

## Caracterización de la contaminación en la región del Embalse Salto Grande

*Montti, María I. Tatiana; Visciglio, Silvia B.; Raviol, Fabricio H.; Subovich, Gladys E.; Munitz, Martín S.; Williman, Celia; Rosales, Ricardo J.; Bordet, Facundo H.; Alberini, Ivana C.*

AUTORES: Facultad de Ciencias de la Alimentación, Universidad Nacional de Entre Ríos. (Concordia, Entre Ríos, Argentina).

CONTACTO: [monttim@fcal.uner.edu.ar](mailto:monttim@fcal.uner.edu.ar) , [visciglios@fcal.uner.edu.ar](mailto:visciglios@fcal.uner.edu.ar)

### Resumen

La contaminación ambiental y el deterioro de la calidad del agua son los mayores problemas asociados al uso de plaguicidas. Teniendo en cuenta que las prácticas agrícolas son las tradicionales en casi toda la región, estos plaguicidas pueden ingresar a los cursos de agua por diferentes mecanismos de transporte, tales como los procesos de lluvia-escorrentía. El objetivo principal de este trabajo fue efectuar el monitoreo de plaguicidas en el Embalse de Salto Grande en muestras de agua, sólidos suspendidos y sedimentos. El muestreo fue efectuado por personal de la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande en el marco de un convenio específico. La metodología analítica involucró la extracción de los plaguicidas, organoclorados, organofosforados y de otras familias, de las diferentes matrices, los que se determinaron por cromatografía gaseosa con detectores selectivos e identificación por espectrometría de masa. Las fechas de mayor ocurrencia y niveles máximos de plaguicidas en cada sitio son coincidentes con las de las precipitaciones ocurridas y relacionadas con los cultivos aledaños. El análisis de componentes principales permitió la caracterización de la contaminación en los sitios y los resultados fueron comparados con niveles guías de calidad de agua, contribuyendo al diagnóstico de la situación en la región.

**Palabras clave:** Embalse Salto Grande, plaguicidas, caracterización, contaminación

### Pollution characterization of the Salto Grande's region basin

#### Abstract

Environmental pollution and water quality deterioration are the main problems related to pesticides use. Considering that the agricultural practices used in most parts of the region are the traditional ones, these pesticides are able to arrive to watercourses through different transport mechanisms, such as rain-runoff processes. The principal aim of this research was to carry out the monitoring of pesticides in water, suspended solids and sediments, from the Salto Grande basin. The sampling process was carried out by the Salto Grande Joint Technical Commission personnel, within the framework of a specific agreement. The analytical methodology consisted in organochlorinated, organophosphorous and other pesticide extraction from the different matrices, their determination by gas chromatography with selective detectors and their confirmation by mass spectrometry. The greatest pesticides occurrence and maximum concentration of them, in each sample site, coincided with the rain days and were directly related with the surrounding crops. The principal component analysis allowed the contamination characterization in each sample site. The results were compared with water quality guideline levels, allowing the region situation diagnosis.

**Keywords:** Salto Grande basin, pesticides, characterization, contamination.

## Objetivos

Efectuar un monitoreo de los niveles de plaguicidas en el cauce del Embalse de Salto Grande, a fin de contribuir al diagnóstico actualizado de la situación respecto a la factible contaminación en la región y a la toma de decisiones para el control y vigilancia de la misma.

## Marco Teórico

Los problemas de calidad de agua en los lagos y embalses de Argentina se han incrementado por las actividades agrícolas, deforestación, explotación forestal, ganadería, actividades mineras, escurrimiento urbano y descargas de aguas residuales no tratadas, entre otras (USEPA, 2001; Barceló, 2008; Ibarra Cecena & Corrales Vega, 2011).

La región aledaña al Embalse Salto Grande presenta un importante desarrollo agrícola, donde se utilizan numerosos tipos de plaguicidas, los cuales pueden ser transportados por diversas causas tales como: deriva de pulverizaciones, lixiviación y percolación hacia napas freáticas, lavado de equipos y elementos de aplicación en fuentes de agua, eliminación de desechos de plaguicidas y envases, rotura de envases y accidentes con vuelco de productos hacia fuentes de agua, entre otros (SAyDS, 2007; Barceló, 2008; Bruno, 2008; Costa *et al.*, 2010; RAP-AL Uruguay, 2010; Ronco, 2010; Sasal *et al.*, 2010; Ibarra Cecena & Corrales Vega, 2011).

Estos compuestos generan contaminación ambiental debido fundamentalmente a mecanismos de transporte, tal como el proceso de escorrentía que depende de dos factores principales: la intensidad de la lluvia y la humedad antecedente del suelo. Por otra parte, la infiltración es la fase del ciclo hidrológico que determina la tasa a la cual estos contaminantes son lixiviados en el terreno, viajan hacia la tabla de agua o se mueven con el interflujo hacia otros recipientes superficiales o subsuperficiales (Hellar-Kihampa *et al.*, 2013; Tang *et al.*, 2012; Costa *et al.*, 2010; Sasal *et al.*, 2010; Guo *et al.*, 2008; Davis *et al.*, 2007; Konstantinou *et al.*, 2006)

El Embalse de Salto Grande comprende una obra de represamiento de carácter binacional Argentino-Uruguayo, se ubica último en la serie de los cuatro embalses hasta ahora construidos sobre el río Uruguay. La obra entró en operación en 1979 y es una de las principales fuentes de energía eléctrica, siendo utilizado además para abastecimiento de agua potable, navegación, riego y recreación.

El embalse tiene una longitud de 140 km, ocupa una extensión de 78.300 hectáreas y está ubicado entre los paralelos 29° 43' y 31° 12' sur y los meridianos 57° 06' y 57° 55' oeste. Tiene forma dendrítica, la zona central abarca un 70 % de la superficie total, con un tiempo medio de permanencia histórico a cota máxima de 0,031 años, y cinco brazos laterales: Itapebí, Gualaguaycito, Mandisoví, Arapey y Mocoretá, los cuales tienen diferentes características. Se extiende desde las ciudades de Monte Caseros y Bella Unión hasta Concordia y Salto, pertenecientes a Argentina y Uruguay respectivamente; existiendo en ambas márgenes un importante desarrollo poblacional.

Dicho embalse se clasifica como eutrófico y es considerado un sistema cálido tropical, según Salas & Martino (2001), por su temperatura media anual mayor a 15°C y su temperatura mínima superior a 10°C (Salto Grande, 2013).

El principal tributario del Embalse Salto Grande es el río Uruguay, el cual es un curso de agua internacional cuya cuenca forma parte de los territorios de Argentina, Brasil y Uruguay hasta su desembocadura en el Río de la Plata. Su cuenca ocupa un área cercana a los 339.000 km<sup>2</sup>, su longitud es de 1.800 km y se localiza en zonas que reciben 2000 mm anuales de lluvias en los meses de invierno y primavera, provocando crecientes en uno a dos meses posteriores (Chalar, 2006; Míguez, 2007).

La región aledaña al Embalse Salto Grande presenta un importante desarrollo agrícola, donde se utilizan numerosos tipos de plaguicidas (SAGPyA, 2003; SIIA, 2007; MGAP, 2013). Los datos disponi-

bles respecto a monitoreos efectuados en la región son escasos y no se encuentran actualizaciones posteriores a 1988 (CTM, 1988) y 1994 (CARU, 1994). Los cultivos desarrollados en ambas márgenes y los plaguicidas utilizados comúnmente por los agricultores y tiempos de aplicación, ha sido de importancia y de carácter significativo. Se han relevado diferentes cultivos, fundamentalmente plantaciones forestales de pinos y eucaliptos, cítricas, arándanos, vid, caña de azúcar, arroz, soja y otros cereales. Existen también diversas actividades agroindustriales y relevante desarrollo poblacional en ambas márgenes, lo cual contribuye a la factible contaminación del cauce, ya sea por el uso de agroquímicos para el control de plagas y/o enfermedades en los cultivos o por el volcado de diferentes tipos de efluentes.

Las prácticas agrícolas en nuestra región son las tradicionales, es decir que el uso de agroquímicos y plaguicidas en los cultivos es habitual. Los controles y las buenas prácticas no siempre llegan a ser implementadas para permitir la eliminación de contaminantes, facilitando la presencia de residuos en los cursos de agua, entre los que se encuentran los agrotóxicos persistentes. Algunos de estos plaguicidas son de lenta degradación y pueden permanecer activos por periodos relativamente largos, agravando el problema, provocando alteraciones importantes en la biota acuática, fitoplancton y zooplancton (Salas & Martino, 2001; Costagliola *et al.*, 2003; Natale & Ronco, 2003; Prosperi *et al.*, 2003; Alegría *et al.*, 2006; Badii & Landeros, 2007; Carriquiriborde *et al.*, 2007; Hill & Clérico, 2008; RAP-AL Uruguay, 2010; Ronco, 2010; Colombo *et al.*, 2011).

Por lo que se ha considerado relevante disponer de la información adecuada a fin de establecer el diagnóstico actualizado de la situación en la región de Salto Grande respecto a los niveles residuales de plaguicidas y poder contribuir al control y vigilancia de dicho cauce. La evaluación de los relevamientos efectuados sobre los cultivos desarrollados en ambas márgenes y de los plaguicidas utilizados comúnmente por los agricultores y tiempos de aplicación, ha sido de importancia y de carácter significativo en la toma de decisiones al establecer el monitoreo, los sitios, el plan de muestreo y frecuencia del mismo.

## Metodología

Se detallan a continuación los materiales y equipamiento considerados más relevantes en el desarrollo de las técnicas analíticas:

## Materiales

- Estándares certificados de: lindano, aldrin, heptacloro epóxido A y B, transclordano, dieldrin, endrin, endosulfan, p, p'-DDD, p, p'-DDT, diazinón, metil-paratión, fenitrotión, malatión, clorpirifós, triadimefón, penconazole, imazalil, miclobutanil, ethión, trifloxistrobin, propiconazole y bromopropilato (Accu Standard Inc.).
- Agua grado 1 (agua calidad cromatográfica ultra pura).
- Hidróxido de sodio y ácido clorhídrico, calidad p.a. (Merck).
- Metanol calidad cromatográfica (Merck).
- Hexano calidad cromatográfica (Merck).
- Acetona calidad cromatográfica (Merck).
- Soluciones estándar stock de 1000 mg/L en metanol de los diferentes plaguicidas.
- Filtros de nylon de 0,45 y 0,2  $\mu\text{m}$ .

## Equipamiento

- Cromatógrafo gaseoso Hewlett Packard Modelo 6890 Serie II, con sistema de inyección capilar "split/splitless", equipado con Inyector automático Hewlett Packard Modelo 6890 y Chem station o estación de trabajo HP. Versión A.03.34 con Detector de microcaptura de electrones ( $\mu\text{ECD}$ ) y

Detector de Nitrógeno-Fósforo (NPD). Columna Agilent HP - 5MS 0,25 mm x 30 m x 0,25 µm de diámetro interno (i.d.).

- Cromatógrafo gaseoso Hewlett Packard GC 6890, equipado con dos sistemas de inyectores: Inyector de Vaporización con Temperatura Programada (PTV) y puerto de inyección modo “split/splitless”. Muestreador automático HP 7683, columna capilar HP5 MS (30 m x 0,25 mm x 0,25µm). Detector Selectivo de Masa (MSD) HP 5973. ChemStation o estación de trabajo HP. Biblioteca NIST y RTLPEst.

- Equipo E. Pure – Barnstead, utilizado para la obtención de agua grado 1.

- Baño de ultrasonido NEY-Dental International con controles ajustables.

