santa Fe capital.

### **Referencias**

Clifford DH (1984) Preanesthesia, anesthesia, analgesia, and euthanasia. In: Laboratory Animal Medicine (Fox JG, Cohen BJ, Loew FM, eds.). Orlando: AcademicPress, pp 527-62

Volpedo y colaboradores (2019) Protocolo de Acciones ante Mortandades de Peces. CONICET. 105 p.

## RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS, BACTERIOLOGICOS Y DE METALES

1) AGUA (Muestra derivada el laboratorio del ENRESS, Rosario) (se adjunta informe original)

Fecha de muestreo: 03/12/2020		Muestras N° 0619 – 0620/2020		
Sitios de extracción:		1 – Punto 1 – Río Salado – Acceso al B° los Molinos de Santa Fe	2 – Punto 2 - Río Salado – Altura Esperanza Puente Ruta Provincial 70	3 –
<b>RESULTADOS</b>				
Parámetros	Unidades	1	2	3
pH	Unidades de pH	7,6	7,6	
Conductividad	uS/cm	4280	4900	
Turbiedad	UNT	320	290	
Oxígeno Disuelto	mg/l	1,0	1,1	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/l	8,5	10	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	80	86	
Coliformes Totales	NMP/100 ml	>11.000	11.000	
Coliformes Fecales	NMP/100ml	11.000	4.600	
Cromo	ug/l	<4	<4	
Niquel	ug/l	<20	<20	
Plomo	ug/l	<20	<20	
Cadmio	ug/l	<1	<1	
Arsénico	ug/l	<50	<50	

Observaciones: Muestras extraídas y remitidas al laboratorio Rosario del ENRESS por la Procuración General de la Corte Suprema de Justicia de Santa Fe.

### Comentarios

Los valores de pH obtenidos en ambos puntos (pH 7.6) están dentro de aquellos señalados en el nivel guía de pH (6.5 y 9) para la protección de la vida acuática para agua dulce superficial (ADA, 2006).

Los valores de conductividad hallados (4280-4900 uS/cm) parecerían estar en relación con registros históricos de este curso de agua, de todos modos no se contó con los valores de nitritos, nitratos, fosfatos, etc. y otros analitos que permitieran una mejor interpretación del parámetro.

Los niveles de oxígeno en agua fueron muy bajos ( $< 2$  mg/L) y debajo de los límites aceptables para la biota acuática ( $> 5-7$  mg/L) y para uso recreativo /10 mg/L (ADA, 2006). Las mayores temperaturas se asocian a la disminución de la solubilidad del oxígeno disuelto (Orozco Barrenetxea et al., 2003), y esto explica en parte las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en ambos puntos (1 y 1.1 mg/L para una temperatura ambiental registrada de  $25.7$  °C, agua de  $18$  °C y humedad 65%). No obstante, ambos parámetros deben interpretarse con cautela debido a que las muestras de agua fueron tomadas luego de precipitaciones mayores a 58 mm durante la tarde y noche del día anterior, con temperatura de  $22-25$  °C y humedad del 83% ([https://www.meteored.com.ar/tiempo-en\\_Santa+Fe-America+Sur-Argentina-Santa+Fe-SAAV-sactual-16934.html](https://www.meteored.com.ar/tiempo-en_Santa+Fe-America+Sur-Argentina-Santa+Fe-SAAV-sactual-16934.html); <http://fich.unl.edu.ar/cim/>)

La relación entre la DBO/DQO, que indica el tipo de contaminación de aguas residuales presentó diferencias en ambos sitios (Punto 1: 0.10; Punto 2: 0.12). En ambos puntos se encuentra una sinergia entre contaminantes de origen inorgánico y orgánico.

Se registró en ambos puntos (1 y 2) valores mayores a 11.000 NMP/100 ml de coliformes totales que superan a aquellos valores de los niveles guía nacionales de calidad de aguas para fuentes de provisión de agua de bebida humana para posterior tratamiento convencional (SSRH, 2007 =  $< 5000$  NMP/100 ml y fecales  $< 1000$  NMP/100ml).

Asimismo, las concentraciones de coliformes fecales en ambos puntos (11000 y 4600 respectivamente) excede el límite de  $< 200$  NMP/100ml (Organización Panamericana de la Salud para aguas de uso recreacional con contacto primario, Hederra, 1996).

La contaminación de tipo bacteriológico se produce por los desechos humanos y animales principalmente, ya que los agentes patógenos se encuentran en las heces, orina y sangre, causantes de muchas enfermedades y epidemias.

