

Programa de Monitoreo de Plaguicidas en la cuenca del río San Salvador (Soriano)



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



CURE
Centro Universitario
Regional del Este



Técnicos participantes

Centro Universitario Regional del Este-Maldonado, UDELAR & FUNDACIBA

César Rodríguez-Bolaña
Giancarlo Tesitore
Martín Pacheco
Margenny Barrios
Eugenia Fontes
Emilia Heber
Juan Manuel Gutiérrez
Alejandra Kröger
Dalma Soñez
Franco Teixeira de Mello

Centro Universitario Regional del Este- Rocha, UDELAR

Andrés Pérez Parada

Facultad de Ciencias, UDELAR & FUNDACIBA

Sheena Salvarrey
Natalia Arbulo
Estela Santos
Eugenia Suárez
Yulai Ramos
Juan Pablo Burla
Mónica Remedios
Gabriela Bentancur
Pablo Juri
José Anzola
Ciro Invernizzi

Laboratorio Química, CENUR LN. Facultad de Química, UDELAR & FUNDACIBA

Silvina Niell
Fiamma Pequeño
Melina Dorrego
Pilar Jorcin
Martín Torino
Verónica Cesio
Horacio Heinzen

Laboratorio DINACEA-Ministerio de Ambiente

Natalia Barboza
Alejandro Mangarelli
Rodrigo Souza
Alfonso Rodriguez
Laura Diana
Valentina da Silveira
Vivian Muñoz

Ministerio de Ambiente División Calidad Ambiental (DINACEA)

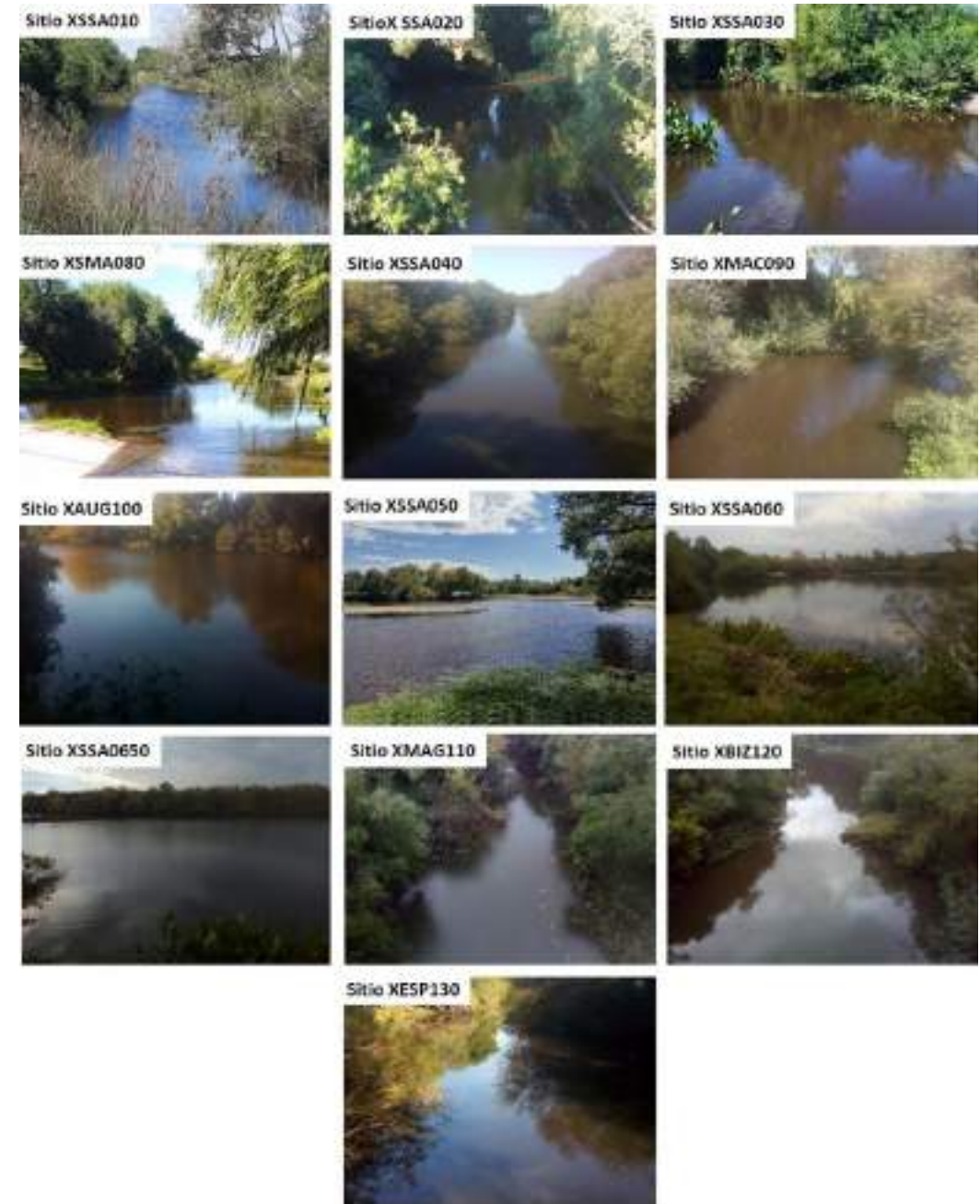
Carolina Ferrer
Belén Ocampo
Facundo Lepillanca
Lucía Gómez

