

# Evaluación de residuos de plaguicidas en peces y sedimentos de la cuenca de la Laguna del Sauce (Maldonado, Uruguay)

Lic. Franca Stábile

Orientadores: Dr. Franco Teixeira de Mello y Dr. Néstor Mazzeo  
Ecología, Conservación y Rehabilitación de ecosistemas acuáticos  
continentales. CURE, Maldonado.

[francastabile89@gmail.com](mailto:francastabile89@gmail.com)

- Agricultura moderna: altamente dependiente de plaguicidas
- Plaguicidas: sustancias químicas utilizadas para matar a todo ser vivo considerado plaga



# INTRODUCCIÓN



atmósfera (volatilización) y  
escorrentía





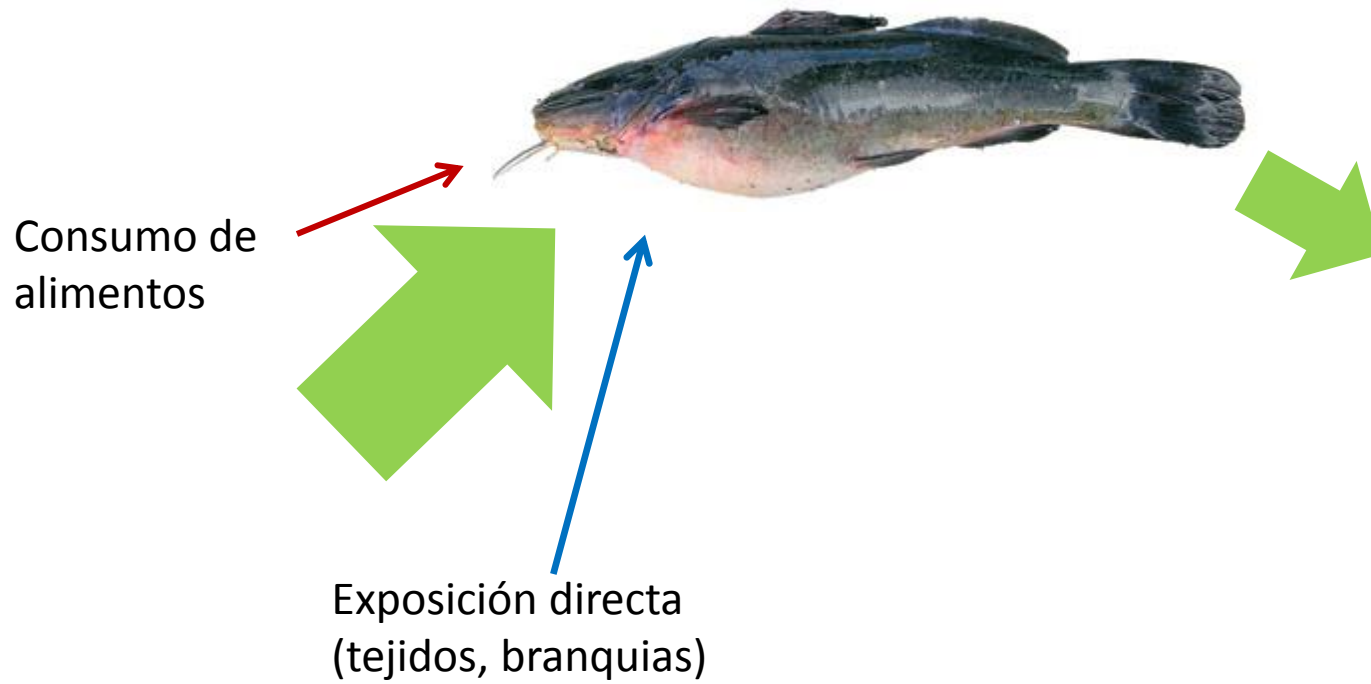
→ Los plaguicidas pueden localizarse en distintos compartimentos del sistema

- Dependiendo de sus características fisicoquímicas
- Dependiendo de las características del ambiente