Los metales y metaloides analizados no obtuvieron valores por encima de los límites de detección.

## Referencias

ADA (Autoridad del Agua), 2006. Resolución ADA 42/2006: Criterios de Calidad de Agua para la Franja de Jurisdicción Exclusiva Argentina del Río de la Plata y su Frente Marítimo. Disponible en: <http://www.ada.gba.gov.ar/normativa/RESOLUCIONES/resol42-2006.pdf>. Última consulta: 18 de Septiembre de 2015

Hederra R., 1996. Manual de Vigilancia Sanitaria. Organización Panamericana de la Salud, PALTEX. Washington, 144 pp.

Orozco Barrenetxea C., Pérez Serrana A., González Delgado M., Rodríguez Vidal F., Alfayate Blanco J., 2003. Contaminación Ambiental. Una Visión Desde la Química. Editorial Thomsom. Barcelona, 679 pp.

## RESULTADOS ANALISIS DE PLAGUICIDAS

Ubicación en el mapa de los sitios de muestreo: se observa una cuenca inmersa en una matriz productiva de lotes para cultivos intensivos.-



### SITIO 1 "Barrio Los Molinos"

1) **AGUA** (Muestra derivada el laboratorio del ENRESS, Rosario) (se adjunta informe original)

METODOLOGIA: Cromatografía Gaseosa, concentración por SPME, columna capilar, detector ECD.  
Cromatografía líquida, HPLC con detector FLD.

ANALITOS	Unidades	1	limite obligatorio (ug/l)
Hexaclorobenceno	µg/l	< 0.01	0,01
Gamma - HCH (Lindano)	"	< 0.10	3
Heptacloro	"	< 0.05	Sumatoria: 0,1
Heptacloro epóxido	"	< 0.05	
Aldrin	"	< 0.02	Sumatoria: 0,03
Dieldrin	"	< 0.02	
γ Clordano	"	< 0.10	Sumatoria: 0,3
α Clordano	"	< 0.10	
Metoxicloro	"	< 1	30
Malation	"	< 100	190
Metil Paration	"	< 7	7
Paration	"	< 35	35
2,4 D	"	< 50	100
2,4,6 Triclorofenol	"	< 10	10
Pentaclorofenol	"	< 10	10
Endrin	"	< 0.10	
trans-Nonaclor	"	< 0.10	
cis-Nonaclor	"	< 0,10	
Endosulfan sulfato	"	< 1	
Cipermetrina	"	< 1	
Permetrina	"	< 20	
Clorpirifos	"	< 1	
Glifosato	"	< 20	
AMPA	"	< 20	

Parámetros incluidos en el Anexo A de la Ley 11.220

## 2) SEDIMENTO (Muestra derivada el PRINAC-UNL, Santa Fe) (se adjunta informe original)

Procedimientos de ensayo:

Determinación de residuos de plaguicidas en muestra de sedimento mediante extracción QuEChERS (Método Oficial AOAC 2007.01), Cromatografía Gaseosa con Espectrometría de Masa Triple Cuadrupolo (GC-MS/MS) y Cromatografía Líquida con Espectrometría de Masa Triple Cuadrupolo (UHPLC-MS/MS).

Determinación de glifosato, AMPA y glufosinato de amonio mediante derivatización con FMOC-Cl, limpieza por Extracción en Fase Sólida (SPE) y Cromatografía Líquida con Espectrometría de Masa de Triple Cuadrupolo (UHPLC-MS/MS).

MATERIA ACTIVA	CONCENTRACIÓN HALLADA (µg/kg)	L.C. (µg/kg)	TÉCNICA
GLIFOSATO	20 ± 10	10	UHPLC- MS/MS
AMPA	< L.C.	10	UHPLC- MS/MS

No se detectaron residuos de las materias activas analizadas y no indicadas en este cuadro de resultados, las que se consideran < L.C. declarado.

## 3) BRANQUIAS E HÍGADO *Prochilodus lineatus* (sábalo) (Muestra derivada el PRINAC-UNL, Santa Fe) (se adjunta informe original)



MATERIA ACTIVA	CONCENTRACIÓN HALLADA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	L.C. ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	TÉCNICA
2,4 D	20 $\pm$ 10	10	UHPLC- MS/MS
ATRAZINA	< L.C.	10	UHPLC- MS/MS
BIFENTRIN	< L.C.	10	GC- MS/MS
CLORPIRIFOS	80 $\pm$ 40	10	GC- MS/MS
LAMBDAIALORINA	< L.C.	10	GC- MS/MS
PROMETRINA	< L.C.	10	UHPLC- MS/MS

No se detectaron residuos de las materias activas analizadas y no indicadas en este cuadro de resultados, las que se consideran < L.C. declarado.