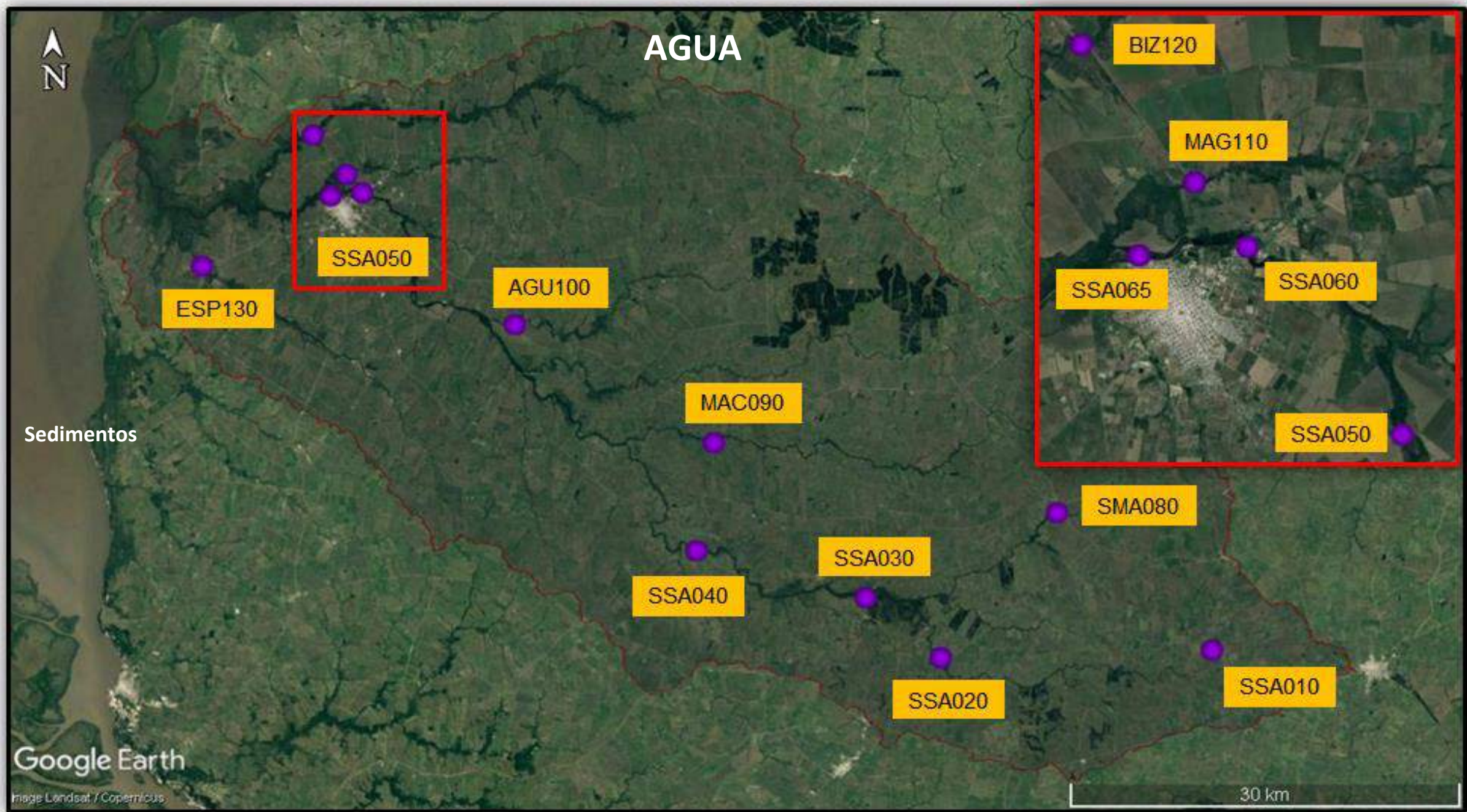
Medio Acuático

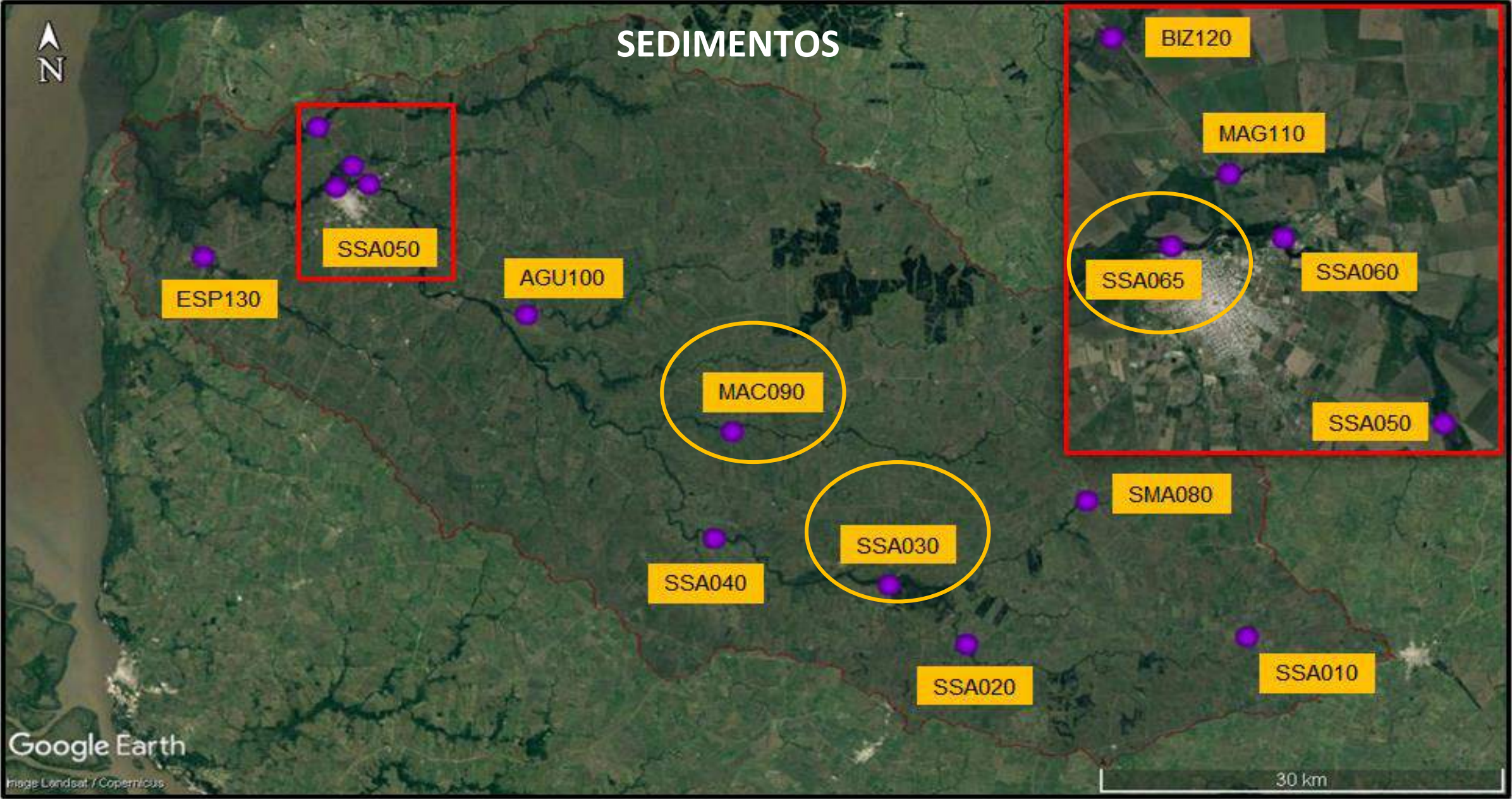
Sistema	Código del sitio	Zona	Coordenadas		Matrices			
			Latitud	Longitud	Agua	Sedim.	Bivalvos	Peces
Río San Salvador	XSSA010	Alta	33°51'27.17"S	57°30'5.37"O	X		X	X
Río San Salvador	XSSA020	Alta	33°51'36.96"S	57°43'37.49"O	X			
Río San Salvador	XSSA030	Alta	33°48'57.71"S	57°47'19.37"O	X	X	X	X
Arroyo San Martín	XSMA080	Alta	33°45'23.40"S	57°37'43.06"O	X		X	X
Río San Salvador	XSSA040	Media	33°46'47.89"S	57°55'42.66"O	X		X	X
Arroyo Maciel	XMAC090	Media	33°42'7.43"S	57°54'45.20"O	X	X	X	X
Arroyo el Águila	XAGU100	Media	33°36'49.97"S	58° 4'33.60"O	X		X	X
Río San Salvador	XSSA050	Baja	33°33'20.68"S	58° 9'49.07"O	X		X	X
Río San Salvador	XSSA060	Baja	33°30'58.17"S	58°12'2.69"O	X			
Río San Salvador	XSSA065	Baja	33°31'4.42"S	58°13'36.81"O	X	X	X	X
Arroyo Magallanes	XMAG110	Baja	33°30'9.12"S	58°12'48.22"O	X			
Arroyo Bizcocho	XBIZ120	Baja	33°28'24.78"S	58°14'26.20"O	X			
Arroyo Espinillo	XESP130	Baja	33°34'0.76"S	58°20'7.67"O	X		X	X