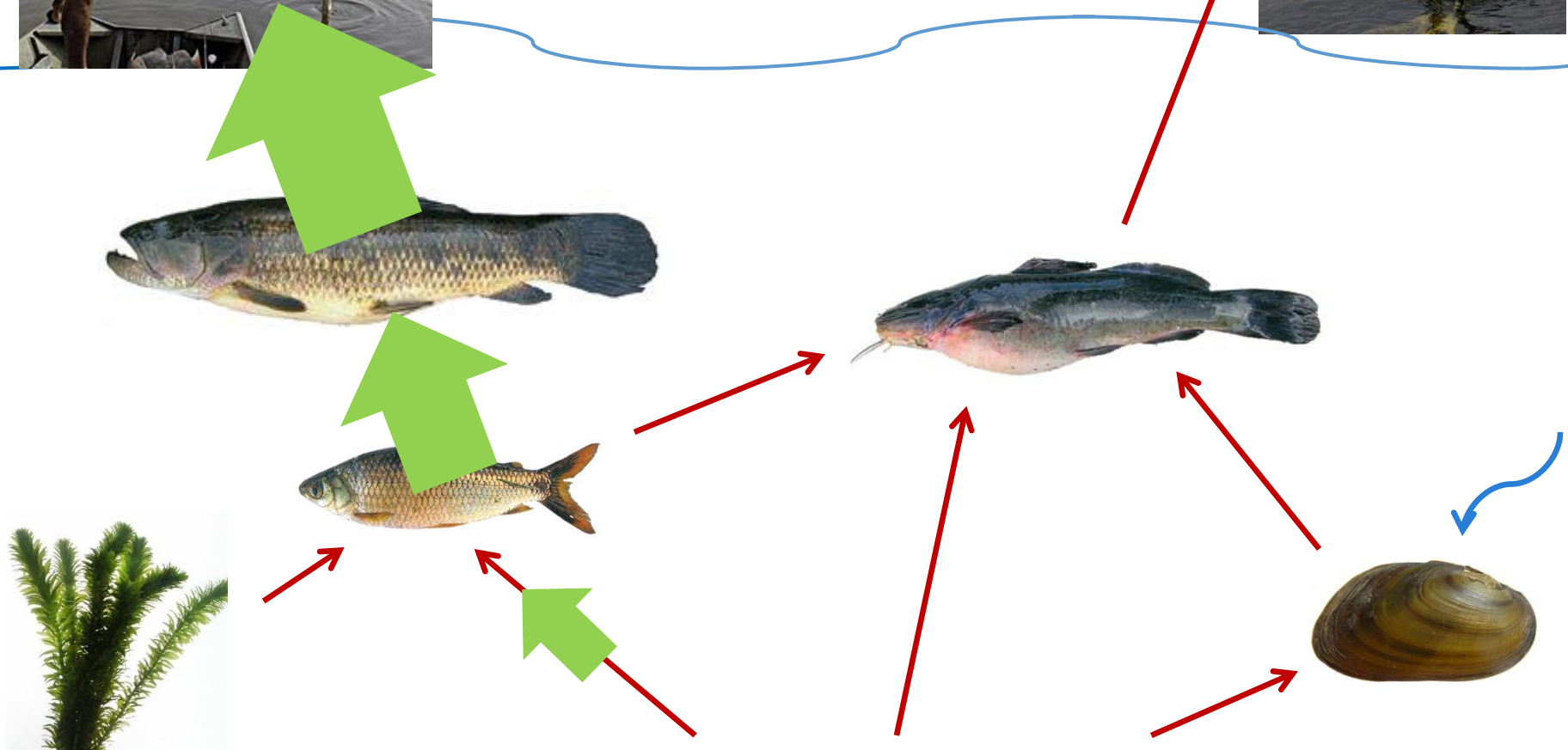
Plaguicidas en el ambiente y los organismos vivos → **Riesgo potencial**

- Para todo el ecosistema
- Para la salud humana
  - Consumo de peces, consumo de agua, exposición al ambiente en general

## BIOACUMULACIÓN



## BIOMAGNIFICACIÓN



(Conell, 1988)