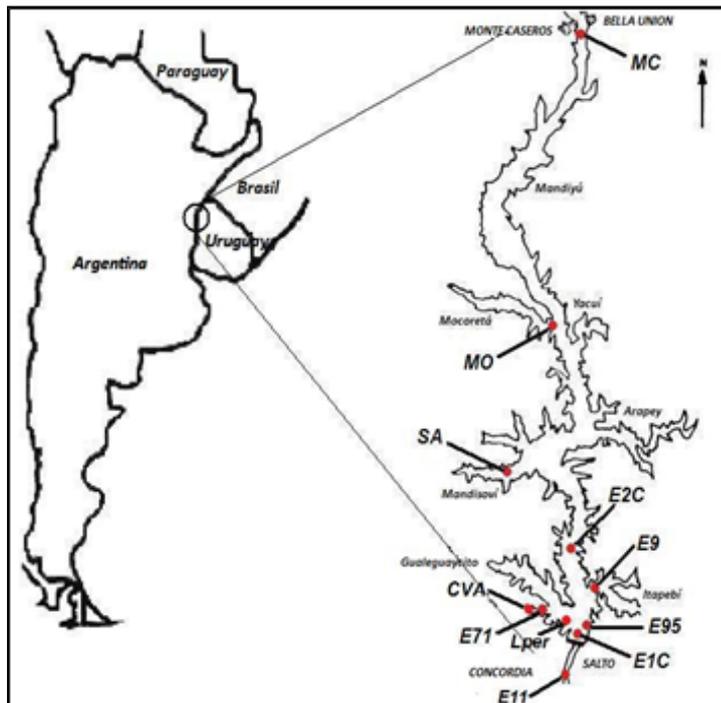
- Balanza analítica Ohaus, “Freezer” Electrolux, Centrífugas Gelec 130-D y Gelec G-142-D de 13.000 y 5.000 rpm. Procesadora semi-industrial Ultracomb.

- “Vacum Manifold” marca Alltech, bomba de vacío regulable, con capacidad para 16 columnas o cartuchos. Cartuchos de 6 y 25 ml, provistos de filtros de teflón de 0,45 µm marca Alltech.

### Plan de Muestreo

El plan de muestreo se estableció en base a la información existente referida a usos de la tierra en la cuenca inmediata de aporte al Embalse de Salto Grande. Estas estaciones de muestreo se extienden desde Monte Caseros al Norte del Embalse hasta 1000 metros aguas debajo de la represa hidroeléctrica de Salto Grande. Se tomaron muestras estacionales de agua superficial en todos los puntos de muestreo durante el periodo (2012-2016) y las estaciones de muestreo que se detallan a continuación se encuentran ubicadas en zonas que permiten detectar la influencia de las diversas actividades agroindustriales sobre las aguas del embalse (figura 1).

- **MC:** Monte Caseros.
- **MO:** Mocoretá.
- **SA:** Canal Santa Ana/Federación.
- **E2C:** Arriba desembocadura Itapeby.
- **E9:** Itapeby Centro.
- **E71:** Gualaguaycito Chico.
- **E95:** La Toma – Margen Izquierdo.
- **E1C:** Represa Centro.
- **E11:** Aguas abajo de la Represa.
- **Lper:** Playa Las Perdices.
- **CVA:** Cañada Viejo Águila.



**FIGURA 1.** Ubicación del embalse Salto Grande y las estaciones de muestreo.

Se tomaron muestras estacionales de agua superficial y sedimentos en todos los puntos de muestreo durante un periodo 2012 - 2016, según se detalla en las tablas 1 y 2 respectivamente.

**TABLA1.** Muestreos de agua superficial efectuados.

Puntos de Muestreo\ Fecha	09/12	02/13	04/13	07/13	03/14	05/14	07/14	09/14	06/15	07/15	01/09/15	16/09/15	10/15	11/15	02/16
<b>E1C:</b> Represa Centro.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>E2C:</b> Arriba desembocadura Itapeby.						x	x	x	x	x			x	x	x
<b>E11:</b> Aguas abajo de la Represa.			x	x		x		x	x						x
<b>E71:</b> Gualeguaychico Chico.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>E9:</b> Itapeby Centro.	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>E95:</b> La Toma- Margen Izquierdo.	x	x	x	x	x						x	x			
<b>SA:</b> Canal Santa Ana/Federación.				x											
<b>MO:</b> Mocoretá				x											
<b>MC:</b> Monte Caseros				x											

**TABLA 2.** Muestréos de sedimentos efectuados.

Puntos de Muestreo/Fecha	07/14	09/14	11/14	03/15	06/15	07/15	10/15	11/15	02/16
<b>Lper:</b> Playa Las Perdices.	X								
<b>E95:</b> La Toma- Margen Izquierdo.	X				X				
<b>CVA:</b> Cañada Viejo Águila.	X	X							
<b>E2C:</b> Arriba desembocadura Itapeby.		X	X		X	X	X	X	X
<b>E9:</b> Itapeby Centro.		X	X	X		X	X	X	X
<b>E71:</b> Gualaguaycito Chico.		X	X	X	X	X	X	X	X
<b>E1C:</b> Represa Centro.					X	X	X		X

### Tratamiento de las muestras y metodologías analíticas

La toma de muestra de agua superficial y sedimentos se realizó siguiendo los lineamientos generales de procedimientos estandarizados (APHA, 1998). En el muestreo de agua se tomaron 2 litros de agua a nivel superficial (20 cm de profundidad), sin separar los sólidos suspendidos y utilizando los recipientes adecuados y trasvasadas en frascos de vidrio color caramelo previamente lavados y enjuagados con hexano calidad plaguicida, con tapones recubiertos de aluminio (CTM, 1988, APHA, 1998). Las muestras de sedimentos fueron colectadas utilizando una draga y luego se trasvasaron a un envoltorio de aluminio y fueron congeladas hasta el momento de su traslado y posterior análisis.

En todos los muestreos se midieron *in situ* los parámetros fisicoquímicos que se detallan a continuación mediante la utilización de una sonda multiparamétrica.

- Temperatura: Temp. (°C)
- Oxígeno Disuelto: OD (mg/l)
- Conductividad: Cond. (µS/cm)
- Turbidez ("NTU" ó UNT)
- Sólidos en Suspensión Fijos: SS - 550° (mg/l)

Las determinaciones fisicoquímicas realizadas *in situ* y los muestreos de agua superficial y sedimentos se efectuaron por el personal profesional de la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande (CTM).

Las muestras se conservaron refrigeradas a 4°C durante el traslado al laboratorio (APHA, 1998), las mismas fueron identificadas y rotuladas para su posterior procesamiento.

Las diferentes muestras recepcionadas y/o tomadas por el laboratorio fueron conservadas en recipientes adecuados, rotulados y refrigeradas hasta su procesamiento (CTM, 1988, APHA, 1998).

En la preparación de las muestras para el análisis en laboratorio se incluye la preparación de estándares. Las soluciones de estándares en los diferentes solventes se prepararon en dos grupos identificados como:

**Grupo a:** lindano, aldrin, heptacloro epóxido A y B, transclordano, dieldrin, endrin, endosulfan, p, p'-DDD y p, p'-DDT.

**Grupo b:** diazinón, metil-paratión, fenitrotión, malatión, clorpirifós, triadimefón, penconazole, imazalil, miclobutanil, ethión, trifloxistrobin, propiconazole y bromopropilato.

En función de las características de las muestras y de los objetivos esperados en los diferentes ensayos efectuados, la preparación y/o acondicionamiento previo, como así también los procesos extractivos han sido diferentes, los procedimientos generales se detallan a continuación:

- Reconstitución y/o homogeneización.
- Determinación de diversos parámetros fisicoquímicos en muestras de agua superficial y muestras acuosas en la línea de potabilización.
- Determinación de humedad en sedimentos.
- Ajuste a pH 7 y filtración, según correspondiese a los ensayos efectuados en las diversas matrices.
- Preparación de estándares individuales y mezcla a diferentes concentraciones en hexano.
- Preparación de blancos de reactivos, blanco de muestra, muestras fortificadas y blancos de muestras fortificadas en el extracto final a diferentes concentraciones.
- Técnicas extractivas:

Para las muestras de agua superficial, sólidos suspendidos y sedimentos, los analitos fueron extraídos sucesivamente con alícuotas de solvente orgánico (hexano), agitación y ultrasonido, y el extracto fue llevado hasta un determinado volumen final.

### **Técnicas Analíticas**

Para la determinación e identificación de plaguicidas del grupo (a) y del grupo (b) se aplicaron las siguientes técnicas analíticas:

#### **Condiciones cromatográficas para la determinación de plaguicidas del grupo (a):**

*GC- $\mu$ ECD*: columna HP-5MS (30 m  $\times$  0,25 mm  $\times$  0,25  $\mu$ m i.d.), gas carrier He y flujo por columna de 1 ml/min, temperatura inyector de 250°C. "Liner" o inserto de 900  $\mu$ l – 78,5  $\times$  6,5 mm para inyección directa. Modo "splitless", inyector automático y volumen de inyección de 1  $\mu$ l, temperatura del detector 330°C. Horno a temperatura inicial de 80°C durante 0,2 min, rampa de calentamiento de: 10°C/min hasta 280 durante 3 min y de 15°C/min hasta 290°C durante 1 min.

#### **Condiciones cromatográficas para la determinación de plaguicidas del grupo (b):**

*GC-NPD*: columna HP-5MS (30 m  $\times$  0,25 mm  $\times$  0,25  $\mu$ m i.d.), gas carrier N<sub>2</sub> y flujo por columna de 1 ml/min, temperatura inyector de 250°C. "Liner" o inserto de 900  $\mu$ l – 78,5  $\times$  6,5 mm para inyección directa. Modo "splitless", inyector automático y volumen de inyección de 1  $\mu$ l, detector de nitrógeno - fósforo a 290°C. Horno a temperatura inicial de 80°C durante 0,2 min y rampa de calentamiento de: 42°C/min hasta 200 y de 10°C/min hasta 280°C durante 9 min.

#### **Condiciones cromatográficas para la identificación de plaguicidas de los grupos (a) y (b):**

*GC-MSD*: Cromatógrafo Gaseoso HP 6890N. Detector selectivo de masa HP5973N. Temperatura de interfase 280 °C. Temperatura de cuadrupolo 150 °C. Fuente de iones 230 °C. Energía de ionización 70 e.V. Modo SCAN entre 40 a 550 m/z con 0,2 s de escaneo. Modo SIM. Columna Agilent HP – 5MS 0,25 mm  $\times$  30 m  $\times$  0,25  $\mu$ m. Modo: flujo constante. Velocidad de flujo: 1 ml/min. Presión 7,64 psi. "Solvent delay" (retardo del solvente): 9,8 minutos. Gas portador: Helio 99.9995 % y trampa de humedad e hidrocarburos.

A fin de obtener una caracterización orientativa respecto a los valores de los parámetros fisicoquímicos en agua en cada sitio de muestreo, se efectuaron en el laboratorio ensayos por triplicado según la metodología estandarizada indicada en la tabla 3.