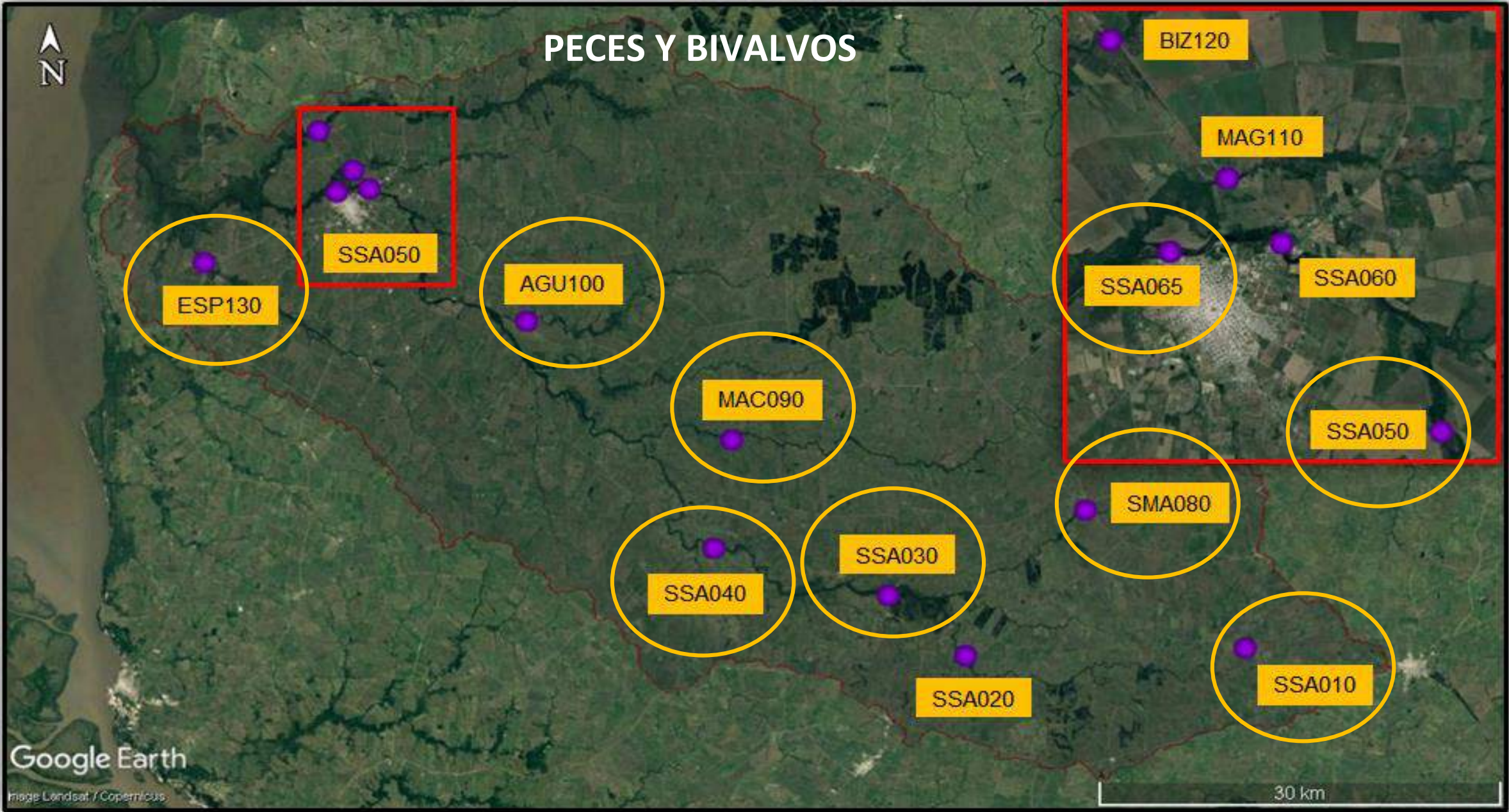
Total de Muestras: 448

52 12 146 158



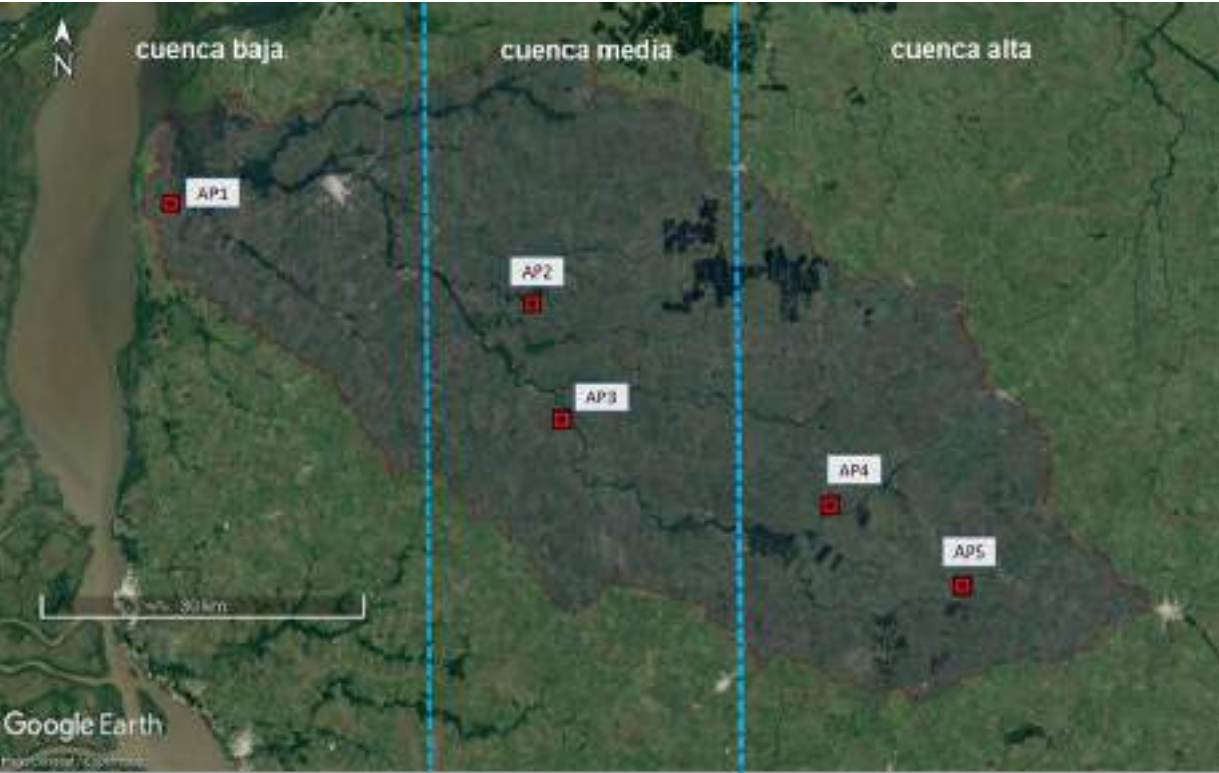






MEDIO TERRESTRE: FRECUENCIA TRIMESTRAL (4 MUESTREOS)