## ¿Dónde?

- Sistema/cuenca



## ¿Cuándo?

- Momento de aplicación
- Tiempo de vida media
- Precipitaciones

## ¿Qué matrices muestrear?

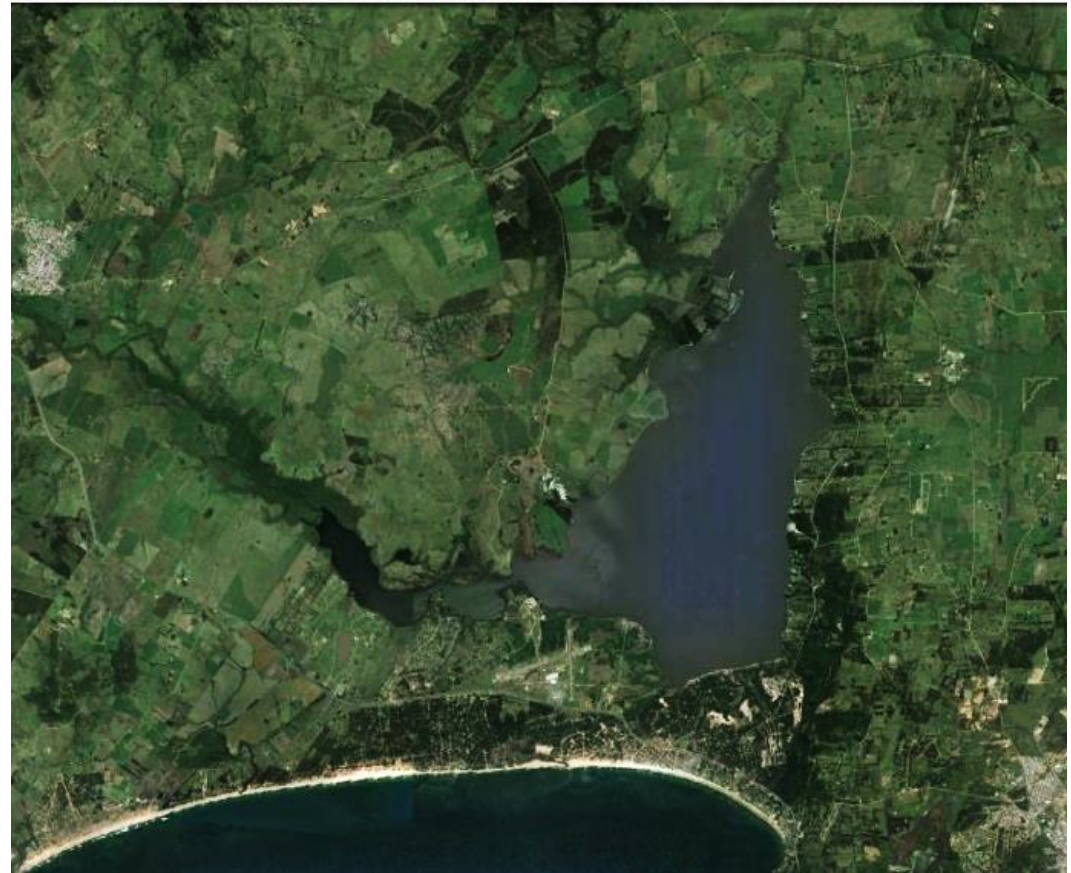
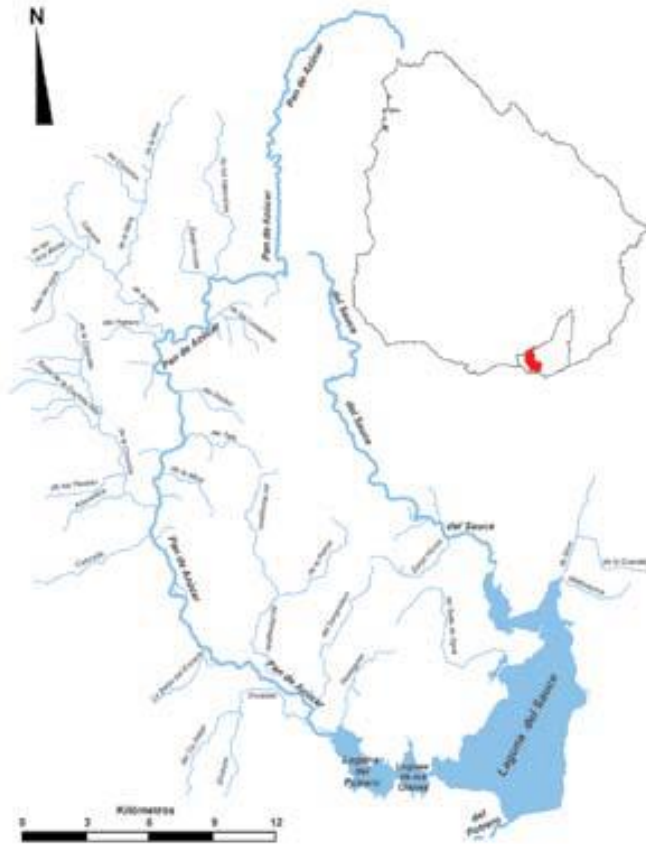
- Caract. Fq del compuesto y la matriz
- Complejidad analítica

- Análisis directo de plaguicidas, o sus metabolitos, en los organismos (por ej.: músculo de peces)



- Utilizados como bioindicadores de calidad de agua a nivel mundial
- Indicadores sensibles de la salud de los ecosistemas acuáticos y de los usos del suelo de la cuenca
- Reflejan el significado ecológico de la degradación ambiental





- Principal reservorio de agua para suministro de agua potable del Departamento de Maldonado
- Único cuerpo de agua del país clasificado como Clase 1 del Decreto 253/79

# FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVO GENERAL

- Intensificación del desarrollo de la agricultura y forestación de la cuenca
- 2011: actividad agrícola y forestal → 22,3% del área de la cuenca
- En agua: clorpirifos, glifosato y AMPA en laguna y tributarios (OSE-UGD. 2014-2016)
- En sedimentos: glifosato en las tres lagunas (OSE-UGD. Oct 2015)
- Riesgos de contaminación de agua, biota y población local

(Anuario estadístico agropecuario, 2012; Beder et al., 2013; Rodríguez et al., 2010)

Evaluar la concentración de plaguicidas en la cuenca de la Laguna del Sauce a través de su medición directa en peces y sedimentos

1. Determinar cuáles son los principales usos del suelo en la cuenca de la Laguna del Sauce y los plaguicidas mayormente utilizados.
2. Evaluar la concentración de plaguicidas en peces y sedimentos, en diferentes puntos de la Laguna y su relación con el nivel trófico de las especies de peces.
3. Definir especies modelo para biomonitoreo de plaguicidas.