**TABLA 3.** Parámetros físico-químicos determinados en agua y metodología aplicada.

Parámetro evaluado	Metodología
Sólidos Totales (mg/l)	Método de sólidos totales a 103-105°C - (APHA, 1998)
Sólidos Suspendidos (mg/l)	Método de sólidos totales en suspensión a 103-105°C - (APHA, 1998)
Sólidos Disueltos (mg/l)	Método de sólidos totales disueltos a 180°C - (APHA, 1998)
pH	Método Potenciométrico- (APHA, 1998)
Alcalinidad Total (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	Método Potenciométrico - (WHO, 1987)
Cloruros (mg/l)	Método Argentométrico - (APHA, 1998)
Dureza Total (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	Método de Titulación con EDTA - (APHA, 1998)
Calcio (mg/l)	Método de Titulación con EDTA - (APHA, 1998)
Magnesio (mg/l)	Método de Titulación con EDTA - (APHA, 1998)
Nitratos (mg/l)	Método Salicilato por espectrometría UV-V - (APHA, 1998)
Nitritos (mg/l)	Método Sulfanílico por espectrometría UV-V - (WHO, 1987)
Sulfatos (mg/l)	Método Turbidimétrico - (APHA, 1998)
Bicarbonatos (mg/l)	Método de titulación - (WHO, 1987)

Los ensayos para la determinación de los niveles residuales de plaguicidas se efectuaron en las siguientes matrices: **agua, sólidos suspendidos y sedimentos.**

Los niveles de residuos de plaguicidas en las diversas muestras se determinaron por cromatografía gaseosa con detectores selectivos como los de: Nitrógeno-Fósforo (NPD), Microcaptura de Electrones ( $\mu$ ECD) y espectrometría de masas (MSD), los cuales permitieron la identificación y cuantificación de diversos analitos en simultáneo, con elevados porcentajes de recuperación y adecuados niveles de detección y cuantificación.

Se determinaron los límites de detección (LD) y de cuantificación (LC), los cuales son expresados en unidades de masa de plaguicida por unidad de volumen y/o de masa de muestra, es decir, en ng/l de agua, ng/mg de sólidos suspendidos y ng/g de sedimentos.

En las tablas 4 y 5 se presentan los valores de los límites para cada muestra y técnica analítica aplicada.

**TABLA 4.** Límites de detección y cuantificación para la determinación de plaguicidas grupo (a) y (b) en *agua* expresados en ng/l de muestra. GC- $\mu$ ECD y GC-NPD.

Plaguicidas	L.D (ng/l)	L.C (ng/l)
Lindano	2,7	8,8
Endosulfán	4,7	15,6
Aldrin	3,2	9,9
Heptacloro epóxido B	2,6	8,6
Heptacloro epóxido A	2,4	8,5
Transclordano	2,9	9,3
Dieldrin	3,0	9,1
Endrin	3,1	9,8
p, p'- DDD	2,9	9,6
p, p'- DDT	2,7	9,4
Diazinón	2,9	9,3
M-Paratión	3,4	10,1
Fenitrotión	2,9	9,4
Malatión	3,7	12
Clorpirifós	2,6	8,7
Triadimefón	2,5	8,1
Penconazole	3,1	10,2
Imazalil	6,2	20,5
Miclobutanil	3,4	11,2
Ethión	2,6	8,5
Trifloxistrobin	3,3	10,8
Propiconazole I	3,6	11,5
Propiconazole II	3,8	12,2
Bromopropilato	6,9	22,8

**TABLA 5.** Límites de detección y cuantificación para la determinación de plaguicidas grupo (a) y (b) en *sólidos suspendidos* y *sedimentos* expresados en ng/mg y ng/g de muestra respectivamente. GC- $\mu$ ECD y GC-NPD por I.D.

Plaguicidas	Sólidos suspendidos		Sedimentos	
	L.D (ng/mg)	L.C (ng/mg)	L.D (ng/g)	L.C (ng/g)
Lindano	0,12	3,55	5,6	17,8
Endosulfán	1,87	6,25	10,2	31,2
Aldrin	1,28	4,00	8,4	20,0
Heptacloro epóxido B	1,06	3,50	5,9	17,5
Heptacloro epóxido A	0,96	3,51	5,0	17,3
Transclordano	1,19	3,80	6,2	19,0
Dieldrin	1,24	3,71	6,3	18,8
Endrin	1,31	3,98	6,4	19,8
p, p'- DDD	1,20	3,86	6,1	19,4
p, p'- DDT	1,07	3,77	5,8	18,9
Diazinón	1,22	3,83	5,9	18,7
M-Paratión	1,40	4,10	6,9	20,3
Fenitrotión	1,29	3,79	5,9	19,0
Malatión	1,47	4,82	7,6	24,1
Clorpirifós	1,10	3,50	5,4	17,5
Triadimefón	1,05	3,25	5,1	16,3
Penconazole	1,31	4,20	6,3	20,5
Imazalil	2,50	8,25	12,5	40,2
Miclobutanil	1,41	4,52	6,8	22,5
Ethión	1,06	3,45	5,3	17,1
Trifloxistrobin	1,35	4,35	6,7	21,8
Propiconazole I	1,50	4,65	7,4	23,5
Propiconazole II	1,71	4,90	7,9	24,6
Bromopropilato	2,80	9,15	14,2	45,7

### Tratamiento estadístico

El tratamiento estadístico de los resultados obtenidos se realizó mediante software: Statgraphics Centurión XV, versión 15.2.06, R, version 3.1.3, GraphPad Prism 5 versión 5.00 y OriginPro versión 90E (Dejaegher y Vander Heyden, 2007; Feinberg, 2007; Masson, 2007).

Los resultados de los triplicados obtenidos de las diferentes matrices fueron analizados a fin de establecer los parámetros estadísticos, se efectuó el análisis unidimensional en el que se determinaron los valores medios, intervalos de confianza para un 95 % y normalidad de los datos.

## Resultados y Conclusiones

### a) Resultados de los análisis fisicoquímicos de agua

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos determinados en las muestras de aguas superficiales pueden observarse en la tabla 6 y los mismos corresponden a los valores medios obtenidos en los diferentes sitios de muestreo. Estos resultados han permitido obtener una caracterización orientativa de los sitios.

**TABLA 6.** Valores medios e intervalos de confianza de los parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales de los diferentes sitios de muestreo (n=3 y  $\alpha=0,05$ ).

Parámetros	Sitios de Muestreo							
	E11	E71	E9	E95	E1C	SA	MO	MC
<b>Sólidos Totales</b>	64	94	72	100	85	54	130	64
(mg/l)	± 6,2	± 8,3	± 6,2	± 7,4	± 7,1	± 5,2	± 6,8	± 4,4
<b>Sólidos Suspendidos</b>	15	24	8	34	34	22	42,5	25,5
(mg/l)	± 3,8	± 4,2	± 3,2	± 4,3	± 5,2	± 3,8	± 4,2	± 3,7
<b>Sólidos Disueltos</b>	49	70	64	66	51,5	32	87,5	38,5
(mg/l)	± 5,1	± 5,5	± 4,3	± 5,7	± 4,1	± 3,3	± 4,8	± 3,6
<b>pH</b>	7,01	7,22	7,20	7,06	7,06	7,26	7,49	7,10
	± 0,3	± 0,2	± 0,1	± 0,2	± 0,2	± 0,03	± 0,08	± 0,06
<b>Alcalinidad Total</b>	12,7	19,6	12,3	17,2	14,7	38,2	40,9	19
(mg/l CO <sub>3</sub> Ca)	± 2,3	± 3,5	± 2,8	± 3,2	± 3,9	± 4,2	± 4,6	± 2,9
<b>Cloruros</b>	5,8	4,3	3,6	6,5	6,7	0,9	2,6	1,2
(mg/l)	± 1,2	± 1,6	± 1,8	± 2,1	± 2,4	± 0,3	± 0,7	± 0,6
<b>Dureza Total</b>	28,5	26,5	31,4	25,5	24,5	33,6	43,2	14,4
(mg/l CO <sub>3</sub> Ca)	± 2,9	± 3,1	± 3,9	± 2,8	± 3,1	± 3,7	± 4,2	± 2,6
<b>Calcio</b>	6,7	7	5,1	5,5	3,9	7,7	10,8	11,5
(mg/l)	± 1,8	± 2,1	± 1,8	± 2,2	± 1,3	± 2,8	± 2,9	± 2,4
<b>Magnesio</b>	2,9	2,2	4,5	2,3	3,6	3,5	4	0,7
(mg/l)	± 0,8	± 0,9	± 1,5	± 0,9	± 0,8	± 0,7	± 1,5	± 0,2
<b>Nitratos</b>	0,6	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,4	0,7
(mg/l)	± 0,1	± 0,02	± 0,05	± 0,04	± 0,02	± 0,04	± 0,02	± 0,06
<b>Nitritos</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
(mg/l)								
<b>Sulfatos</b>	9,6	5,5	6,1	10,3	10,2	12,5	27,2	15,5
(mg/l)	± 0,9	± 1,6	± 0,9	± 1,7	± 1,9	± 0,9	± 1,4	± 0,9
<b>Bicarbonatos</b>	27,5	33,6	27,5	25,9	21,4	28,2	53,4	29
(mg/l)	± 1,9	± 2,1	± 2,6	± 2,4	± 2,6	± 2,7	± 3,3	± 2,6

Los parámetros físico-químicos determinados *in situ* para todas las muestras del monitoreo de la región en el periodo 2012-2016 ya han sido puntualmente informados, por lo que en la tabla 7 se presenta el resumen de los datos obtenidos.

**TABLA 7.** Valores mínimos, medios y máximos de los parámetros físico-químicos determinados *in situ*. Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

Parámetros		Sitios de Muestreo								
		E1C	E2C	E11	E71	E9	E95	MC	MO	SA
Temp (°C)	Mín	15,4	16,3	14,8	14,9	14,5	15,3			
	Media	21,4	21,0	19,8	21,1	20,6	22,2	16,8*	12,9*	15,5*
	Máx	30,1	25,2	23,3	29,1	28,3	29,7			
OD (mg/l)	Mín	7,2	7,3	8,5	7,5	7,7	7,6			
	Media	9,3	8,7	9,0	9,6	8,9	9,6	9,8*	11,3*	10,8*
	Máx	13,7	9,3	10,1	11,6	10,1	13,7			
Cond (uS/cm)	Mín	48,4	47,8	48,0	48,3	51,5	50,8			
	Media	56,1	55,7	52,5	54,0	59,5	57,8	55,7*	109,8*	57,0*
	Máx	70,1	63,5	55,7	66,0	83,0	71,3			
Turbidez (NTU)	Mín	19,9	21,1	20,0	20,8	17,9	18,6			
	Media	35,1	38,9	30,3	39,6	34,6	31,2	51,6*	29,0*	20,5*
	Máx	77,1	73,1	38,0	134,0	92,0	68,9			
SS-550° (mg/l)	Mín	2,4	5,6	3,8	1,6	2,0	4,4			
	Media	8,0	11,8	8,1	9,2	11,0	7,2	37,6*	8,8*	6,8*
	Máx	15,2	31,2	11,2	47,2	32,0	12,8			

(\*) Una sola determinación.

**b) Resultados de los niveles de plaguicidas en agua superficial y sólidos suspendidos**

Teniendo en cuenta que se han evaluado un número importante de plaguicidas y a los fines de interpretar más fácilmente los resultados para cada sitio de muestreo, se han analizado por separado los resultados correspondientes a los niveles residuales en agua y en sólidos suspendidos, los cuales se expresan en: ng/l de agua superficial y ng/mg de sólidos suspendidos respectivamente. Además, se han diferenciado los plaguicidas en grupos (a) y (b) tanto para agua como para sólidos suspendidos.

Los resultados obtenidos durante el monitoreo de la región en el periodo 2012-2016 se presentan en forma resumida en las siguientes tablas 8, 9, 10 y 11, para los plaguicidas del grupo (a) y (b) en muestras de agua superficial y sólidos suspendidos respectivamente.