APIARIOS: Abejas, polen, miel y cera

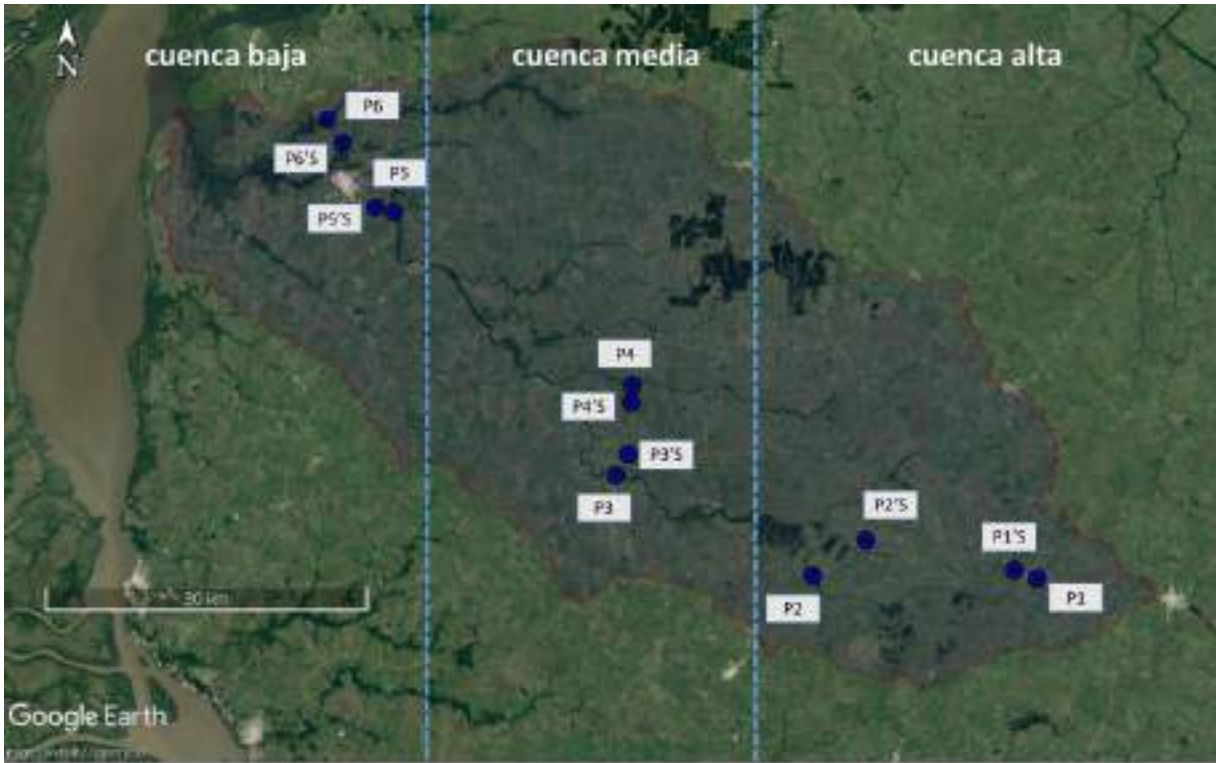


Zona de muestreo	Apiario	Zona UTM 21 H		Matriz evaluada	Código
		X	Y		
Baja	1	472024,26	6291802,20	Abeja	ZBA1OAb
	1	472024,26	6291802,20	polen	ZBA1OP
	1	472024,26	6291802,20	Miel	ZBA1OM
	1	472024,26	6291802,20	Cera	ZBA1OC
Media alejada	2	459671,56	6291700,78	Abeja	ZMA2OAb
	2	459671,56	6291700,78	polen	ZMA2OP
	2	459671,56	6291700,78	Miel	ZMA2OM
	2	459671,56	6291700,78	Cera	ZMA2OC
Media cercana	3	448500,66	6297082,6	Abeja	ZMA3OAb
	3	448500,66	6297082,6	polen	ZMA3OP
	3	448500,66	6297082,6	Miel	ZMA3OM
	3	448500,66	6297082,6	Cera	ZMA3OC
Alta alejada	4	449342,42	6301900,05	Abeja	ZAA4OAb
	4	449342,42	6301900,05	polen	ZAA4OP
	4	449342,42	6301900,05	Miel	ZAA4OM
	4	449342,42	6301900,05	Cera	ZAA4OC
Alta cercana	5	398066,13	6311353,38	Abeja	ZAA5OAb
	5	398066,13	6311353,38	polen	ZAA5OP
	5	398066,13	6311353,38	Miel	ZAA5OM
	5	398066,13	6311353,38	Cera	ZAA5OC

Total de Muestras: 80. 20 muestras por cada matriz

MEDIO TERRESTRE: FRECUENCIA TRIMESTRAL (4 MUESTREOS)

POLINIZADORES



Sitio	Zona	Zona UTM 21 H	
		X	Y
Punto 1	Alta	472024,26	6291802,20
Punto 1'Soja		470895,09	6292057,19
Punto 2		459671,56	6291700,78
Punto 2'Soja		462578,73	6293795,78
Punto 3	Media	448500,66	6297082,6
Punto 3'Soja		414162,58	6263007,17
Punto 4		449342,42	6301900,05
Punto 4'Soja		449327,92	6300409,84
Punto 5	Baja	398066,13	6311353,38
Punto 5'Soja		396673,89	6311503,87
Punto 6		393663,37	6316792,85
Punto 6'Soja		393663,37	6316792,85



PRINCIPALES RESULTADOS



MATRIZ AGUA

Dominante: FO > 75 %
Frecuente: 75 % > FO > 50 %
Ocasional: 50% > FO > 25 %
Raro: FO < 25 %

	USO	OC	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero
Atrazina desetil	P.d	D	100	100	100	100
Azoxiesterobina	F	D	100	92,3	100	100
Ciproconazol	F	D	100	100	100	100
Clorantraniliprol	I	F	100	100	100	
Imidacloprid	I	R	100			
Metolaclo	H	D	100	100	100	100
Tiametoxam	I	D	100	100	84,6	53,8
2-fenilfenol	F	R	92,3			
Epoxiconazol	F	D	92,3	23,1	46,2	7,7
Metoxifenocida	I	D	92,3	84,6	30,8	46,2
Atrazina desisopropil	P.d	D	84,6	76,9	100	100
Metribuzina	H	D	84,6	53,8	69,2	76,9
AMPA(a)	P.d	D	76,9	23,1	38,5	76,9
Etión	I	O	76,9	7,7		
Glifosato(a)	H	D	76,9	82,3	61,5	100
Metalaxil	F	D	76,9	84,6	69,2	92,3
Simazina	H	D	69,2	100	92,3	61,5
Carbendazim	F	R	61,5			
Diuron	H	D	61,5	84,6	38,5	53,8
Imazalil	F	D	61,5	69,2	30,8	
Iprodione	F	F	53,8		30,8	7,7
Clorpirifos	I	R	30,8			
Atrazina	H	D	15,4	92,3	100	92,3
Cipermetrina	I	F	15,4		23,1	69,2
Permetrina	I	R	15,4			
Boscalid	F	R	7,7			
Clomazone	H	F	7,7		23,1	
Lambda-Cialotrina, trifl	I	R	7,7			
o,p DDD	P.d	R	7,7			
Pirimetanil	F	F	7,7	69,2		
Trifluralina	H	R	7,7			
2,4 D	H	R			30,8	
Acetamiprid	I	R			30,8	
Bifentrina	I	R				15,4
Carbaril	I	R			7,7	
Diazinon	I	R				15,4
Fluroxipir meptil	I	R			7,7	
Glufosinatodeamonio	H	R			7,7	
Piraclostrobina	F	O		7,7	7,7	
Propiconazol	F	R			7,7	
Tebuconazol	F	R		7,7		

En 52 muestras se cuantificaron **41 plaguicidas** (788 cuantificaciones):

- **Atrazina**, prohibido en 2016 por MGAP (Res. 104 12/16)
- Con restricciones **etión, permetrina, clorpirifos, imidacloprid y tiametoxan**
- **17** considerados Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAP) (elevado peligro agudo o crónico para la salud o el medio ambiente).
- **52** muestras presentaron al menos nueve plaguicidas cada una
- El máximo fue de **25 plaguicidas** en Nacientes de SS
- Variaciones estacionales, con una **mayor ocurrencia en otoño** (mayo) y mínima en verano (febrero).

MAYO



FEBRERO



MATRIZ AGUA

	USO	OC	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero
Atrazina desetil	P.d	D	100	100	100	100
Azoxiestrobina	F	D	100	92,3	100	100
Ciproconazol	F	D	100	100	100	100
Clorantraniliprol	I	F	100	100	100	
Imidacloprid	I	R	100			
Metolaclo	H	D	100	100	100	100
Tiametoxam	I	D	100	100	84,6	53,8
2-fenilfenol	F	R	92,3			
Epoxiconazol	F	D	92,3	23,1	46,2	7,7
Metoxifenocida	I	D	92,3	84,6	30,8	46,2
Atrazina desisopropil	P.d	D	84,6	76,9	100	100
Metribuzina	H	D	84,6	53,8	69,2	76,9
AMPA(a)	P.d	D	76,9	23,1	38,5	76,9
Etión	I	O	76,9	7,7		
Glifosato(a)	H	D	76,9	84,6	61,5	100
Metalaxil	F	D	76,9	84,6	69,2	92,3
Simazina	H	D	69,2	100	92,3	61,5
Carbendazim	F	R	61,5			
Diuron	H	D	61,5	84,6	38,5	53,8
Imazalil	F	D	61,5	69,2	30,8	
Iprodione	F	F	53,8		30,8	7,7
Clorpirifos	I	R	30,8			
Atrazina	H	D	15,4	92,3	100	92,3
Cipermetrina	I	F	15,4		23,1	69,2
Permetrina	I	R	15,4			
Boscalid	F	R	7,7			
Clomazone	H	F	7,7		23,1	
Lambda-Cialotrina, trifl	I	R	7,7			
o,p DDD	P.d	R	7,7			
Pirimetanil	F	F	7,7	69,2		
Trifluralina	H	R	7,7			
2,4 D	H	R			30,8	
Acetamiprid	I	R			30,8	
Bifentrina	I	R				15,4
Carbaril	I	R			7,7	
Diazinon	I	R				15,4
Fluroxipir meptil	I	R			7,7	
Glufosinatodeamonio	H	R			7,7	
Piraclostrobina	F	O		7,7	7,7	
Propiconazol	F	R			7,7	
Tebuconazol	F	R		7,7		

Dominante: FO > 75 %
Frecuente: 75 % > FO > 50 %
Ocasional: 50% > FO > 25 %
Raro: FO < 25 %

- Glifosato y AMPA plaguicidas con mayor concentración media en todo el año, excepto en noviembre donde fue el 2.4-D.
- Presencia de un conjunto de **16 plaguicidas presente en todos los muestreos**. Mayoría herbicidas
- 12 exclusivos en agua: o,p-DDD; 2-4D, atrazina desetil; clomazone; fluroxipir metil, 2 fenilfenol, boscalid, iprodione y primetanil
 - **Glifosato, AMPA y glufosinato de amonio solo analizados en agua**