**SITIO 2 “Puente Ruta 70, Esperanza” (aguas arriba del Sitio 1)**

**1) AGUA (Muestra derivada el laboratorio del ENRESS, Rosario) (se adjunta informe original)**

ANALITOS		Unidades	2	limite obligatorio ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )
Hexaclorobenceno	$\mu\text{g}/\text{l}$		< 0.01	0,01
Gamma - HCH (Lindano)	"		< 0.10	3
Heptacloro	"		< 0.05	Sumatoria: 0,1
Heptacloro epóxido	"		< 0.05	
Aldrin	"		< 0.02	Sumatoria: 0,03
Dieldrin	"		< 0.02	
$\gamma$ Clordano	"		< 0.10	Sumatoria: 0,3
$\alpha$ Clordano	"		< 0.10	
Metoxicloro	"		< 1	30
Malation	"		< 100	190
Metil Paration	"		< 7	7
Paration	"		< 35	35
2,4 D	"		< 50	100
2,4,6 Triclorofenol	"		< 10	10
Pentaclorofenol	"		< 10	10
Endrin	"		< 0.10	
trans-Nonaclor	"		< 0.10	
cis-Nonaclor	"		< 0,10	
Endosulfan sulfato	"		< 1	
Cipermetrina	"		< 1	
Permetrina	"		< 20	
Clorpirifos	"		< 1	
Glifosato	"		< 20	
AMPA	"		< 20	

**2) SEDIMENTO (Muestra derivada el PRINAC-UNL, Santa Fe) (se adjunta informe original)**

MATERIA ACTIVA	CONCENTRACIÓN HALLADA (µg/kg)	L.C. (µg/kg)	TÉCNICA
GLIFOSATO	60 ± 30	10	UHPLC- MS/MS
AMPA	12 ± 6	10	UHPLC- MS/MS
No se detectaron residuos de las materias activas analizadas y no indicadas en este cuadro de resultados, las que se consideran < L.C. declarado.			

**3) BRANQUIAS E HÍGADO** *Prochilodus lineatus* (sábalo) (Muestra derivada el PRINAC-UNL, Santa Fe) (se adjunta informe original)

MATERIA ACTIVA	CONCENTRACIÓN HALLADA (µg/kg)	L.C. (µg/kg)	TÉCNICA
CLORPIRIFOS	30 ± 15	10	GC- MS/MS
PROMETRINA	< L.C.	10	UHPLC- MS/MS
No se detectaron residuos de las materias activas analizadas y no indicadas en este cuadro de resultados, las que se consideran < L.C. declarado.			

**Comentarios:**

Los antecedentes sobre la presencia de plaguicidas en aguas y sedimentos del río Salado en la Provincia de Santa Fe son escasos, puede mencionarse a Ayarragaray y col. (2014) que estudiaron canales de desagües urbanos y rurales en los alrededores de la ciudad de San Justo, que reciben esorrentías de campos agrícolas y que desembocan en el mencionado río. Estos autores hallaron, en los cuatro sitios analizados, en agua **glifosato (0.015-0.89 ng/L)** y **(0.5 y 4.0 ug/L)** de **AMPA** (o ácido aminometilfosfónico, su metabolito o producto de degradación mayoritario) y en sedimentos registraron valores de **8.0-49.1 ug/kg** y **8.0-60.7 ug/kg** para **glifosato** y **AMPA**, respectivamente. El mismo grupo de investigación perteneciente al Laboratorio de Ecotoxicología de la Facultad de Humanidades y Ciencias (UNL) y CONICET, también cuantificó en estos canales de desagüe **atrazina (1.028 ug/L)** y **2,4-D (2.244 ug/L)** (Reno y col. 2018). Según estos autores, las concentraciones determinadas fueron inferiores a los Niveles Guía Nacionales (N.G.N) de calidad de agua para la protección de la biota acuática, con excepción de las concentraciones de **glifosato** halladas en agua, que fueron **mayores** a los niveles guía de calidad de agua de riego. **En cuanto a los sedimentos no existe legislación o Niveles Guía.** También es importante resaltar que una de la especie más afectada en las mortandades masivas del río Salado suele ser el sábalo. Justamente de esta especie, existen trabajos científicos del INALI-CONICET que indican que en **la cuenca inferior del río Salado sus poblaciones viven en condiciones ambientales estresantes.** Esto quedo demostrado, hace más de 10 años, en un monitoreo de calidad de agua en distintos sitios de la cuenca analizados por la respuesta de marcadores de desintoxicación y estrés oxidativo (enzimas antioxidantes, peroxidación lipídica) en hígado, branquias y riñón (Cazenave y col. 2009).