**TABLA 8.** Valores mínimos, medios y máximos de los niveles de plaguicidas del grupo (a) determinados en agua superficial expresados en ng/l - Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

Plaguicidas		Sitios de Muestreo									
		E1C	E2C	E11	E71	E9	E95	MC	MO	SA	
Lindano	Mín	< LD <sup>a</sup>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	11,16	5,25	< LD	3,78	2,57	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Máx	65,00	28,00	< LD	31,00	18,00	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Aldrin	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	74,54	71,74	82,20	127,21	89,29	45,67	< LD	< LD	< LD	< LD
	Máx	263,00	178,00	146,00	1088,00	210,00	133,00	< LD	< LD	< LD	< LD
Heptacloro epóxido B	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	17,14	142,50	28,80	11,50	40,29	10,00	< LD	< LD	< LD	< LD
	Máx	77,00	1053,00	144,00	75,00	250,00	47,00	< LD	< LD	< LD	< LD
Heptacloro epóxido A	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	24,08	13,50	66,60	36,26	20,07	16,32	< LD	< LD	< LD	< LD
	Máx	93,00	55,00	315,00	229,00	125,00	80,00	< LD	< LD	< LD	< LD
Transclordano	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	9,50	17,10	27,24	18,10	
	Media	62,55	330,88	194,45	81,15	81,21	94,93	45,00	76,00	37,00	
	Máx	258,00	2474,00	595,00	718,00	273,00	476,00	68,40	89,77	71,00	
Dieldrin	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	116,07	133,96	56,40	79,53	447,36	94,67	< LD	< LD	< LD	< LD
	Máx	323,00	382,00	164,00	387,00	5049,00	223,00	< LD	< LD	< LD	< LD
Endrin	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	39,70	< LD	14,40	
	Media	22,71	49,63	22,00	27,13	33,14	17,47	208,00	< LD	29,00	
	Máx	139,00	158,00	51,00	209,00	241,00	96,00	289,90	< LD	40,70	
Endosulfán	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	18,95	< LD	
	Media	81,88	66,34	47,33	69,11	95,36	81,14	< LD	25,00	< LD	
	Máx	344,00	239,00	106,00	316,00	239,00	222,00	< LD	47,88	< LD	
p. p'- DDD	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	
	Media	46,06	52,50	8,20	50,28	21,14	< LD	< LD	< LD	< LD	
	Máx	517,00	237,00	29,00	549,00	273,00	< LD	< LD	< LD	< LD	
p. p'- DDT	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	
	Media	30,27	85,63	138,00	21,07	22,57	3,43	< LD	< LD	< LD	
	Máx	193,00	399,00	670,00	204,00	255,00	11,00	< LD	< LD	< LD	

(a) <LD: Menor al Límite de Detección.

**TABLA 9.** Valores mínimos, medios y máximos de los niveles de plaguicidas del grupo (b) determinados en agua superficial expresados en ng/l - Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

Plaguicidas		Sitios de Muestreo								
		E1C	E2C	E11	E71	E9	E95	MC	MO	SA
Diazinón	Mín	< LDa	< LD	9,80	28,70	19,70				
	Media	12,75	< LD	69,00	20,92	3,91	18,00	43,00	65,00	28,00
	Máx	140,00	< LD	186,00	97,00	31,00	71,00	105,55	97,20	51,60
Metil-paratión	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	< LD	< LD	32,00	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Máx	< LD	< LD	96,00	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Fenitrotión	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	11,77	< LD
	Media	13,33	< LD	18,00	9,33	23,09	25,43	< LD	18,00	< LD
	Máx	147,00	< LD	72,00	112,00	157,00	178,00	< LD	32,32	< LD
Malatión	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	16,77	30,00	15,57
	Media	14,33	< LD	18,25	85,42	< LD	< LD	26,00	25,00	31,00
	Máx	86,00	< LD	73,00	953,00	< LD	< LD	44,48	56,78	46,30
Clorpirifós	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	9,74	9,10
	Media	< LD	< LD	< LD	2,25	48,45	14,00	< LD	17,00	14,00
	Máx	< LD	< LD	< LD	27,00	275,00	98,00	< LD	32,10	29,70
Triadimefón	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	4,08	< LD	2,00	10,08	11,64	< LD	< LD	< LD	< LD
	Máx	36,00	< LD	8,00	47,00	128,00	< LD	< LD	< LD	< LD
Penconazole	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	14,22
	Media	4,42	< LD	3,75	7,17	< LD	150,00	< LD	< LD	17,00
	Máx	53,00	< LD	15,00	44,00	< LD	1036,00	< LD	< LD	36,60
Imazalil	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	341,20	< LD	< LD	685,40	445,80	65,25	< LD	< LD	< LD
	Máx	1358,00	< LD	< LD	2065,00	1929,00	261,00	< LD	< LD	< LD
Miclobutanil	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	33,25	< LD	136,75	35,33	40,36	558,00	< LD	< LD	< LD
	Máx	135,00	< LD	547,00	217,00	228,00	2987,00	< LD	< LD	< LD
Ethión	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	10,20
	Media	3,17	17,80	< LD	11,58	14,55	2,57	< LD	< LD	17,00
	Máx	38,00	49,00	< LD	51,00	160,00	18,00	< LD	< LD	38,44
Trifloxistrobin	Mín	< LD	< LD	120,70	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	123,09	52,60	443,00	106,00	298,64	162,00	< LD	< LD	< LD
	Máx	1133,00	263,00	1329,00	999,00	1734,00	972,00	< LD	< LD	< LD
Propiconazole I	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	28,40	15,88	38,77
	Media	6,67	< LD	12,50	6,25	< LD	13,29	112,00	59,00	142,00
	Máx	80,00	< LD	50,00	75,00	< LD	93,00	198,74	99,78	177,15
Propiconazole II	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	7,50	< LD	9,25	67,08	< LD	5,14	< LD	< LD	< LD
	Máx	73,00	< LD	37,00	711,00	< LD	36,00	< LD	< LD	< LD
Bromopropilato	Mín	< LD	< LD	130,20	< LD	< LD	1044,00	< LD	< LD	< LD
	Media	3063,82	336,00	1824,00	794,36	528,73	4152,33	< LD	< LD	< LD
	Máx	17993,00	1680,00	5472,00	4533,00	5013,00	15023,00	< LD	< LD	< LD

(a) <LD: Menor al Límite de Detección.

**TABLA 10.** Valores mínimos, medios y máximos de los niveles de plaguicidas del grupo (a) determinados en sólidos suspendidos expresados en ng/mg - Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

Plaguicidas		Sitios de Muestreo								
		E1C	E2C	E11	E71	E9	E95	MC	MO	SA
Lindano	Mín	< LD <sup>a</sup>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	32,58	84,98	2,72	45,93	32,86	26,90	< LD	< LD	< LD
	Máx	185,00	606,00	9,60	306,00	187,00	153,00	< LD	< LD	< LD
Aldrin	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	100,39	100,71	60,80	106,11	152,34	32,32	< LD	< LD	< LD
	Máx	532,00	566,00	296,00	491,00	1578,00	184,00	< LD	< LD	< LD
Heptacloro epóxido B	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	8,36	7,38	0,30	9,85	31,26	3,25	< LD	< LD	< LD
	Máx	70,20	32,00	1,00	40,00	320,00	14,00	< LD	< LD	< LD
Heptacloro epóxido A	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	7,66	6,13	0,64	24,31	6,66	4,33	< LD	< LD	< LD
	Máx	68,80	30,00	3,00	106,00	31,10	25,00	< LD	< LD	< LD
Transclordano	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	18,29	5,40	1,22	18,57	6,23	13,43	< LD	1,3	< LD
	Máx	109,00	32,00	5,00	176,00	18,60	59,40	< LD	9,75	< LD
Dieldrin	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	9,14	12,90	2,28	7,66	6,81	3,90	< LD	< LD	< LD
	Máx	51,70	39,00	8,00	43,00	26,00	19,00	< LD	< LD	< LD
Endrin	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	8,45	0,00	5,1
	Media	9,93	14,24	0,23	121,17	5,04	4,93	10	2	9,2
	Máx	44,00	72,00	0,70	1641,00	21,00	28,00	35,4	16,78	14,75
Endosulfán	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	20,23	46,70	13,32	141,51	74,79	81,10	< LD	1,8	< LD
	Máx	80,60	211,00	27,00	926,00	428,00	245,00	< LD	9,4	< LD
p. p'- DDD	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	32,29	0,21	0,18	6,66	0,04	0,92	< LD	< LD	< LD
	Máx	350,00	1,00	0,90	76,80	0,60	5,50	< LD	< LD	< LD
p. p'- DDT	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	20,98	49,78	15,12	28,06	30,13	55,83	< LD	< LD	< LD
	Máx	232,00	214,00	68,00	266,00	233,10	335,00	< LD	< LD	< LD

(a) <LD: Menor al Límite de Detección.

**TABLA 11.** Valores mínimos, medios y máximos de los niveles de plaguicidas del grupo (b) determinados en sólidos suspendidos expresados en ng/mg - Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

Plaguicidas		Sitios de Muestreo								
		E1C	E2C	E11	E71	E9	E95	MC	MO	SA
Diazinón	Mín	< LD <sup>a</sup>	< LD	5,10	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	3,67	174,20	6,28	9,13	1,17	15,81	5,80	1,50	11,00
	Máx	41,20	871,00	20,00	70,00	10,00	90,60	38,70	34,77	37,37
Metil-paratión	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Máx	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Fenitrotión	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	< LD	< LD	< LD	9,50	12,53	4,79	0,60	2,10	< LD
	Máx	< LD	< LD	< LD	112,00	123,00	26,50	21,47	27,12	< LD
Malatión	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	6,25	< LD	1,33	1,60	< LD	11,14	3,50	1,00	3,30
	Máx	75,00	< LD	5,30	14,20	< LD	78,00	32,46	22,47	27,97
Clorpirifós	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	< LD	0,96	< LD	0,19	38,95	7,70	3,80	< LD	0,50
	Máx	< LD	4,80	< LD	2,30	370,00	44,00	7,95	< LD	14,70
Triadimefón	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	3,77	< LD	< LD
	Media	10,50	< LD	1,05	4,08	< LD	1,03	4,30	0,60	< LD
	Máx	126,00	< LD	4,20	47,00	< LD	7,20	18,25	9,74	< LD
Penconazole	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	3,04	< LD	0,13	1,04	34,00	5,70	< LD	< LD	< LD
	Máx	36,50	< LD	0,50	12,50	374,00	30,30	< LD	< LD	< LD
Imazalil	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	19,54	< LD	< LD	486,20	23,20	156,25	< LD	< LD	< LD
	Máx	97,70	< LD	< LD	2065,00	116,00	625,00	< LD	< LD	< LD
Miclobutanil	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	15,69	< LD	1,68	39,72	21,85	54,53	< LD	< LD	< LD
	Máx	125,00	< LD	6,70	207,00	210,00	230,00	< LD	< LD	< LD
Ethión	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	0,75	< LD	6,00	2,18	13,22	5,20	0,90	0,70	0,90
	Máx	5,00	< LD	24,00	14,00	86,00	23,00	8,88	6,89	6,70
Trifloxistrobin	Mín	< LD	< LD	25,00	< LD	4,50	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	5,18	< LD	75,33	9,73	77,41	19,18	< LD	< LD	< LD
	Máx	57,00	< LD	226,00	66,00	576,00	97,00	< LD	< LD	< LD
Propiconazole I	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	5,55	< LD	9,77
	Media	< LD	< LD	2,05	1,53	86,73	8,80	7,60	7,50	13,20
	Máx	< LD	< LD	8,20	18,30	954,00	61,60	37,96	29,47	36,00
Propiconazole II	Mín	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	10,08	0,00	0,73	61,77	39,55	46,63	< LD	< LD	< LD
	Máx	121,00	0,00	2,90	711,00	435,00	212,00	< LD	< LD	< LD
Bromopropilato	Mín	< LD	< LD	70,00	< LD	< LD	86,40	< LD	< LD	< LD
	Media	210,82	5,20	1044,67	780,73	6911,55	743,07	< LD	< LD	< LD
	Máx	1063,00	26,00	3134,00	4533,00	74585,00	2362,00	< LD	< LD	< LD

(a) <LD: Menor al Límite de Detección.