MAYO

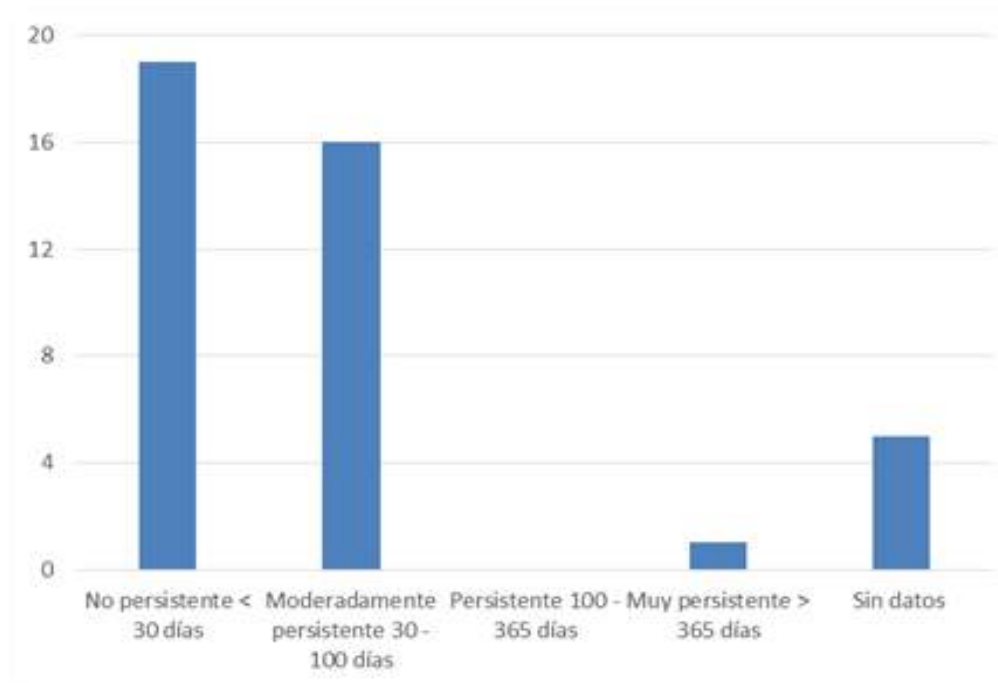


FEBRERO

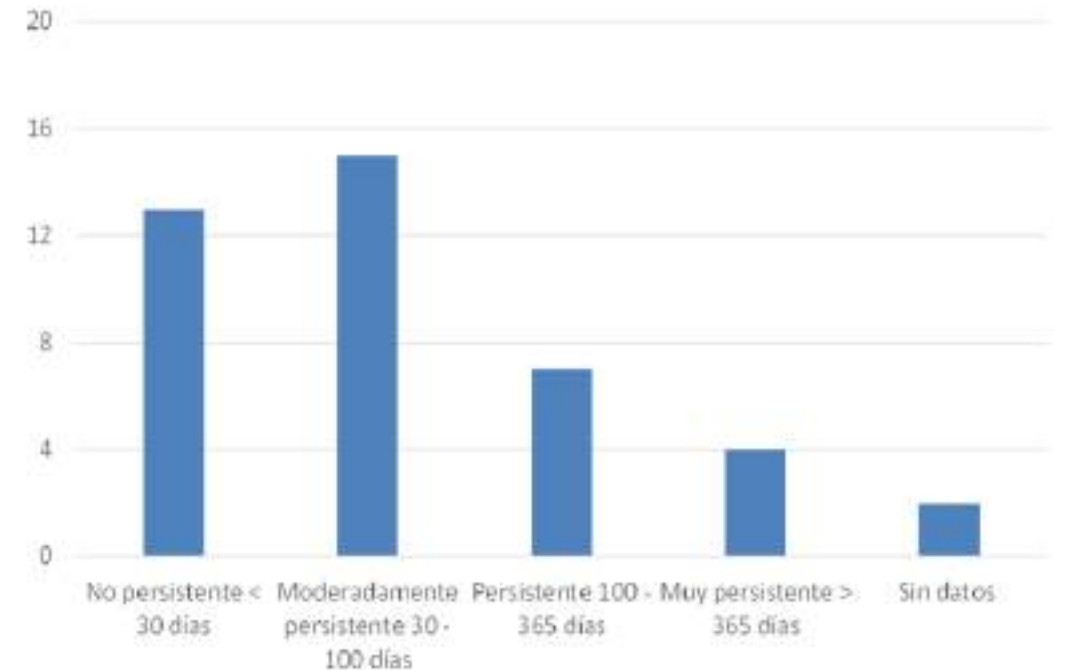


- Relación entre plaguicidas y vida media en agua y suelos

DT50 Agua



DT50 Suelo



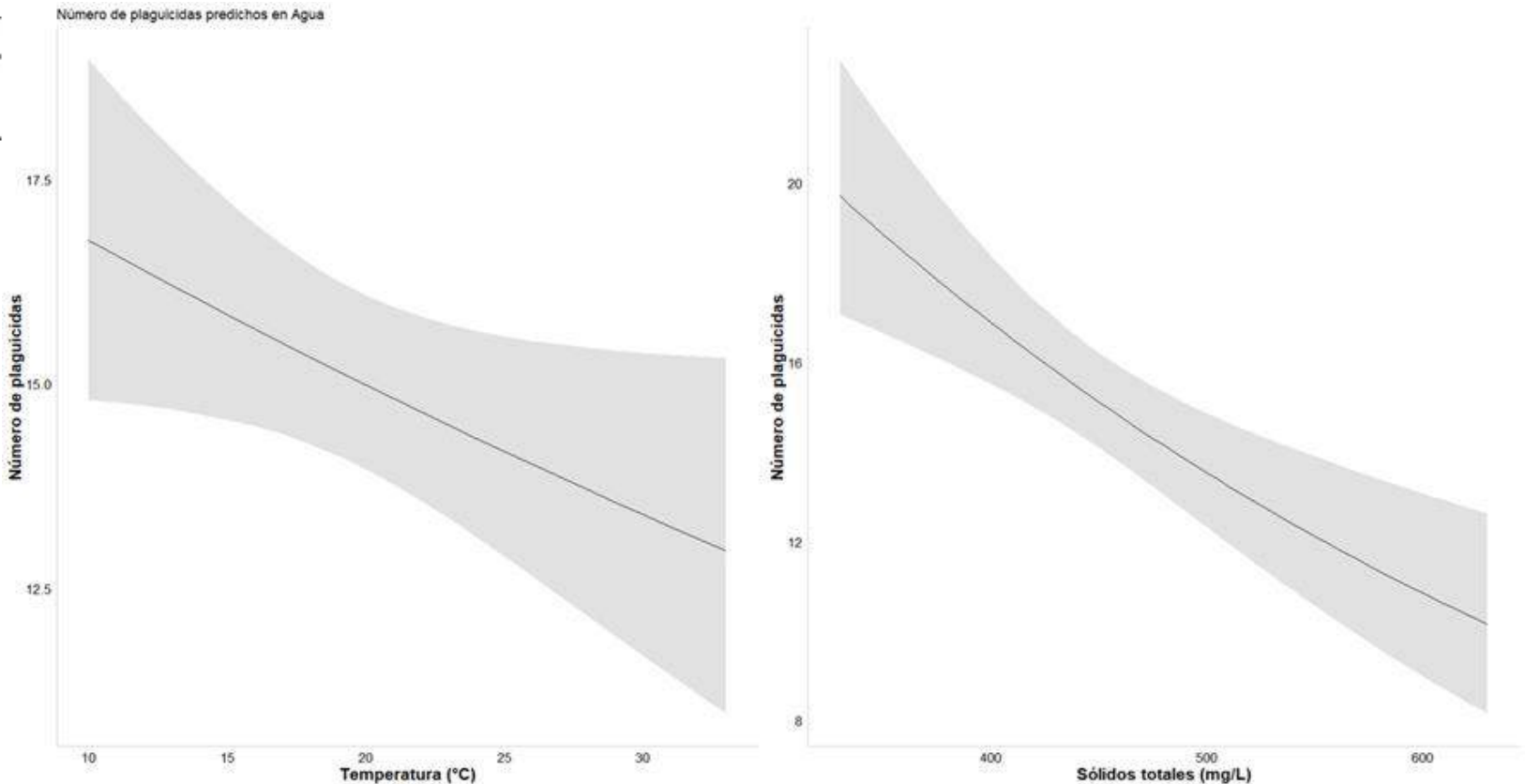
MATRIZ AGUA

Modelo lineal generalizado: análisis de variables como determinantes de la presencia y concentración de plaguicidas

Número de plaguicidas detectados por muestra (GLM)

Variables explicativas, temperatura, conductividad, pH, sólidos totales, oxígeno disuelto y precipitaciones.