Conocimiento de los usos  
del suelo en la cuenca

Colaboración con la Cátedra de  
Farmacognosia de la Facultad de Química



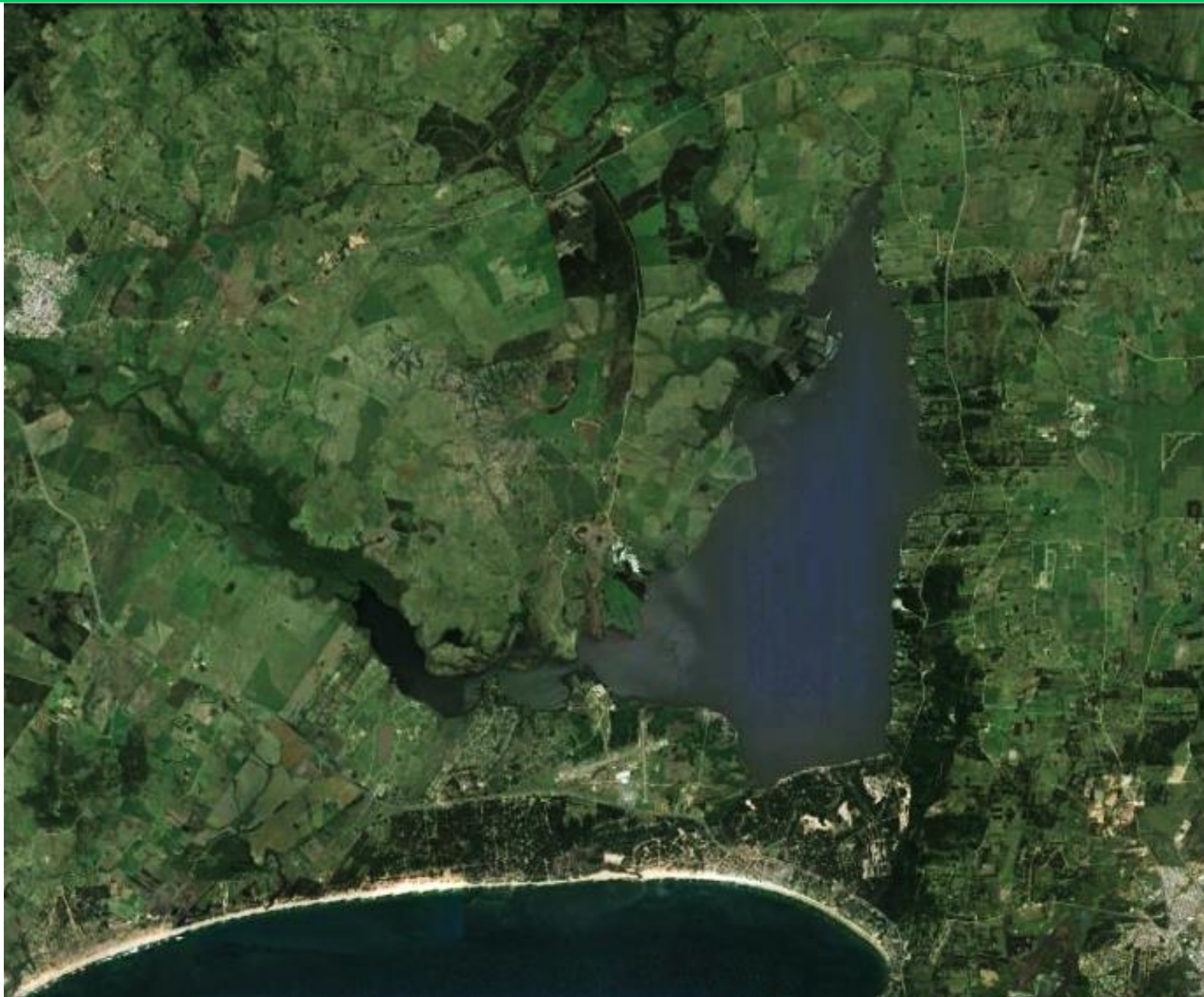
**Plaguicidas a ser  
analizados**



- 103 compuestos en total
- LC – MS: Cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas
- GC – MS: Cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas
- GC – ECD: Cromatografía de gases con detector de captura de electrones

LC-MS	GC-MS	GC-ECD
2,4-DMA	Alaclor	4,4' DDE
Acephate	Azinphos methyl	4,4' DDD
Acetamiprid	Bromopropilate	4,4' DDT
Alaclor	Buprofezin	Aldrin
Ametrina	Chlorfenvinphos	Acetochlor
Amitraz	Chlorothalonil	Alfa HCH
Atrazina	Chlorpyrifos	Delta HCH
Azinphos methyl	Chlorpyrifos methyl	Diclorobenceno
Azoxistrobyn	Coumaphos	Dicofol
Bifenthrin	Cyfluthrin	Diendrin
Bispiribac	Cyhalofop-butil	Endosulfan
Boscalid	Cypermethrine	Endosulfan Sulfato
Carbaryl	Deltamethrin	Endrin
Carbendazim	Diazinon	Gamma HCH
Carbofuran	Ethion	Heptaclor
Chlorpyrifos	Fenhexamid	Hexaclorobenceno
Chlorpyrifos methyl	Fenthion	Methoxyclor
Clomazone	Fenvalerate	Metolachlor
Cyhalofop-butil	Fipronil	Mirex
Cyproconazole	Folpet	Pentacloro fenol
Dicamba	Iprodione	
Difenoconazole	Kresoxim-methyl	
Dimethoato	Lambda-Cyhalothrin	
DMPF	Orthophenylphenol	
Epoxiconazole	Parathion ethyl	
Fenvalerate	Parathion methyl	
Flusilazole	Pyriproxifen	
Flutriafol	Tau-Fluvalinate	
Hexythiazox	Tetradifon	
Imazalil	Trifloxystobin	
Imazapir	Trifluralin	
Malaoxon	Vinclozolin	
Malathion		
Metalaxyl		
Methamidofphos		
Methidathion		
Methiocarb		
Metolaclor		
Metoxifenozone		
Metribuzin		
Metsulfuron metil		