### Análisis estadístico para agua superficial. Caracterización de la contaminación en los sitios de muestreo

A los fines de caracterizar la contaminación en los diversos sitios se efectuó un análisis estadístico de componentes principales (PCA), el cual establece en sus principios teóricos para su aplicabilidad que el número de variables a analizar debe ser menor al de las muestras o en este caso los sitios de muestreo; para lo cual fue necesario adoptar un criterio adecuado para seleccionar las variables o plaguicidas determinados en agua superficial y sólidos suspendidos analizados en los diferentes sitios de muestreo (González Martín *et al.*, 1994).

Se han tenido en cuenta los plaguicidas con mayores niveles residuales y ocurrencia en los diferentes muestreos. De los grupos (a) y (b) de plaguicidas se establecieron como variables a los siguientes analitos: lindano, transclordano, endrin, endosulfán, aldrin, dieldrin, heptacloro epóxido A y p, p'-DDT; y diazinón, malatión, clorpirifós, triadimefón, miclobutanil, ethión, propiconazole y bromopropilato respectivamente.

Respecto a los sitios de muestreo se incorporaron a la matriz del programa en función de la disponibilidad de datos obtenidos en virtud de que por diversas razones, tales como climáticas y/o de logística, en algunos casos se dispone de menor cantidad de datos por lo que en dicho análisis se han considerado los sitios de mayor frecuencia de muestreo. El análisis estadístico correspondiente a dichas muestras se presenta a continuación.

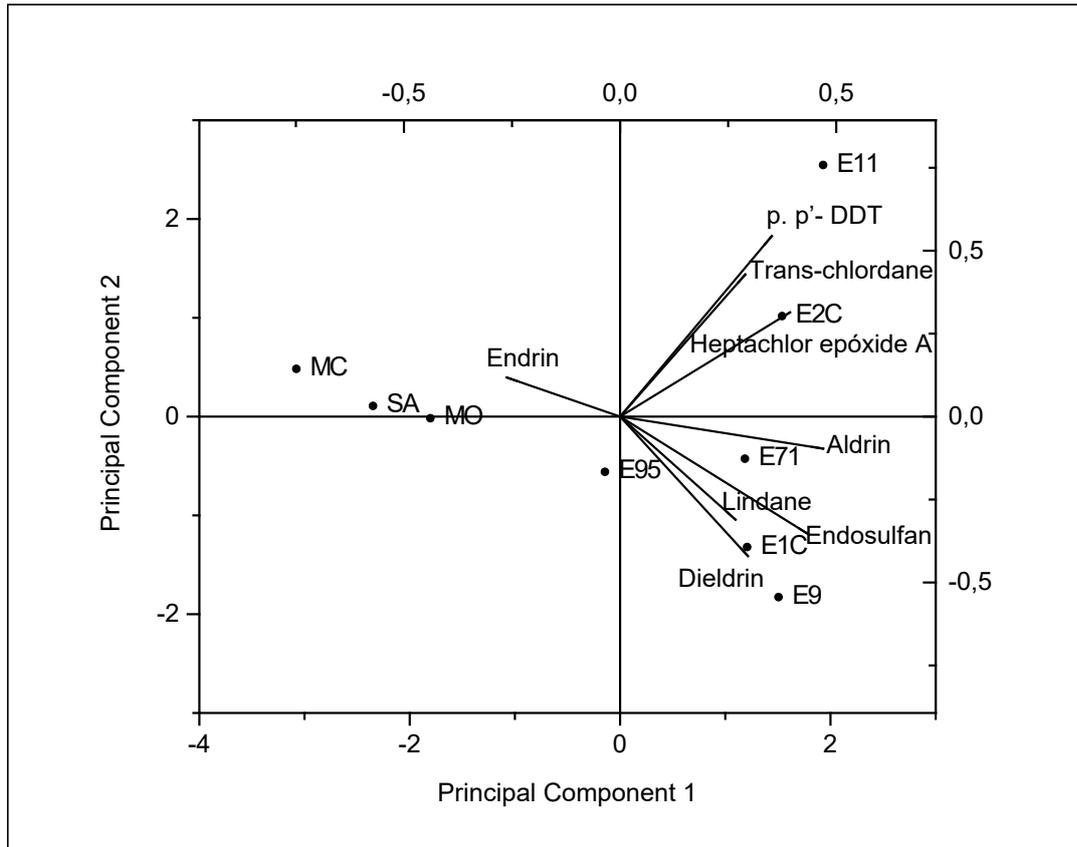
Los datos fueron introducidos al programa codificados en la matriz según el sitio como: E1C (Represa Centro); E2C (Arriba desembocadura Itapeby); E11 (Aguas abajo de la Represa); E71 (Gualeguaycito Chico); E9 (Itapeby Centro), E95 (La Toma- Margen Izquierdo), SA (Canal Santa Ana/Federación), MC (Monte Caseros) y MO (Mocoretá). Se ha adoptado como criterio general considerar significativa la correlación entre las variables y los componentes cuando el coeficiente respectivo es mayor a 0,4, los cuales se indican subrayando dichos valores en las tablas correspondientes (Peluso *et al.*, 2013).

Los resultados del análisis de componentes principales relacionados a los plaguicidas del grupo (a) para muestras de agua superficial se presentan en la tabla 12 y figura 2, en la que se describen los componentes principales que explican la variabilidad de los datos en un 66,93 %.

**Tabla 12.** Análisis de componentes principales de plaguicidas grupo (a) en agua superficial. Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

	Comp 1	Comp 2
<b>Autovalor</b>	3,69	1,67
<b>Varianza (%)</b>	46,09	20,84
<b>Lindano</b>	0,27	-0,31
<b>Aldrin</b>	<u>0,47</u>	-0,09
<b>Heptacloro epóxido A</b>	0,39	0,31
<b>Transclordano</b>	0,29	<u>0,44</u>
<b>Dieldrin</b>	0,29	<u>-0,42</u>
<b>Endrin</b>	-0,26	0,12
<b>Endosulfán</b>	<u>0,44</u>	-0,36
<b>p, p'- DDT</b>	0,35	<u>0,54</u>

Subrayado: coeficiente correlación > 0,4.



**FIGURA 2.** Diagrama de dispersión de los sitios y pesos del componente para plaguicidas grupo (a) en agua superficial. Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

Del análisis estadístico podemos concluir que la contaminación en los siguientes sitios de muestreo se encuentra caracterizada por:

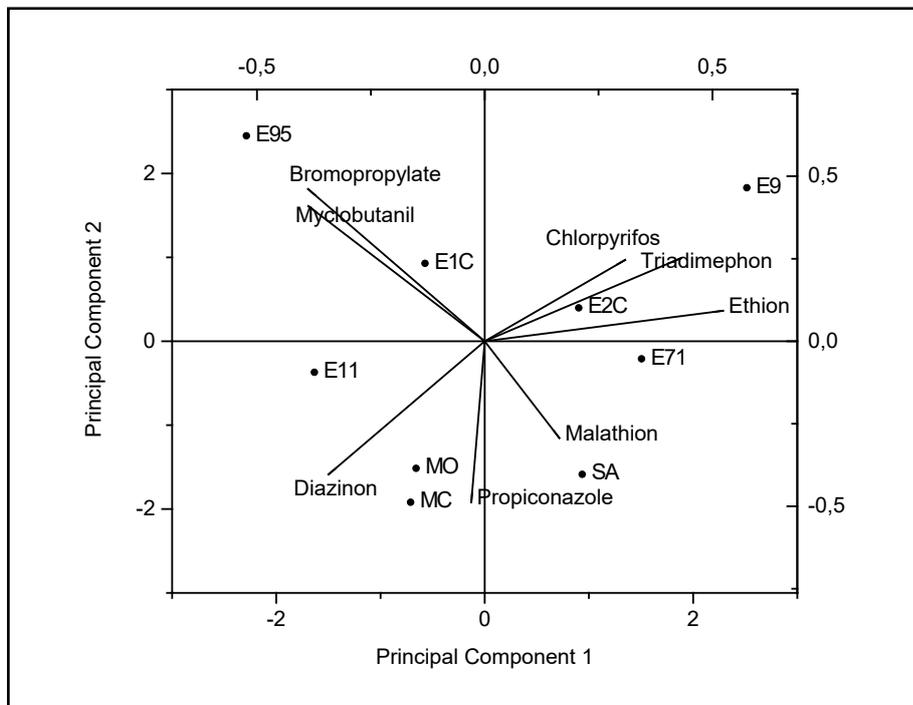
- E2C (Arriba desembocadura Itapeby): transclordano.
- E11 (Aguas abajo de la Represa): p, p'-DDT y transclordano.
- E1C (Represa Centro): endosulfan y dieldrin.
- E9 (Itapeby Centro): endosulfan y dieldrin.
- MC (Monte Caseros), SA (Canal Santa Ana/Federación), MO (Mocoretá), E95 (La Toma- Margen Izquierdo): Sin caracterización.
- E71 (Guauguaycito Chico): aldrin.

Respecto a los plaguicidas del grupo (b) son 3 los componentes principales que explican el 75,94 % de la variabilidad de los datos, los resultados se detallan en la tabla 13 y figura 3.

**TABLA 13.** Análisis de componentes principales de plaguicidas grupo (b) en agua superficial. Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

	Comp 1	Comp 2	Comp 3
<b>Autovalor</b>	2,43	2,38	1,27
<b>Varianza (%)</b>	30,39	29,76	15,89
<b>Diazinón</b>	-0,34	<u>-0,40</u>	0,14
<b>Malatión</b>	0,16	-0,29	<u>0,67</u>
<b>Clorpirifós</b>	0,31	0,25	-0,33
<b>Triadimefón</b>	<u>0,43</u>	0,25	<u>0,45</u>
<b>Miclobutanil</b>	-0,39	<u>0,41</u>	-0,04
<b>Ethión</b>	<u>0,52</u>	0,09	-0,22
<b>Propiconazole</b>	-0,03	<u>-0,49</u>	-0,37
<b>Bromopropilato</b>	-0,39	<u>0,46</u>	0,16

Subrayado: coeficiente correlación > 0,4.



**FIGURA 3.** Diagrama de dispersión de los sitios y pesos del componente para plaguicidas grupo (b) en agua superficial. Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

De acuerdo a los criterios adoptados podemos observar que la contaminación de los sitios está representada por los siguientes plaguicidas en agua superficial.

- E11 (Aguas abajo de la Represa): sin caracterización.
- E71 (Guauguaycito Chico): malatión.
- E1C (Represa Centro): miclobutanil y bromopropilato.
- E9 (Itapeby Centro): ethion y triadimefon.
- E95 (La Toma- Margen Izquierdo): miclobutanil y bromopropilato.

- SA (Canal Santa Ana/Federación): malatión y propiconazole.
- MC (Monte Caseros) y MO (Mocoretá): propiconazole y diazinon.
- E2C (Arriba desembocadura Itapeby): ethión.