Variable	Estimado	ES	z	p
Temperatura	0,98	0,0056	-1,99	0,047
Solidos totales	0,99	0,00056	-3,92	<0,0001



MATRIZ AGUA

Plaguicidas y su uso de la cuenca

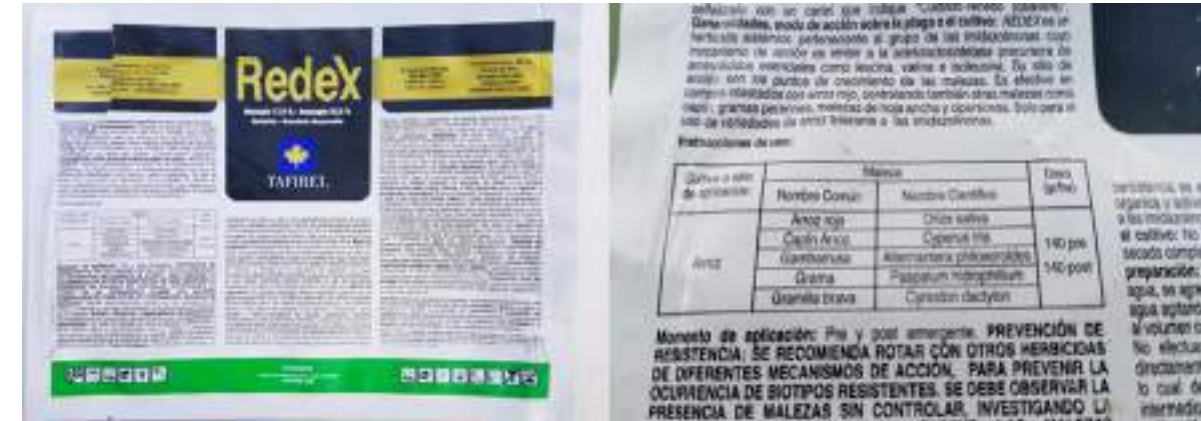
- Presencia de una gran variedad de compuestos (16) en todos los meses analizados sugiere que existe un conjunto de plaguicidas que son usados de forma continua en el sistema independientemente de la época del año y el tipo de cultivo predominante en la cuenca.
- Herbicida REDEX (sobres de 200 gr) dispersos en el sitio del arroyo Maciel (XMAC090) y en zanjas aledañas. Registrado en Uruguay para su uso exclusivo en cultivos de arroz. NO incluido SCOPE

Posiblemente su aplicación se encuentre asociada a los cultivos de colza invernal.

- Presencia de **Atrazina**, prohibida en 2016 pero con venta permitida hasta marzo de 2018 se detectó en todos los sitios y todos los meses analizados. La vida media de este producto es de **80 días en agua y 75 días en suelo** (PPDB, 2023). Aplicación podría deberse a la existencia de reservas **sobrantes del producto, o bien a un ingreso ilegal al país.**

Las malas prácticas agrícolas y el alto dinamismo que presentan los paquetes tecnológicos asociados al agro, exigen una actualización constante de los plaguicidas a analizar.

CUENCA ARROYO MACIEL XMAC090



CUENCA ARROYO MAGALLANES XMAG110



MATRIZ AGUA

Riesgo Ecotoxicológico

$$\text{Risk Quotient} = \frac{\text{Exposición}}{\text{Toxicidad}}$$

Concentración medida

Concentración predicha sin efecto (PNEC)

Concentración crítica
Factor de corrección

Valor más bajo
de NOEC

Depende N
valores de NOEC

$RQ > 1$ riesgo alto
 $0.1 < RQ < 1$ riesgo medio
 $RQ < 0.01$ riesgo bajo

$$\Sigma RQ (\text{sitio/zona/mes}) = RQ1 + RQ2 + \dots + RQn$$

PPDB: Pesticide Properties DataBase	
Property	Value
Fish - Acute 96 hour LC ₅₀ (mg l ⁻¹)	4.5
Fish - Chronic 21 day NOEC (mg l ⁻¹)	2
Aquatic invertebrates - Acute 48 hour EC ₅₀ (mg l ⁻¹)	85
Aquatic invertebrates - Chronic 21 day NOEC (mg l ⁻¹)	0.25
Aquatic crustaceans - Acute 96 hour LC ₅₀ (mg l ⁻¹)	1.0
Sediment dwelling organisms - Acute 96 hour LC ₅₀ (mg l ⁻¹)	1.0
Sediment dwelling organisms - Chronic 28 day NOEC, static, water (mg l ⁻¹)	-
Sediment dwelling organisms - Chronic 28 day NOEC, sediment (mg kg ⁻¹)	-
Aquatic plants - Acute 7 day EC ₅₀ , biomass (mg l ⁻¹)	0.019
Algae - Acute 72 hour EC ₅₀ , growth (mg l ⁻¹)	0.059
Algae - Chronic 96 hour NOEC, growth (mg l ⁻¹)	0.1

MATRIZ AGUA

Riesgo ambiental muy alto en toda la cuenca. Este riesgo fue **alto toda la cuenca**.

Valores de RQ, riesgo ecotoxicológico para los sitios muestreados por mes y valores total de riesgo para la matriz agua.
RQ > 1 riesgo significativo (rojo); 0,1 < RQ < 1 riesgo medio (amarillo).

	RIESGO MEDIO POR SITIO Y MES												
	XSSA 010S	XSSA 020S	XSSA 030S	XSMA 080S	XSSA 040S	XMAC 090S	XAGU 100S	XSSA 050S	XSSA 060S	XSSA 065S	XMAG 110S	XBIS 120S	XESP 130S
Mayo	28,5	322,6	29,5	28,8	21,9	15,6	47,9	26,3	20,7	43,4	0,9	6,1	1,8
Agosto	0,5	1,1	1,0	0,4	0,5	6,4	0,5	0,7	0,7	1,0	0,3	0,7	0,4
Noviembre	0,5	0,7	0,9	0,6	0,7	31,3	0,7	1,1	3,7	10,1	0,4	10,2	11,5
Febrero	0,2	0,2	0,4	16,4	5,8	66,9	9,1	61,6	8,0	19,9	0,2	20,8	9,3
Media RQ sitio anual	7,4	81,2	8,0	11,6	7,3	30,0	14,5	22,4	8,3	18,6	0,5	9,4	5,7
Media RQ cuenca anual	27,0			17,3			10,8						