Pesticida	
1	Acetamiprid
2	Ametrina
3	Atrazina
4	Azoxistrobin
5	Carbaril
6	Carbofuran
7	Ciproconazol
8	Clomazone
9	Dimetoato
10	Flutriafol
11	Fluziazole
12	Hexitiazox
13	Imazalil
14	Malaoxon
15	Malation
16	Metalaxyl
17	Metidation
18	Metiocarb
19	Metolaclor
20	Metribuzin
21	Metsulfuron Metil
22	Penoxulam
23	Pirazosulfuron
24	Pirimifos metil
25	Propiconazol
26	Spiroxamine
27	Tebuconazol
28	Tiacloprid
29	Tiametoxam
30	Trifloxistrobin



N

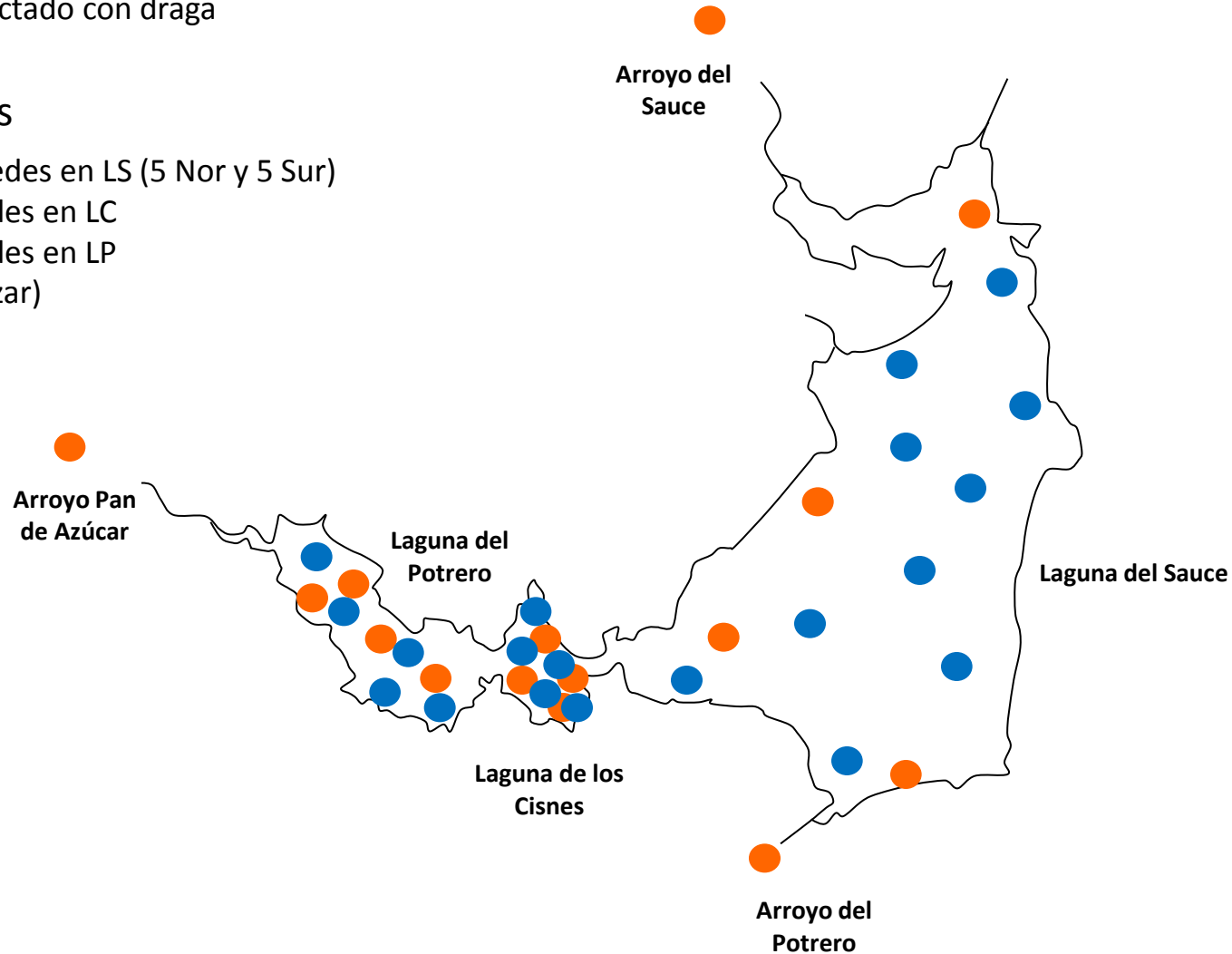
S

### ● Sedimento

- Colectado con draga

### ● Peces

- 10 redes en LS (5 Nor y 5 Sur)
- 5 redes en LC
- 5 redes en LP (al azar)