### **Análisis estadístico para sólidos suspendidos. Caracterización de la contaminación en los sitios de muestreo**

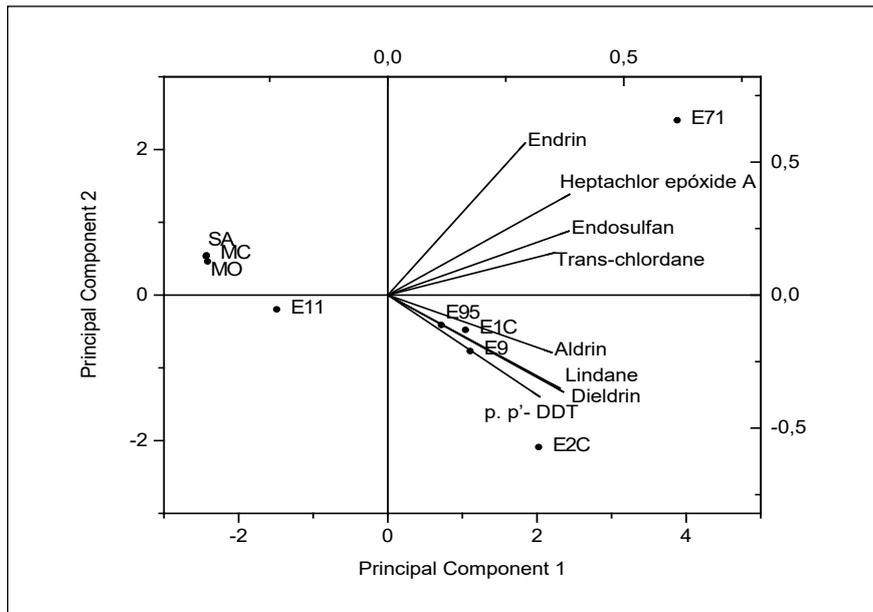
Los resultados del análisis estadístico para los plaguicidas del grupo (a) en muestras de sólidos suspendidos se presentan en la tabla 14 y figura 4 en la que se describen los componentes principales que explican la variabilidad de los datos en un 84,10 %.

**TABLA 14.** Análisis de componentes principales de plaguicidas grupo (a) en sólidos suspendidos. Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

	<b>Comp 1</b>	<b>Comp 2</b>
<b>Autovalor</b>	5,2327	1,49539
<b>Varianza (%)</b>	65,41	18,69
<b>Lindano</b>	0,36	-0,35
<b>Aldrin</b>	0,35	-0,22
<b>Heptacloro epóxido A</b>	0,38	0,38
<b>Transclordano</b>	0,35	0,16
<b>Dieldrin</b>	0,37	-0,36
<b>Endrin</b>	0,29	<u>0,57</u>
<b>Endosulfán</b>	0,38	0,24
<b>p, p'- DDT</b>	0,32	-0,38

Subrayado: coeficiente correlación > 0,4.

Teniendo en cuenta los datos estadísticos de la tabla 14, en la que sólo el endrin tiene coeficiente de correlación mayor a 0,4, se ha considerado para el análisis de caracterización de la contaminación, incluir el heptacloro epóxido A, endosulfan y al p,p'-DDT, los cuales tienen valores próximos ( $\geq 0,38$ ) ya que algunos autores proponen hasta a 0,35 confiriéndole un carácter orientativo.



**FIGURA 4.** Diagrama de dispersión de los sitios y pesos del componente para plaguicidas grupo (a) en sólidos suspendidos. Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

La contaminación de los sitios está representada por los siguientes plaguicidas en sólidos suspendidos:

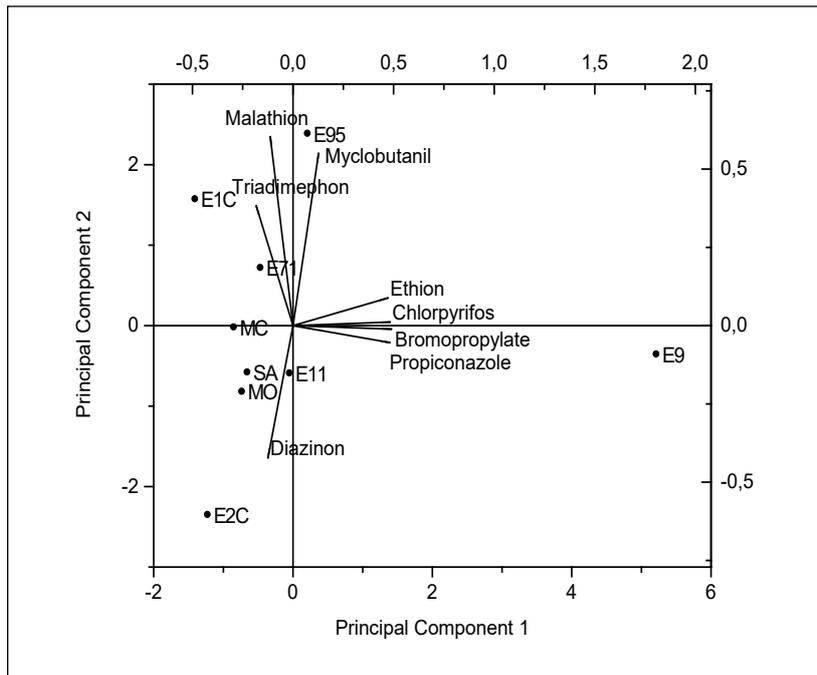
- E1C (Represa Centro), E9 (Itapeby Centro), E2C (Arriba desembocadura Itapeby) y E95 (La Toma-Margen Izquierdo): p, p'-DDT.
- SA (Canal Santa Ana/Federación), MC (Monte Caseros), E11 (Aguas abajo de la Represa) y MO (Mocoretá): sin caracterización.
- E71 (Gualeguaycito Chico): endrin, heptacloro epóxido A, endosulfan.

Para plaguicidas del grupo (b) en sólidos suspendidos los resultados se pueden observar en la tabla 15 y figura 5.

**Tabla 15.** Análisis de componentes principales de plaguicidas grupo (b) en sólidos suspendidos. Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

	Comp 1	Comp 2
<b>Autovalor</b>	4,08	1,96
<b>Varianza (%)</b>	51,00	24,53
<b>Diazinón</b>	-0,12	<u>-0,42</u>
<b>Malatión</b>	-0,11	<u>0,60</u>
<b>Clorpirifós</b>	<u>0,48</u>	0,01
<b>Triadimefón</b>	-0,18	0,38
<b>Miclobutanil</b>	0,13	<u>0,55</u>
<b>Ethión</b>	<u>0,47</u>	0,09
<b>Propiconazole</b>	<u>0,48</u>	-0,05
<b>Bromopropilato</b>	<u>0,49</u>	-0,01

Subrayado: coeficiente correlación > 0,4.



**FIGURA 5.** Diagrama de dispersión de los sitios y pesos del componente para plaguicidas grupo (b) en sólidos suspendidos. Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

Podemos resumir que para los plaguicidas del grupo (b) en sólidos suspendidos los sitios quedan caracterizados por:

- E1C (Represa Centro) y E95 (La Toma- Margen Izquierdo): malatión y miclobutanil.
- E9 (Itapeby Centro): clorpirifos, bromopropilato, propiconazole y ethión.
- E2C (Arriba desembocadura Itapeby): diazinón.
- SA (Canal Santa Ana/Federación), E71 (Galeguaycito Chico), E11 (Aguas abajo de la Represa), MO (Mocoretá) y MC (Monte Caseros): sin caracterización.

**c) Resultados de los niveles de plaguicidas en sedimentos.**

Los resultados de los niveles residuales de los diferentes plaguicidas organoclorados evaluados en los sedimentos correspondientes a los diferentes sitios muestreados se presentan en las tablas 16 y 17, los cuales se expresan en ng/g de sedimento en base seca.

**TABLA 16.** Valores mínimos, medios y máximos de plaguicidas organoclorados expresados en ng/g en base seca determinados en sedimentos - Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

Plaguicidas		Sitios de Muestreo						
		Lper	E95	CVA	E2C	E9	E71	E1C
Lindano	Mín			12,00	< LD <sup>a</sup>	< LD	< LD	< LD
	Media	< LD	8,00*	37,50	125,91	19,44	89,13	8,25
	Máx			63,00	497,00	57,00	411,00	33,00
Aldrin	Mín			8,00	< LD	< LD	< LD	
	Media	3,00	1,00	12,50	15,00	4,29	17,36	< LD
	Máx			17,00	68,00	16,30	102,00	
Heptacloro epóxido B	Mín			2,00	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	< LD	< LD	68,50	222,83	20,36	19,09	6,18
	Máx			135,00	1164,00	77,50	100,00	15,00
Heptacloro epóxido A	Mín			2,00	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	252,00	1,00	50,00	69,59	12,81	18,83	8,00
	Máx			98,00	231,00	51,90	101,00	20,00
Transclordano	Mín			10,00	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	9,00	< LD	45,00	46,29	15,08	19,59	4,25
	Máx			80,00	183,00	72,00	125,00	17,00
Dieldrin	Mín			5,00	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	< LD	< LD	51,50	132,29	49,28	36,23	18,50
	Máx			98,00	735,00	215,00	123,00	74,00
Endrin	Mín			11,00	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	62,00	9,00	57,50	92,53	47,90	32,61	37,85
	Máx			104,00	334,20	213,30	99,00	133,40
Endosulfán	Mín			949,00	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	< LD	11,00	5104,00	709,79	114,38	150,66	247,90
	Máx			9259,00	2962,00	588,00	596,00	973,00
p, p'- DDD	Mín			< LD	< LD		< LD	
	Media	< LD	< LD	20,00	29,86	< LD	18,13	< LD
	Máx			40,00	181,00		117,00	
p, p'- DDT	Mín			< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	Media	1,00	< LD	26,50	17,71	5,29	21,46	5,25
	Máx			53,00	106,00	20,00	110,00	21,00

(a) <LD: Menor al Límite de Detección, (\*) Una sola determinación.

**TABLA 17.** Valores mínimos, medios y máximos de plaguicidas organofosforados expresados en ng/g en base seca determinados en sedimentos - Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

Plaguicidas		Sitios de Muestreo			
		E71	E9	E2C	E1C
Diazinon	Mín		< LD <sup>a</sup>		
	Media	< LD*	3,03	< LD	< LD
	Máx		18,20		
Metil-paration	Mín				
	Media	< LD	< LD	< LD	< LD
	Máx				
Fenitrotion	Mín		< LD		
	Media	< LD	3,53	< LD	< LD
	Máx		21,20		
Malation	Mín				
	Media	< LD	< LD	< LD	< LD
	Máx				
Clorpirifos	Mín	< LD	< LD		< LD
	Media	4,13	62,33	< LD	2,25
	Máx	15,60	316,00		9,00
Triadimefon	Mín		< LD		
	Media	< LD	4,70	< LD	< LD
	Máx		28,20		
Penconazole	Mín		< LD		
	Media	< LD	5,70	< LD	< LD
	Máx		34,20		
Miclobutanil	Mín				
	Media	< LD	< LD	< LD	< LD
	Máx				
Trifloxistrobin	Mín				
	Media	< LD	< LD	< LD	< LD
	Máx				
Propiconazole I	Mín				
	Media	< LD	< LD	< LD	< LD
	Máx				
Propiconazole II	Mín				
	Media	< LD	< LD	< LD	< LD
	Máx				
Bromopropilato	Mín				
	Media	< LD	< LD	< LD	< LD
	Máx				

(a) <LD: Menor al Límite de Detección, (\*) Una sola determinación.