En las muestras de agua del río Salado recolectada durante el evento de mortandad masiva ocurrido en noviembre-diciembre de 2020 (distanciados en sentido NORTE-SUR aproximadamente a 7 km en línea recta, ver detalle de los muestreos) **no se detectaron**

**plaguicidas en aguas superficiales.** Sin embargo, en el total (**100 %**, N = 2) de muestras de **sedimentos** recolectadas en las márgenes del mencionado río en los mismos puntos, sí se obtuvieron valores detectables del herbicida **glifosato**. Se halló **20 (± 10) ug/kg** y **60 (± 10) ug/kg** en los **Sitios 1** y **2**, respectivamente. Además, en el **Sitio 2** se detectó **12 (± 10) ug/kg** de **AMPA**. Los valores hallados se encuentran en relación de magnitud con los registrados por diversos investigadores en otras cuencas agrícolas argentinas, que tiene que ver con la historia de los suelos que, luego de las lluvias, drenan hacia cuerpos de agua cercanos (arroyos, ríos, tributarios, lagunas) o por escorrentía, movilizandolos y este herbicida, el más utilizado en las prácticas agrícolas intensivas del modelo productivo de soja transgénica (más conocida como soja RR), que son la mayor fuente de origen o aplicación del agroquímico al ambiente. Por ejemplo, en el río Paraná el herbicida **glifosato** y el metabolito **AMPA**, están presentes principalmente en sedimentos de los afluentes del tramo medio y bajo, en un promedio respectivo de **37 y 17%** de las muestras analizadas, con concentraciones medias detectables de **742 y 521 µg/kg**, respectivamente (Ronco y col. 2016). Siendo el trabajo anteriormente mencionado la primera evidencia contundente de contaminación en toda una cuenca por prácticas agrícolas del país, asociadas con el control químico de plagas en el ámbito agronómico. **Y los sedimentos del fondo, fueron los principales sumideros de ambos compuestos (glifosato y AMPA)** en los sitios de muestreo investigados ya que los altos caudales y capacidad de dilución del curso principal del río Paraná, atenúa las entradas tributarias (Ronco y col. 2016). Por otra parte, en otras cuencas agrícolas-productivas como la del río Suquia (Córdoba), las concentraciones de **glifosato** y **AMPA** varían según las diferentes matrices ambientales estudiadas, con un **61 %** de detección en los sedimentos. Por ejemplo en localidades como “La Calera” no se detectan, en “Río Primero” hay valores medios de **glifosato** de **61.9 ug/kg**, en “Santa Rosa” **89.5 ug/kg** y en “Villa Corazón de María” **615.4 ug/kg** (Bonansea y col 2017). De acuerdo a estos prestigiosos y reconocidos investigadores argentinos de las Universidades públicas de Córdoba, La Plata y CONICET, en la cuenca inferior del río Suquia, **los organismos están amenazados por las concentraciones de glifosato en el sedimento**. Sus resultados mostraron el riesgo de las prácticas agrícolas para la biota acuática, incluso cuando las concentraciones de plaguicidas medidas en el agua estaban por debajo de los niveles de preocupación para la vida silvestre.

En cuanto a los analitos analizados en los tejidos de los peces recolectados **se detectaron en ambos puntos residuos de plaguicidas**. En branquias e hígado de *Prochilodus lineatus* (sábalo) en el **Sitio 1** se encontró el herbicida **2,4-D** en una concentración de **20 (± 10) ug/kg** y el insecticida organofosforado **clorpirifos** con **80 (± 40) ug/kg**. En el **Sitio 2** hubo solo **clorpirifos 30 (± 15) ug/kg**. El herbicida **2,4-D** junto con el **glifosato** y la **atrazina** son los agroquímicos más empleados en el país. Se utiliza principalmente en la fase previa a la siembra de soja y maíz transgénicos. Además, el **2,4-D** por sus efectos tóxicos y genotóxicos en peces, se puede clasificar como una sustancia **muy nociva para los organismos acuáticos (categoría III)** siguiendo los criterios de clasificación propuestos por las directivas de Naciones Unidas (ONU, 2011; citado por Ruiz de Arcautey col. 2016). Definitivamente, el **2,4-D** se puede considerar como un compuesto que puede causar efectos perjudiciales duraderos para la vida acuática (en especial para peces), de acuerdo con las categorías de evaluación de riesgo de peligro de las directivas de la Unión Europea (Ruiz de Arcautey col. 2016).