Abril y mayo del 2015



- Colectados con redes nórdicas multimalla (30 m de largo y 1.5 m de altura)
- Clasificados hasta nivel de especie, medidos y pesados

## Preparación de la muestra

- Pez parcialmente descamado y eviscerado, sin aletas
- 100 g de músculo
  - especies pequeñas → muestras integradas
  - especies grandes → muestras integradas (5 indiv.) cuando fue posible

Muestras de  
peces y  
sedimentos



Análisis del contenido de plaguicidas  
Grupo GACT, Cátedra de Farmacognosia, Facultad  
de Química, UDELAR.  
(Heinzen, Pérez y Alonso)



## SEDIMENTOS

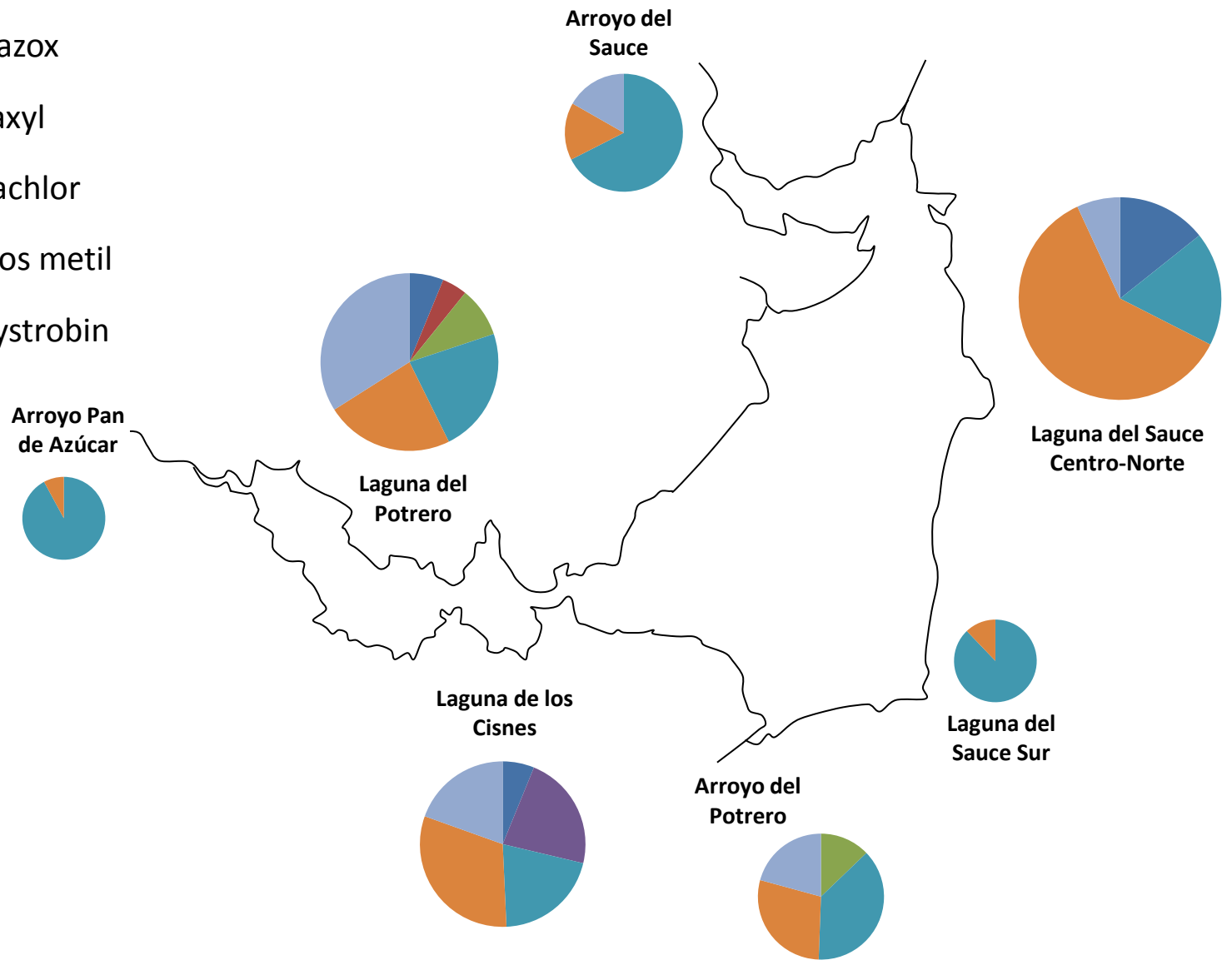
<i>N° muestras analizadas</i>	16
Atrazina	3
Azoxystrobin	1
Hexythiazox	2
Metalaxyl	2
Metolachlor	16
Pirimifos metil	12
Trifloxystrobin	9

---

## Límites de detección y cuantificación

SEDIMENTOS		LOD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	LOQ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
<i>N° muestras analizadas</i>	16		
Atrazina	3	0.337	8.98
Azoxystrobin	1	0.043	8.98
Hexythiazox	2	0.134	8.56
Metalaxyl	2	0.132	45.56
Metolachlor	16	0.038	9.35
Pirimifos metil	12	0.038	6.69
Trifloxystrobin	9	0.022	7.20