**Análisis estadístico para sedimentos. Caracterización de la contaminación en los sitios de muestreo**

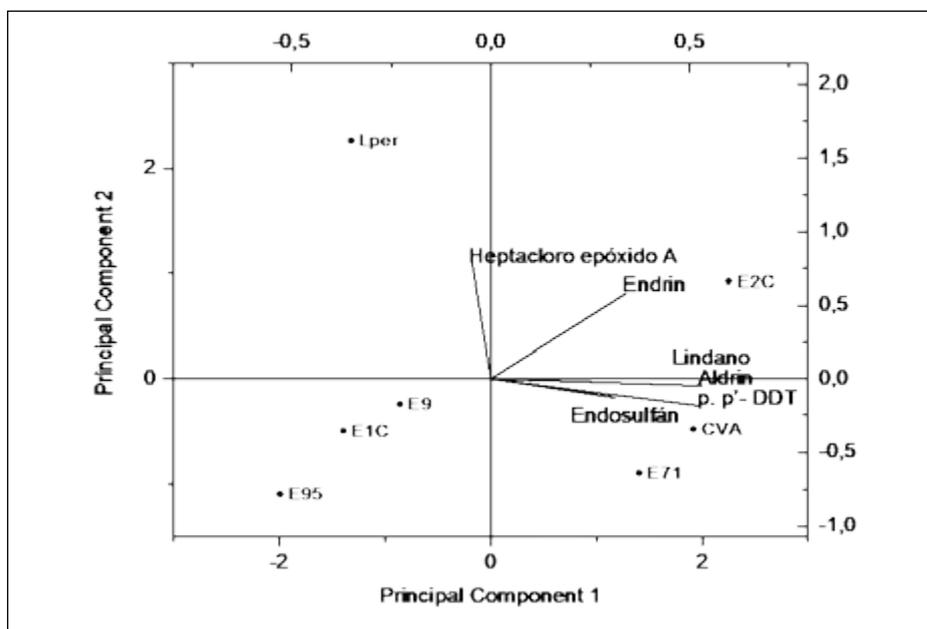
A fin de efectuar el análisis PCA para la caracterización de los sitios, con respecto a las muestras de sedimentos, se tuvo similar criterio para la incorporación de los plaguicidas en la matriz del programa estadístico; es decir, que se han tenido en cuenta los plaguicidas con mayores niveles residuales y ocurrencia en los diferentes muestreos, los cuales fueron los siguientes: lindano, aldrin, heptacloro epóxido A, endrin, endosulfán y p, p'- DDT.

Los resultados del análisis estadístico para los plaguicidas organoclorados en muestras de sedimentos se presentan en la tabla 18 y figura 6 en la que se describen los componentes principales que explican la variabilidad de los datos en un 93,63 %.

**TABLA 18.** Análisis de componentes principales de plaguicidas organoclorados en sedimentos. Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

	Comp 1	Comp 2	Comp 3
<b>Autovalor</b>	3,18	1,41	1,02
<b>Varianza (%)</b>	53,06	23,58	16,99
<b>Lindano</b>	<u>0,48</u>	0,01	<u>-0,51</u>
<b>Aldrin</b>	<u>0,53</u>	- 0,05	- 0,18
<b>Heptacloro epóxido A</b>	- 0,05	<u>0,78</u>	0,18
<b>Endrin</b>	0,34	<u>0,58</u>	- 0,01
<b>Endosulfán</b>	0,31	- 0,13	<u>0,80</u>
<b>p, p'- DDT</b>	<u>0,53</u>	- 0,18	0,19

Subrayado: coeficiente correlación > 0,4.



**FIGURA 6.** Diagrama de dispersión de los sitios y pesos del componente para plaguicidas organoclorados en sedimentos. Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

De acuerdo a los criterios adoptados, podemos observar que la contaminación de los sitios está representada por los siguientes plaguicidas en sedimentos.

- Lper (Playa Las Perdices): heptacloro epóxido A.
- E2C (Arriba desembocadura Itapeby): endrin y lindano.
- E71 (Guauguaycito Chico) y CVA (Cañada Viejo Águila): endosulfán, p, p'- DDT.
- E1C (Represa Centro), E9 (Itapeby Centro) y E95 (La Toma- Margen Izquierdo): sin caracterización.

Los residuos de estos plaguicidas en los sedimentos tiene causales diversas y éstas pueden estar relacionadas a la persistencia en el medio debido a sus características fisicoquímicas tendiendo a acumularse en el suelo, especialmente cuando los tratamientos en los cultivos se repiten año tras año.

El análisis estadístico de componentes principales (PCA) para la caracterización de la contaminación de los sitios, respecto a los plaguicidas del grupo (b) no se ha efectuado ya que los datos disponibles son considerados insuficientes. Sólo podemos indicar que se ha detectado clorpirifos en los siguientes E1C (Represa Centro) y E71 (Guauguaycito Chico).

En el E9 (Itapeby Centro) el clorpirifos es el de mayor nivel, aunque también se ha detectado diazinón, fenitrotión, triadimefon y penconazole en bajos niveles.

### Conclusiones

En la tabla 19 se presentan los resultados de la caracterización de la contaminación de los sitios muestreados, según las matrices evaluadas en los mismos. La referencia (SC\*) indica que no existe un plaguicida determinado que caracterice la contaminación. Esto significa que si bien durante el muestreo se han observado diferentes plaguicidas, ninguno de ellos en particular caracteriza el sitio.

**TABLA 19.** Caracterización de la contaminación en los sitios de muestreo. Monitoreo 2012-2016. Región de Salto Grande.

SITIOS DE MUESTREO	MATRICES		
	AGUA	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SEDIMENTOS
<b>MC:</b> Monte Caseros.	diazinon y propiconazole.	SC	SD
<b>MO:</b> Mocoretá.	diazinon y propiconazole	SC	SD
<b>SA:</b> Canal Santa Ana/ Federación.	propiconazole y malation.	SC	SD
<b>E2C:</b> Arriba desembocadura Itapeby.	transclordano y ethión.	p, p'-DDT y diazinon	endrin y lindano
<b>E9:</b> Itapeby Centro.	endosulfan, dieldrin, ethion y triadimefon.	p, p'-DDT propiconazole, clorpirifos, bromopropilato, y ethión.	SC
<b>E71:</b> Guauguaycito Chico.	aldrin y malatión	endrin, heptacloro epóxido A y endosulfan	endosulfan y p, p'-DDT
<b>E95:</b> La Toma – Margen Izquierdo.	miclobutanil y bromopropilato	p, p'-DDT, malatión y miclobutanil.	SC
<b>E1C:</b> Represa Centro.	endosulfan, dieldrin, miclobutanil y bromopropilato	p, p'-DDT, malatión y miclobutanil.	SC
<b>E11:</b> Aguas abajo de la Represa.	p, p'-DDT y transclordano.	SC	SD
<b>CVA:</b> Cañada Viejo Águila	SD	SD	endosulfán, y p, p'- DDT.
<b>Lper:</b> Playa Las Perdices.	SD	SD	heptacloro epóxido A.

**SD:** sin datos, **SC\*:** sin caracterizar (no existe un plaguicida determinado que caracterice la contaminación).

La presencia de estos plaguicidas en las diferentes matrices de los sitios evaluados puede deberse a múltiples causas y por diversos factores que interaccionan entre sí, por lo que la contaminación de los cauces de agua resulta afectada por múltiples y complejas causales.

Teniendo en cuenta que el destino de los contaminantes en los sistemas acuáticos superficiales está fundamentalmente gobernado por los procesos de lluvia-escorrentía, los datos de precipitaciones en las fechas de muestreo es un factor importante a tener en cuenta para la interpretación y conclusiones del presente monitoreo. Los datos de precipitación efectiva durante los 30 días previos a cada muestreo fueron obtenidos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA-Uruguay).

De los resultados obtenidos en los muestreos podemos concluir que las fechas en las que se han detectado el mayor número y los más altos niveles de diversos plaguicidas son coincidentes con las mayores precipitaciones reportadas; lo que nos permite concluir que este factible incremento de transporte de contaminantes hacia los cuerpos de aguas superficiales se deba a estos procesos.

Algunos de estos plaguicidas son de lenta degradación y pueden permanecer activos por periodos relativamente largos, agravando el problema.

Los compuestos organoclorados han sido los plaguicidas más ampliamente utilizados, aunque en la actualidad su uso está restringido o en algunos casos prohibidos, estos aún están en el ambiente, donde se distribuyen en los distintos compartimientos y están sujetos a procesos de bioacumulación y/o degradación. La estructura química de estos compuestos les confiere una alta estabilidad física y química y estas características favorecen su persistencia en el ambiente y su lenta biodegradabilidad. Los plaguicidas que caracterizan la contaminación en los sólidos suspendidos son, en su mayoría, los detectados en agua superficial y su presencia es debida a los mismos orígenes y similares mecanismos de transporte.

La presencia de plaguicidas en las diferentes matrices también está relacionado con los valores de las  $K_{ow}$  o coeficiente de reparto octanol-agua de cada uno de ellos que marca la tendencia de su distribución en el tiempo. El octanol al ser un compuesto orgánico simula el *material lipídico* de la biota, o el de partículas y sedimentos orgánicos.

Un valor bajo de  $K_{ow}$  indicaría la probable movilidad y transporte de ese material por su buena solubilidad, y fácil metabolización y *biodegradación*, es decir hay que esperar una escasa *bioacumulación*. Por el contrario, un alto valor de  $K_{ow}$  indicaría una posible adsorción en tejidos grasos, suelo y sedimentos. Por lo tanto, es probable la *bioconcentración* o bioacumulación. Su escasa movilidad favorece la toxicidad de estas sustancias. Sin embargo muchos autores indican que los procesos de adsorción de los plaguicidas en los suelos y sedimentos se pueden explicar mejor a través de modelos basados en la isoterma de Freundlich.

La alta ocurrencia de plaguicidas organoclorados en los diversos sitios de muestreo es factible dado a que son compuestos de aplicación en cultivos, tales como: cítricos, frutales, olivo, viñedo, maíz, sorgo, caña de azúcar, soja, lino y girasol, entre otros, mucho de estos presentes en zonas aledañas de la región. Similares causas pueden establecerse respecto de la presencia de plaguicidas organofosforados o el bromopropilato, ya que este último es utilizado para controlar a las especies que se han hecho resistentes a los acaricidas organofosforados y organoclorados en los cultivos de citrus, frutales de carozo, vid, entre otros.

Los triazoles son compuestos estables y se degradan muy lentamente en el suelo y sistemas acuáticos. Los plaguicidas triazólicos tales como el propiconazole, triadimefon y miclobutanil, son de reciente aplicación en los cultivos de arándanos y citrus fundamentalmente, por lo que su presencia está relacionada a estas actividades agrícolas de la región. Además, estos fungicidas son también aplicados en cosecha en los empaques y/o al ingreso de frutas a la industria. Cabe destacar que en nuestra región no sólo existen grandes extensiones de cultivos cítricos y de arándanos, sino que se encuentran radicados diversos empaques e industrias, los que contribuirían factiblemente con las contaminaciones observadas.

Los resultados obtenidos de los analitos evaluados han sido comparados con datos históricos de la región, pudiéndose observar ciertas similitudes con respecto a la gran diversidad de plaguicidas encontrados en los diferentes sitios de muestreos y épocas del año; es así que los insecticidas de mayor presencia son concordantes y han sido los organoclorados, entre los que se destacan: endosulfán, aldrin, lindano, heptacloro epóxido, dieldrin y algunos compuestos fosforados tal como el malatión. Sin embargo, no se observan en los datos de referencia la presencia de triazoles y/o estrobirulinas, posiblemente debido a que dichos plaguicidas son de uso reciente en los cultivos (CTM, 1988; CARU, 1994).

Según la información disponible respecto a los criterios de calidad de agua superficial destinada a la producción de agua potable y preservación de la vida acuática establecidos por los siguientes organismos de aplicación: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) de la república Argentina, al igual que otros organismos internacionales de referencia como la Comunidad Económica Europea (CEE) o la Agencia de protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), podemos concluir que:

a) Los siguientes plaguicidas superan los niveles guía de calidad de agua para fuentes de bebida humana con tratamiento convencional, según lo establecido por la Ley de Residuos Peligrosos 24051: aldrin, clordano, dieldrin, endrin y heptacloro epóxido. Los niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática son superados por los plaguicidas antes mencionados y además por: lindano, DDT, endosulfán y malatión (SAyDS, 1993).

b) Según la Legislación de la CEE se superan en uno de los sitios de muestreos durante la campaña de monitoreo los valores indicados como estándares, cuando se considera la sumatoria de lindano, dieldrin y paration de 2500 ng/litro en agua superficial destinada a la producción de agua potable (CEE, 1975).

c) De acuerdo a la EPA, los plaguicidas que han superado los niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática son: endosulfán, clorpirifós, diazinón, dieldrin, endrin y heptacloro epóxido, transclordano (EPA, 2013).