Por último y más importante, **se detectó la presencia en branquias e hígado de la especie estudiada, residuos de un potente y letal insecticida organofosforado (OP)**. El **clorpirifos** es el insecticida OP neurotóxico de amplio espectro más utilizado en Argentina - **principalmente en cultivos de soja, maíz, trigo y girasol** - para controlar plagas de insectos

donde actúa inhibiendo la acetilcolinesterasa y causando la muerte por **colapso del sistema nervioso**. Debido a sus grandes riesgos para la salud humana y animal (sus exposiciones crónicas pueden causar déficits cognitivos y conductuales) **en enero de 2020 la Unión Europea prohibió el uso del clorpirifós** <http://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/union-europea-decide-no-renovar-aprobacion-de-clorpirifos-y-clorpirifos-metil-en-los-envios-agrarios/>. En este sentido, de los peces moribundos observados en su mayoría (80%) de juveniles y adultos de *P. lineatus* (sábalo), y 20 % restante de juveniles y adultos de *Pimelodus albicans* (moncholo), alebines de *Hypostomus commersoni* (viejas del agua) se detectaron movimientos de natación erráticos (convulsivos, torsión eje-axial, aletargamiento y espasmos posteriores) y respiración prolongada en la superficie sobre la margen del río. En los ejemplares de *P. lineatus* eviscerados, se observó agrandamiento de la vesícula biliar, distensión intestinal sin alimento, hígado amarillento, mientras que externamente se detectó pupila dilatada, hemorragia epidérmica y falta de mucus.

Al ser un compuesto hidrofóbico la persistencia del **clorpirifós** en sedimentos de sistemas hídricos como ríos y lagos es muy común y hace décadas que se conoce que es el causante de muertes masivas de fauna acuática en especial de peces a muy bajas concentraciones (ppb) (Abdel-Halim y col 2006). En peces neotropicales se han hallado lesiones en branquias, hígado, riñón y encéfalo a concentraciones sub-letales de **clorpirifos de 0.011 ug/L y a 0.0011 ug/L** niveles más bajos de **explosión respiratoria** (conocido también como **estallido** o **explosión oxidativa** que se caracteriza por un aumento muy violento en la demanda de oxígeno y en el consumo de energía a nivel celular) (Holguín Céspedes y col. 2019). Recientemente y debido a la presencia desmesurada del agrotóxicos **clorpirifos** en el agua que pone en **peligro la vida de las especies acuáticas, el ambiente y las personas** se propuso un nuevo límite en aguas superficiales para la protección de la Biota Acuática de la Provincia de Buenos Aires de **0.0007 ug/L** (Alvarez y col. 2019).

Los valores de residuos de **clorpirifos** registrados (**30-80 ug/kg**) en los peces recolectados durante la mortandad 2020 en el Río Salado, están en relación con los rangos hallados en peces de una de las cuencas más afectadas por la contaminación agropecuaria del país como lo es el Río Pergamino (zona núcleo de producción agroindustrial), en donde se detecta la presencia de plaguicidas **en ocho de cada diez peces** (<https://intainforma.inta.gob.ar/una-investigacion-del-inta-detecto-plaguicidas-en-peces-en-el-arroyo-pergamino/>). Los rangos de los valores **clorpirifos** hallados recientemente para peces de ese río fueron de **20-908 ug/kg** (Brodeur y col 2017).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

**No se puede descartar que la presencia de agroquímicos en una cuenca - fundamentalmente por su detección simultánea durante un evento de mortandad masiva en ejemplares moribundos de la misma especie, en sitios distintos y muy alejados - no esté afectando la supervivencia de peces en condiciones ambientales extremas como las que ocurrieron durante las mortandades masivas del año 2020.**

Se recomienda un monitoreo más exhaustivo y con continuidad espacio-temporal sobre la presencia de desechos agrícolas (agroquímicos y fertilizantes) tanto en agua, sedimento y tejidos de peces a lo largo de la cuenca del Río Salado, principalmente en especies de interés comercial que sirven de alimento a las poblaciones locales.