MRQ cuenca anual: Cuenca alta
MRQ sitio anual: XSSA020 / XMAC090 y XSSA050

	Media RQ mensual
Mayo	45,7
Agosto	1,1
Noviembre	5,6
Febrero	16,8

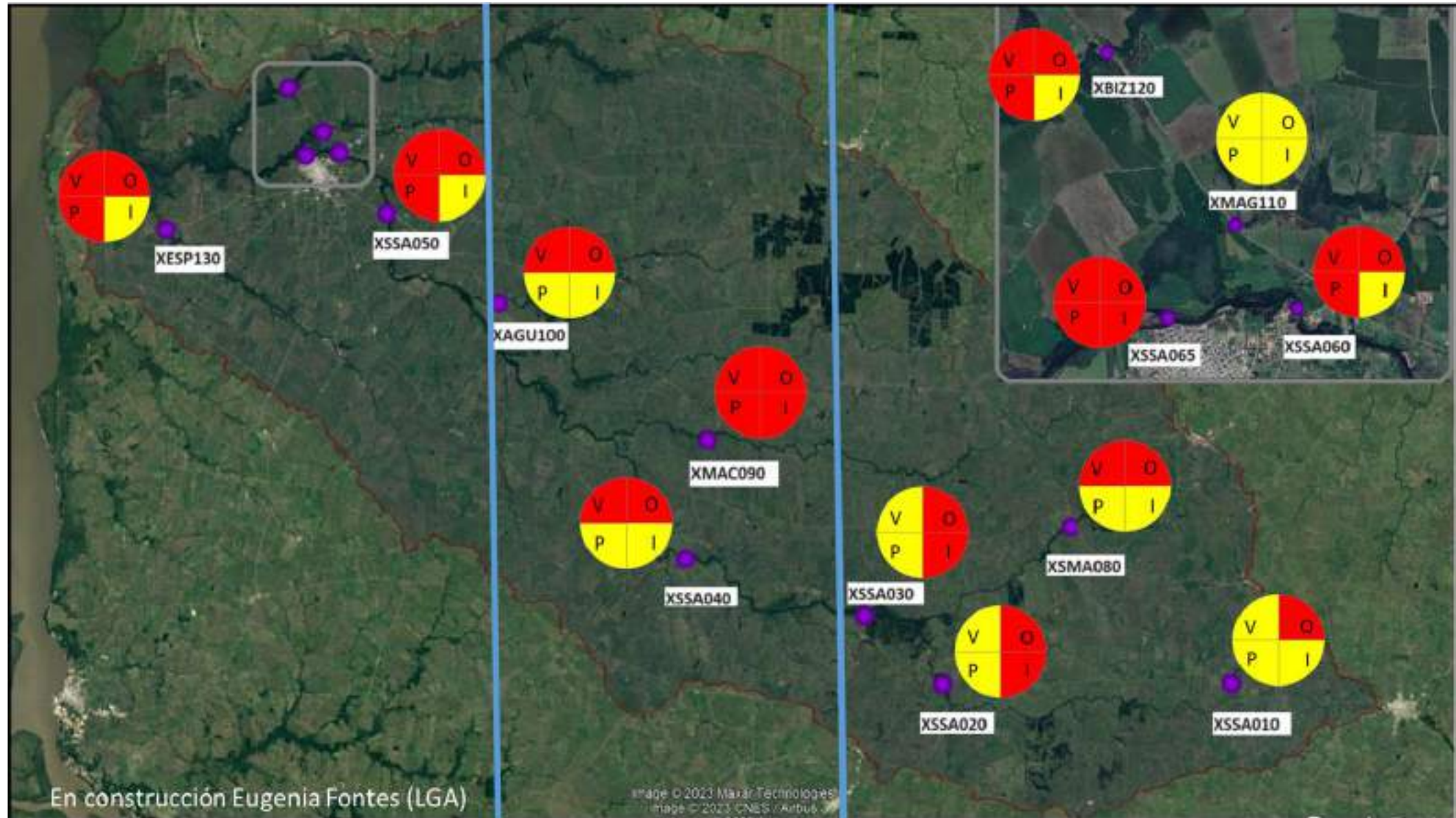
MATRIZ AGUA

- Los compuestos que presentan mayor riesgo fueron los **insecticidas organofosforados** (etión y clorpirifos) y los **piretroides** (cipermetrina, permetrina, bifentrina y lambda-cialotrina).

[illegible]

MATRIZ AGUA

Riesgo ecotoxicológico



MATRIZ PECES

Dominante: FO > 75 %
Frecuente: 75 % > FO > 50 %
Ocasional: 50% > FO > 25 %
Raro: FO < 25 %

	USO	OC	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero
Clorpirifos	I	D	77,8	66,7	44,4	66,7
Bifentrina	I	D	66,7	66,7	55,6	33,3
Cipermetrina	I	D	55,6	11,1	11,1	11,1
Permetrina	I	F	55,6	33,3		55,6
Propiconazol	F	F	55,6		88,9	66,7
Simazina	H	D	44,4	33,3	33,3	11,1
Atrazina desisopropil	P.d	R	22,2			
Deltametrina	I	D	22,2	11,1	11,1	11,1
Etión	I	O	22,2			11,1
Trifluralina	H	R	22,2			
Clorantraniliprol	I	R	11,1			
Lambda Cialotrina	I	R	11,1			
Metolaclo	H	F	11,1		100	77,8
Piraclostrobina	F	O	11,1		55,6	
Atrazina	H	R			11,1	
Carbaril	I	R			44,4	
Carbendazim	F	R		33,3		
Diazinon	I	O			11,1	11,1
Endosulfan sulfato	I	R			33,3	
Fenazaquin	I	R		11,1		
Flumetsulam	H	O		11,1		11,1
Imazalil	F	O		22,2	22,2	
Imidacloprid	I	R		11,1		
Isoxadifen - ethyl	P.h	R		11,1		
Metalaxil	F	R			11,1	
Metribuzina	H	O		11,1	22,2	
Pirimifos metil	I	R			11,1	
Propiconazol	F	R		55,6		
Tiametoxan	I	R			11,1	
Triflumuron	I	O			11,1	11,1