En la tabla 20 se presenta un resumen de las legislaciones consultadas respecto a los niveles guías.

**TABLA 20.** Legislación de niveles guías para calidad de aguas expresados en ng de plaguicidas/litro.

<b>Plaguicidas/ Legislación</b>	<b>CEE</b>	<b>EPA</b>	<b>SAyDS</b>	
	<b>Fuentes de agua de bebida humana con tratamiento convencional</b>	<b>Protección de vida acuática</b>	<b>Fuentes de agua de bebida humana con tratamiento convencional</b>	<b>Protección de vida acuática</b>
<b>Lindano+Paration+Dieldrin</b>	2500	SD	SD	SD
<b>Aldrin</b>	SD	3000	30	4
<b>Lindano</b>	SD	950	3000	10
<b>Clordano</b>	SD	2400	300	6
<b>Endrin</b>	SD	86	200	2,3
<b>Heptacloro epóxido</b>	SD	520	100	10
<b>Endosulfán</b>	SD	220	138000	20
<b>Dieldrin</b>	SD	240	30	4
<b>DDT</b>	SD	1100	1000	1
<b>Diazinón</b>	SD	170	20000	SD
<b>Clorpirifós</b>	SD	83	90000	SD
<b>Malatión</b>	SD	SD	190000	100

SD: Sin Datos

Se considera relevante disponer de la información actualizada respecto de la caracterización de la contaminación en el cauce del Embalse Salto Grande. La comparación de los valores obtenidos con niveles guías de calidad de agua ha contribuido al diagnóstico de la situación en la región y a la toma de decisiones para el control y vigilancia de la contaminación. Sin embargo, teniendo en cuenta que dicha fuente es utilizada para agua de bebida humana, previo tratamiento convencional, se han propuesto y desarrollado en el presente trabajo alternativas en los procesos de potabilización para la remoción de los plaguicidas a fin de minimizar la contaminación.

## Bibliografía

- 1- Alegria, H.; Bidleman, T.F. & Figueroa, M.S. (2006). Organochlorine pesticides in the ambient air of Chiapas, Mexico. *Environmental Pollution*, 140, 483-491.
- 2- APHA (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters*, 20th Ed. American Public Health Association, the American Water Works Association (AWWA), and the Water Environment Federation (WEF).
- 3- Badii, M.H. & Landeros, J. (2007). Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. *CULCyT//Toxicología de Plaguicidas*, 19, 21-34.
- 4- Barceló, D. (2008). Aguas continentales. Gestión de recursos hídricos, tratamiento y calidad del agua. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Informes CSIC.
- 5- Bruno, A. (2008). Coyuntura Agropecuaria. Estimación de los efectos ambientales y socioeconómicos del uso de plaguicidas. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. República Oriental del Uruguay.
- 6- Carriquiriborde P., Díaz J., Mugni H., Bonetto C. & Ronco A.E. (2007). Impact of cypermethrin on stream fish populations under field use in biotec-soybean production. *Chemosphere*, 68, 613-621.
- 7- CARU. (1994). Siete años de estudio en calidad de aguas en el Río Uruguay. Publicaciones de la Comisión Administradora del Río Uruguay. Serie de divulgación N°2.
- 8- CEE, 1975. Directiva 75/440/CEE relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los Estado miembros. DO nú L 194 de 25. 7. 1975, p. 26.
- 9- Colombo, J.C.; Cappelletti, N.; Williamson, M.; Migoya, M.C.; Speranza, E.; Sericano, J. & Muir, D.C.G. (2011). Risk ranking of multiple-POPs in detritivorous fish from the Río de la Plata. *Chemosphere* 83, 882–889.
- 10- Costa, J.L.; Aparicio, V.; Zelaya, M.; Gianelli, V. & Bedmar, F. (2010). Transporte de glifosato en el perfil de un suelo del sudeste bonaerense. En *Aspectos Ambientales del Uso de Glifosato*. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 95-101.
- 11- Costagliola, M.; Seigneur, G. & Jurquiza, V. (2003). Estudios químicos y bacteriológicos del Río Baradero (Argentina): Calidad sanitaria del agua y aptitud de los peces para consumo humano. INIDEP. Informe Técnico 50. ISSN 0327-9642.
- 12- CTM. (1988). Informe final del proyecto; estudio sobre plaguicidas en el embalse de Salto Grande, período 1987. Buenos Aires; INCYTH/CTM.
- 13- Davis, J.A.; Hetzel, F.; Oram, J.J.; McKeeet, L.J.; (2007). Polychlorinated biphenyls (PCBs) in San Francisco Bay. *Environ Res*, 105, 67 - 86.
- 14- Dejaegher, B. & Vander Heyden, Y. (2007). Ruggedness and robustness testing. *Journal of Chromatography A*, 1158, 138-157.
- 15- EPA (2013). *National Recommended Water Quality Criteria*. United States - Environmental Protection Agency.
- 16- "<http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/current/index.cfm#cmc>" Consultado: 2014.

- 17- Feinberg, M. (2007). Validation of analytical methods based on accuracy profiles. *Journal of Chromatography A*, 1158, 174-183.
- 18- González Martín, P.; Díaz de Pascual, A.; Torres Lezama, E. & Garnica Olmos, E. (1994). Una Aplicación del Análisis de Componentes Principales en el Área Educativa. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales. *Revista Economía*, 9, 55-72.
- 19- Guo, L.; Qiu, Y.; Zhang, G.; Zheng, G.J.; Lam, P.K.S. & Li, X. (2008). Levels and bioaccumulation of organochlorine pesticides (OCPs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in fishes from the Pearl River estuary and Daya Bay, South China. *Environ Pollut*, 152, 604 - 11.
- 20- Hellar-Kihampa, H.; De Wael, K.; Lugwisha, E.; Malarvannan, G.; Covaci, A.; Van Grieken, R. (2013). Spatial monitoring of organohalogen compounds in surface water and sediments of a rural–urban river basin in Tanzania. *Science of the Total Environment*, 447, 186 – 197.
- 21- Hill, M & Cléricsi, C. (2008) FPTA 171 Residualidad de agroquímicos en arroz. *Revista ARROZ. Asociación de Cultivadores de Arroz*. 43, 22-28.
- 22- Ibarra Cecena, M.G. & Corrales Vega, D. (2011). Agricultural chemicals and its impact on the quality of water resources: the case of the Valley of Carrizo, Sinaloa, Mexico. *AQUA mundi*, Am04037, 157 – 162.
- 23- INIA (2014). GRAS - Agroclima y Sistemas de Información. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria - Uruguay.
- 24- <http://www.inia.org.uy/online>. Consultado: 2014.
- 25- Konstantinou, I.K. ; Hela, D.G. & Albanis, T.A. (2006). The status of pesticide pollution in surface waters (rivers and lakes) of Greece. Part I. Review on occurrence and levels. *Environmental Pollution*, 141, 555 – 570.
- 26- Masson, P. (2007). Quality control techniques for routine analysis with liquid chromatography in laboratories. *Journal of Chromatography A*, 1158, 168-173.
- 27- MGAP (2013). Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. República Oriental del Uruguay. Área de encuestas y métodos estadísticos. Encuesta Agrícola “Invierno 2013”.
- 28- Míguez, D. (2007). Breve reseña sobre el Río Uruguay. Publicación Anual del Laboratorio Tecnológico del Uruguay. N° 2 – INN-TEC.
- 29- Natale, G. & Ronco, A. (2003). Impacto del uso de pesticidas asociado a la siembra directa sobre especies no-blanco: Anuros autóctonos. *Memorias Conferencia Internacional Usos del Agua, Agua 2003, Cartagena de Indias*, 36-39.
- 30- Peluso, L.; Abelando, M. Apartín, C.D.; Almada, P. & Ronco, A.E. (2013). Integrated ecotoxicological assessment of bottom sediments from the Paraná basin, Argentina. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 98, 179–186.
- 31- Prospero, C; Rodríguez, C; Pierotto, M; Mancini, M; Daga, C; Gonella, M & Rincón, A. (2003). Evaluación de la Contaminación y Eutrofización de Aguas Superficiales de la Provincia de Córdoba.
- 32- RAP-AL Uruguay. (2010). Red de Acción en Plaguicidas y sus alternativas para América Latina. Contaminación y eutrofización del agua. Impactos del modelo de agricultura industrial. ISBN: 978-9974-8029-7-1.
- 33- Ronco, A.E. (2010). Impacto de plaguicidas en ambientes acuáticos pampeanos: Integración de estudios químico ecotoxicológicos en experimentos de campo y laboratorio, con especial énfasis al caso del glifosato. En *Aspectos Ambientales del Uso de Glifosato*. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 85-94.
- 34- SAGPyA (2003). Estado Río Grande del Sur y Centro de Socioeconomía y Planeamiento Agrícola. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Agronegocios.
- 35- Salas, H.J. & P. Martino. (2001). Metodologías simplificadas para la evaluación de la eutrofización en lagos cálidos tropicales. Programa Regional CEPIS/HPE/OPS.

- 36- Salto Grande (2013). Río Uruguay. “[http://www.saltogrande.org/rio\\_uruguay.php](http://www.saltogrande.org/rio_uruguay.php).” Consultado: 2014.
- 37- Sasal, C.; Andriulo, A.E.; Wilson, M.G. & Portela, S.I. (2010). Pérdidas de Glifosato por Drenaje y Escurrimiento y Riesgo de Contaminación de Aguas. En Aspectos Ambientales del Uso de Glifosato. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 101-114.
- 38- SAyDS (1993). Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Niveles Guía de Calidad del Agua para fuentes de agua de bebida humana con tratamiento convencional y Niveles Guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Agua dulce superficial - Anexo II del Decreto Reglamentario 831/93 de la Ley de Residuos Peligrosos N° 24.051.
- 39- SAyDS (2007). Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable: Asociación Argentina de Médicos por el Medio Ambiente: Organización Panamericana de la Salud. La problemática de los agroquímicos y sus envases, su incidencia en la salud de los trabajadores, la población expuesta por el ambiente. 1a ed. Buenos Aires. ISBN 978-987-96256-7-5.
- 40- SIIA (2007). Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Ministerio de Producción, Trabajo y Turismo de la provincia de Corrientes. Estadísticas Agrícolas.
- 41- Tang, X.; Zhu, B. & Katou, H. (2012). A review of rapid transport of pesticides from sloping farmland to surface waters: Processes and mitigation strategies. *Journal of Environmental Sciences*, 24, 351 – 361.
- 42- USEPA (2001). The Incorporation of Water Treatment Effects on Pesticide. Removal and Transformations in Food Quality Protection. Act (FQPA) Drinking Water Assessments. Office of Pesticide Programs (OPP). United States Environmental Protection Agency. Washington, D.C. 20460.

**PID 8064 Denominación del Proyecto**

Evaluación de contaminantes químicos y biológicos en el Embalse de Salto Grande y metodologías de remoción en los procesos de potabilización

**Directora del proyecto**

MONTTI, María Isabel Tatiana

**Co-Directora**

VISCIGLIO, Silvia Beatriz

**Unidad Ejecutora**

Facultad de Ciencias de la Alimentación (UNER)

**Dependencia**

Universidad Nacional de Entre Ríos

**Integrantes del Proyecto**

RAVIOL, Fabricio H.; SUBOVICH, Gladys E.; MUNITZ, Martín S.; WILLIMAN, Celia; ROSALES, Ricardo J.; BORDET, Facundo H.; ALBERINI, Ivana C.; MARTINEZ, Horacio J.; ROUSSERIE, Hilda F.; SUAREZ, Gustavo D.

**Fechas de iniciación y de finalización efectivas**

12/12/2012 y 11/12/2016

Aprobación del Informe Final por Resolución C.S. N° 316/17  
(03/10/2017)

[«« VOLVER AL INICIO](#)