**Un último punto a considerar, como una forma de comenzar a remediar y restaurar la cuenca de la presencia de sustancias tóxicas para la salud de la vida silvestre y ecosistémica incluida la salud humana, se recomienda fomentar modelos de producción sustentables no contaminantes como los agroecológicos y con participación social. Asimismo, como primer medida de mitigación se plantea la urgente necesidad de aumentar la distancia de los cultivos transgénicos dependientes de plaguicidas a los ambientes acuáticos.**

## Referencias

- Abdel-Halim KY, Salama AK, El-Khateeb EN, Bakry NM. Organophosphorus pollutants (OPP) in aquatic environment at Damietta Governorate, Egypt: implications for monitoring and biomarker responses. *Chemosphere*. 2006 Jun;63(9):1491-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16289700/>
- Alvarez M, Du Mortier C, Jaureguiberry S, Venturino A. Joint Probabilistic Analysis of Risk for Aquatic Species and Exceedence Frequency for the Agricultural Use of Chlorpyrifos in the Pampean Region, Argentina. *Environ Toxicol Chem*. 2019 Aug;38(8):1748-1755. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30985933/>
- Ayarragaray, M.; Regaldo, L.; Reno, U.; Gutiérrez, M.F.; Marino, D.; Gagnetten, A.M. (2014) Monitoreo de glifosato y ácido aminometilfosfónico (AMPA) en ambientes acuáticos cercanos a la ciudad de San Justo (Provincia de Santa Fe, Argentina).V Congreso SETAC Argentina. Neuquén, 22-25/10/14. Disponible en: [https://www.conicet.gov.ar/new\\_scp/detalle.php?keywords=glifosato&id=38564&congresos=yes&detalles=yes&congr\\_id=2420343](https://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=glifosato&id=38564&congresos=yes&detalles=yes&congr_id=2420343)
- Bonanse, R. I., Filippi, I., Wunderlin, D. A., Marino, D., & Amé, M. V. (2017). The Fate of Glyphosate and AMPA in a Freshwater Endorheic Basin: An Ecotoxicological Risk Assessment. *Toxics*, 6(1), 3. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29267202/>
- Brodeur JC, Sanchez M, Castro L, Rojas DE, Cristos D, Damonte MJ, Poliserpi MB, D'Andrea MF, Andriulo AE. Accumulation of current-use pesticides, cholinesterase inhibition and reduced body condition in juvenile one-sided livebearer fish (*Jenynsia multidentata*) from the agricultural Pampa region of Argentina. *Chemosphere*. 2017 Oct;185:36-46. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28683335/>
- Cazenave J, Bacchetta C, Parma MJ, Scarabotti PA, Wunderlin DA. (2009) Multiple biomarkers responses in *Prochilodus lineatus* allowed assessing changes in the water quality of Salado River basin (Santa Fe, Argentina). *Environ Pollut. Nov*;157(11):3025-33. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19589632/>
- Holguín Céspedes Gisella Karina, Millán Ocampo Laura Marcela, Mahecha Méndez Eily Jisseth, Céspedes Rubio Ángel Enrique, Rondón Barragán Iang Schroniltgen (2019) Evaluación de la toxicidad del clorpirifós en alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*) *Rev. Int. Contam. Ambie*. 35 (4) 815-829, Disponible en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2019.35.04.04>
- Reno, U.; Regaldo, L.; Ayarragaray, M.; Méndez, E.; Gagnetten, A.M. (2018). Monitoreo de Plaguicidas y Empleo de Bioindicadores como Herramientas de Gestión Ambiental para dar Respuesta a Demandas Sociales. PERIURBANO hacia el consenso: ciudad, ambiente y producción de alimentos: propuestas para ordenar el territorio: resúmenes ampliados: libro 1 / Pablo Tittonell; Beatriz Giobellina; compilado por Pablo Tittonell; Beatriz Giobellina. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones INTA. Disponible en: <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/3035>
- Ronco AE, Marino DJ, Abelando M, Almada P, Apartin CD. (2016). Water quality of the main tributaries of the Paraná Basin: glyphosate and AMPA in surface water and bottom sediments. *Environ Monit Assess*. Aug; 188(8):458. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27395359/>

Ruiz de Arcaute C, Soloneski S, Larramendy ML. (2016) Toxic and genotoxic effects of the 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)-based herbicide on the Neotropical fish *Cnesterodon decemmaculatus*. *Ecotoxicol Environ Saf.* Jun;128:222-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26950899/>