- Atrazina
- Azoxystrobin
- Hexythiazox
- Metalaxyl
- Metolachlor
- Pirimifos metil
- Trifloxystrobin



## PECES

*N° de spp analizadas*                      17

*N° muestras analizadas*                      57

Atrazina    21

Metalaxyl    15

Pyraclostrobin                                    2

Spiroxamine                                        1

---

## Límites de detección y cuantificación

PECES		LOD ( $\mu\text{g}/\text{Kg}$ )	LOQ ( $\mu\text{g}/\text{Kg}$ )
<i>N° de spp analizadas</i>	17		
<i>N° muestras analizadas</i>	57		
Atrazina	21	0.17	1.03
Metalaxyl	15	0.08	1.03
Pyraclostrobin	2	0.03	0.83
Spiroxamine	1	0.01	--

Especie	Laguna	Analizadas	Pesticidas detectados			
			Atrazina	Metalaxyl	Piraclostrobin	Spiroxamine
<i>Astyanax sp.</i>	Potrero	1				
	Cisne	2		1		
	Sauce	2	1			

Especie	Laguna	Analizadas	Pesticidas detectados			
			Atrazina	Metalaxyl	Piraclostrobin	Spiroxamine
<i>Astyanax sp.</i>	Potrero	1				
	Cisne	2		1		
	Sauce	2	1			
<i>Australoheros facetus</i>	Potrero	2		1		
<i>Bryconamericus iheringii</i>	Cisne	2	2			
	Sauce	1	1			
<i>Cyphocharax voga</i>	Potrero	1	1			
	Cisne	2	2	1		1
	Sauce	2	2			
<i>Characidium rachovii</i>	Potrero	1				
<i>Charax stenopterus</i>	Potrero	1		1		
<i>Diapoma terofali</i>	Potrero	1				
	Cisne	1	1			
	Sauce	2	2			
<i>Gymnotus omarorum</i>	Cisne	1				
<i>Hoplias malabaricus</i>	Potrero	4		2		
	Cisne	2		1		
<i>Hyphessobrycon meridionalis</i>	Potrero	1				
<i>Odonthestes sp.</i>	Potrero	2		1	1	
	Cisne	2		2		
	Sauce	2				
<i>Oligosarcus 2</i>	Potrero	1		1		
	Cisne	2				
<i>Oligosarcus jenynsii</i>	Potrero	1				
	Cisne	2				
	Sauce	2	1	1		
<i>Parapimelodus valenciensis</i>	Cisne	2	2			
	Sauce	2	2	1		
<i>Platanichtys platana</i>	Cisne	1				
	Sauce	4	3		1	
<i>Rhamdia quelen</i>	Potrero	2		1		
	Sauce	1	1			
<i>Steindachnerina biornata</i>	Potrero	1				
	Cisne	1		1		

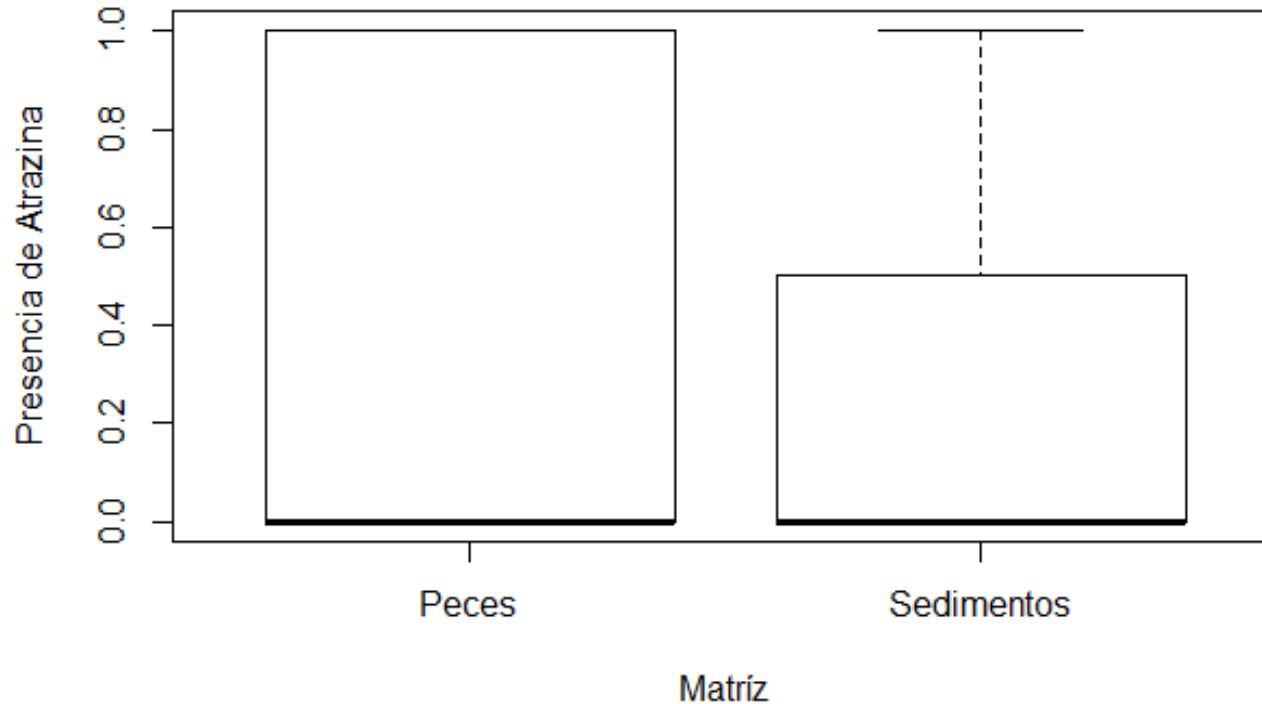
## *Especies candidatas para biomonitoreo...*

Especie	Laguna	Analizadas	Pesticidas detectados			
			Atrazina	Metalaxyl	Piraclostrobin	Spiroxamine
<i>Mojarra (B. iheringii)</i>	Cisne	2	2			
	Sauce	1	1			
<i>Sabalito (C. voga)</i>	Potrero	1	1			
	Cisne	2	2	1		1
	Sauce	2	2			
<i>Bagre (P. valencianis)</i>	Cisne	2	2			
	Sauce	2	2	1		
<i>Bagre negro (R. quelen)</i>	Potrero	2		1		
	Sauce	1	1			
<i>Tararira (H. malabaricus)</i>	Potrero	4		2		
	Cisne	2		1		



# RESULTADOS

## Presencia de Atrazina en ambas matrices



- Mayor presencia de atrazina en peces que en sedimentos ( $p < 0.05$ ) (GLM binomial)
- Caract. Físicoquímicas de la misma:
  - Solubilidad en agua: 34.7 mg/L a 26 °C (*Ward & Weber, 1968*)
  - log Kow = 2.61 (*Hansch et al. 1995*)

# RESULTADOS

Pesticidas	Tipo	Modo de acción	Ppales. Usos
Atrazina	Herbicida	Inhibidor del Fotosistema II	Control de malezas en diversos cultivos: maíz, sorgo, caña de azúcar, lino, pino, eucaliptus
Azoxystrobin	Funguicida	Inhíbe la respiración mitocondrial en hongos	Funguicida en mezcla, curasemilla. Cultivos de soja, cebada, trigo
Hexythiazox	Insecticida	Acaricida	Cultivos de manzana, durazno, citrus, frutilla, tomate, pepino
Metalaxyl	Funguicida	Inhíbe la síntesis de ARN	Funguicida en mezcla, curasemilla. Cultivos de soja, trigo, maíz, cebada, gramíneas forrajeras
Metolachlor	Herbicida	Inhíbe la mitosis, en consecuencia, la división celular en plantas	Cultivos de maíz, girasol, maní, soja, sorgo, forestales y otros
Pirimifos metil	Insecticida	Inhíbe la acetilcolinesterasa	Control de plagas de granos almacenados (trigo, maíz, cebada, avena, arroz)
Pyraclostrobin	Funguicida	Actúa sobre la cadena respiratoria en la mitocondria	Funguicida en mezcla. Cultivos de citrus, manzano, trigo, maíz y soja
Spiroxamine	Funguicida	Actúa en la ruta metabólica de los esteroides, inhibición de la C14 reductasa en la membrana celular del hongo, deteniendo su desarrollo	Cultivos de espárrago, cebolla
Trifloxystrobin	Funguicida	Interfiere en la biosíntesis de las membranas celulares del hongo	Funguicida en mezcla. Cultivos de trigo, cebada, soja, girasol, papa, cebada, arroz

# PERSPECTIVAS (con resultados parciales)

## *Recomendaciones para futuro monitoreo de plaguicidas en la Cuenca de la Laguna del Sauce*

### Frecuencia de muestreo

- Muestreo acoplado a la dinámica agrícola (3 muestreos al año):
  - preparación de la siembra de invierno
  - cosecha de cultivos de invierno y preparación de la siembra de verano
  - cosecha de cultivos de verano

### Sitios de muestreo

- En las tres lagunas del sistema
- En los afluentes y efluentes (los tres principales)...
- Posibilidad de agregar más puntos en la laguna o la cuenca

### Matrices a utilizar

- Sedimento
- Agua
- Peces

\*\*Bivalvos (aún es necesario poner a punto la técnica)



**Participaron de los muestreos:**

**Nestor Mazzeo, Guillermo Goyenola, Carlos Iglesias, Maite Burwood,  
Anahí Lopez, Clementina Calvo, Carmen Casas, Samanta Stebniki, Juan Clemente,  
Mariana Meerhoff, Juan P. Pacheco, Alejandra Kroger, Claudia Fosalba, Iván  
González, Franco Teixeira de Mello, Franca Stábile**

**Análisis de residuos de plaguicidas:**

**Horacio Heinzen, Andrés Pérez Parada, Beatriz Alonso**

# ¡MUCHAS GRACIAS!



**CSIC**  
COMISIÓN SECTORIAL DE  
INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

**ANII** AGENCIA NACIONAL  
DE INVESTIGACIÓN  
E INNOVACIÓN

**cap**  
comisión académica  
de posgrado  
universidad de la república

  
PEDECIBA