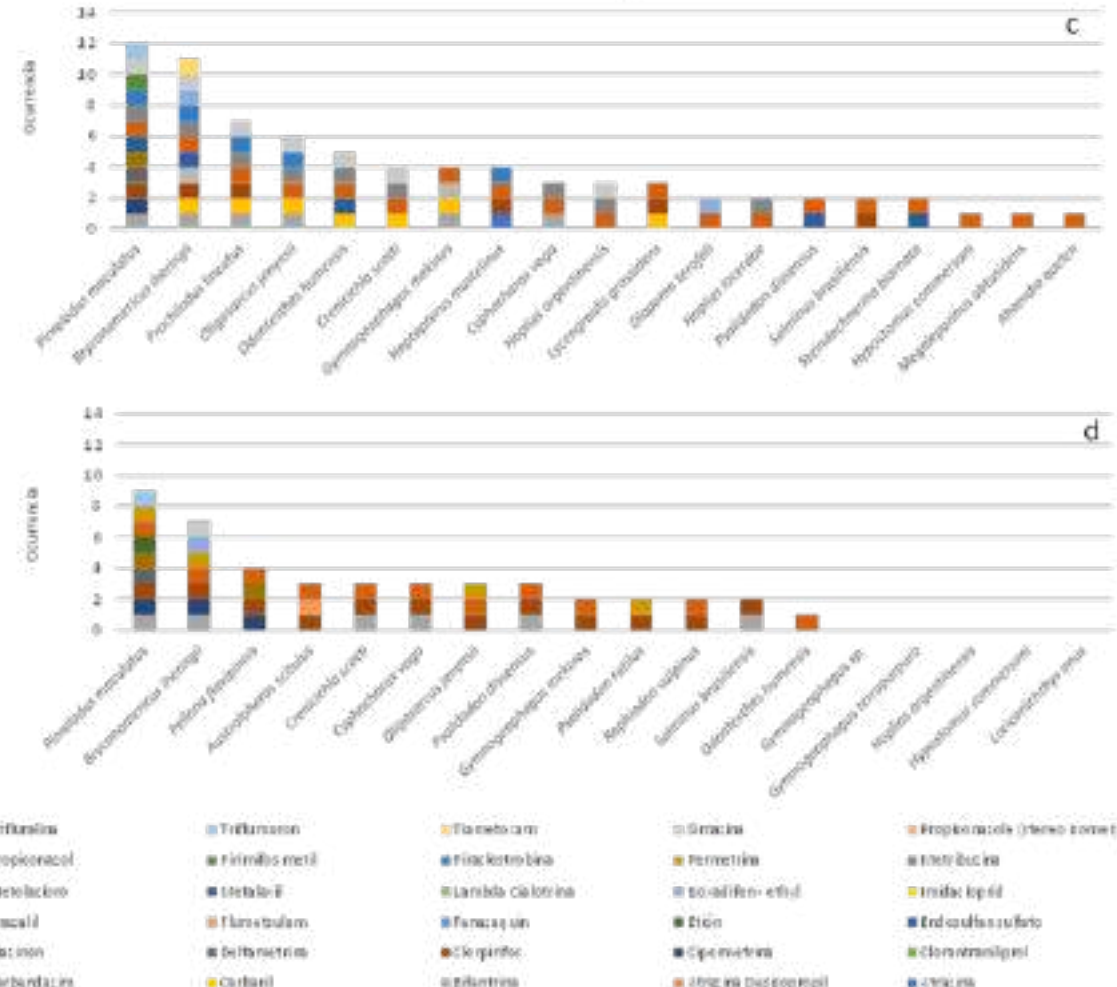
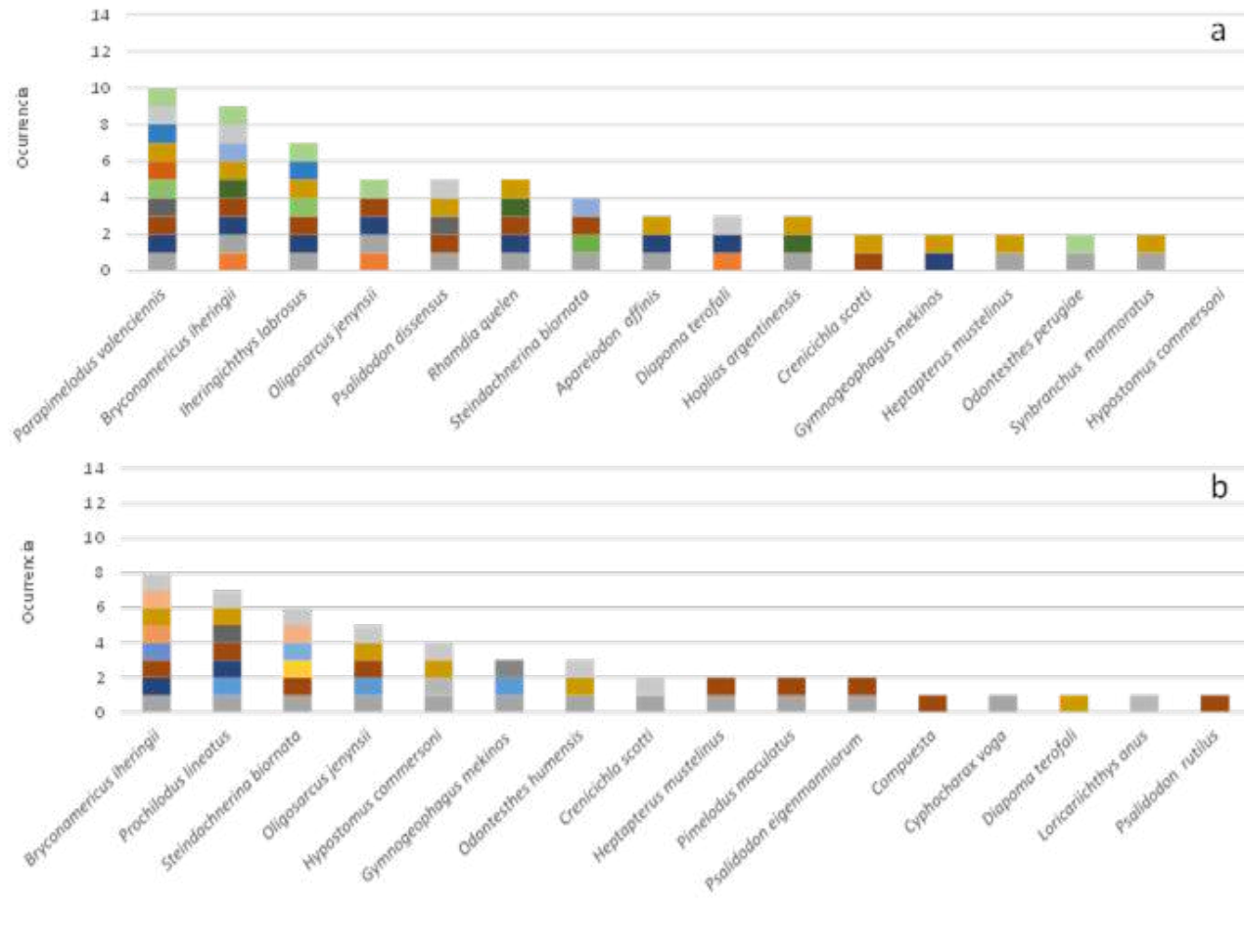
En 158 muestras provenientes de 32 especies se cuantificaron **30 plaguicidas** (355 cuantificaciones):

- **Muestras con plaguicidas 132 de 158 (84 %)**
- Cinco exclusivos en **endosulfan sulfato, fenazaquin, flumetsulam, isoxadifen-ethyl y pirimifos metil**.
- Presencia de un conjunto de 4 plaguicidas en todos los muestreos: **clorpirifos, cipermetrina, bifentrina y simazina**. Los dos primeros compuestos PAP.
- La mayor ocurrencia de plaguicidas se observó en el mes de noviembre (18), y el mínimo en febrero (12).
- El máximo de plaguicidas encontrados en una muestra fue de 10 para las muestras de *P. maculatus* (XSSA065 noviembre) y *P. valenciennis* (XSSA065 mayo).

MATRIZ PECES

Análisis de plaguicidas por especie, efecto de las especies y número de muestras

- *B. iheringii* 31 muestras, 19 plaguicidas
- *O. jenynsii* 22 muestras, 12 plaguicidas
- *P. dissensus* 17, 7 plaguicidas
- *C. scotti* 13, 4
- *P. maculatus* 4, 14



MATRIZ PECES

30 plaguicidas en 158 muestras provenientes de 32 especies (335 cuantificaciones)

- La mojarra *B. iheringii* fue la especie que más plaguicidas acumuló: 19 (84 cuantificaciones en 31 muestras)



- *B. iheringii* (19), máx. 5



- *O. jenynsii* (12), máx. 5



- *S. biornata* (10), máx. 5



- *P. maculatus* (14), max. 10



- *P. lineatus* (11), máx. 7



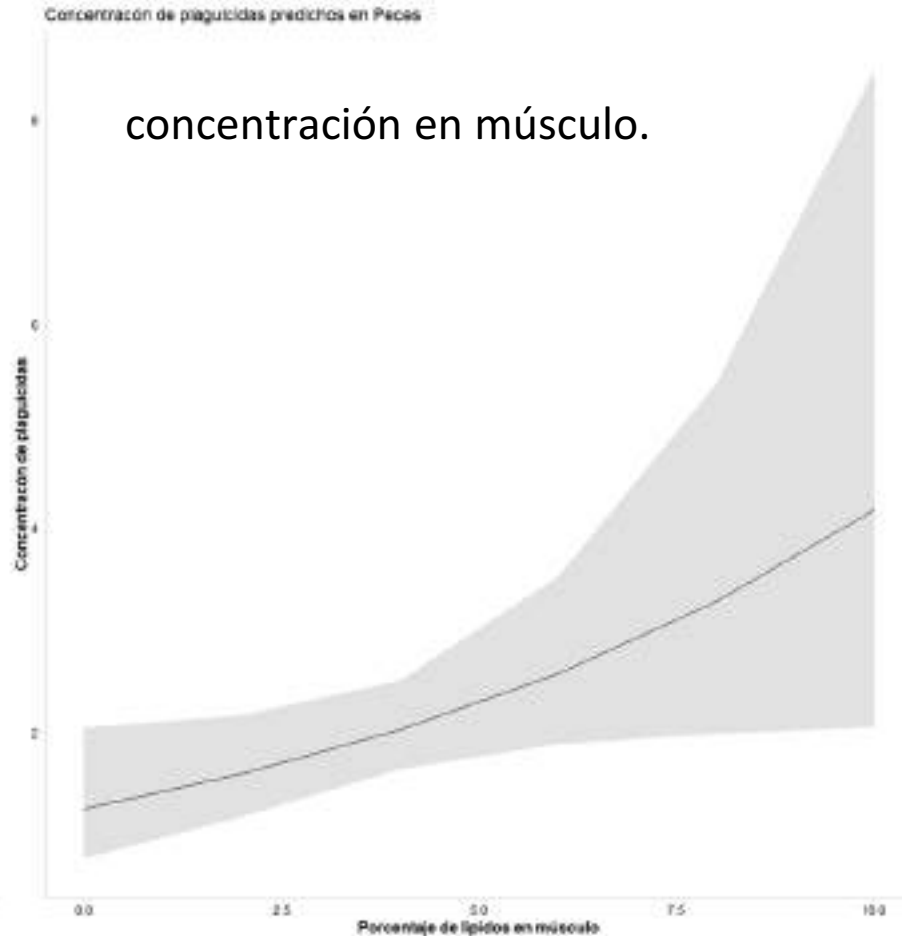
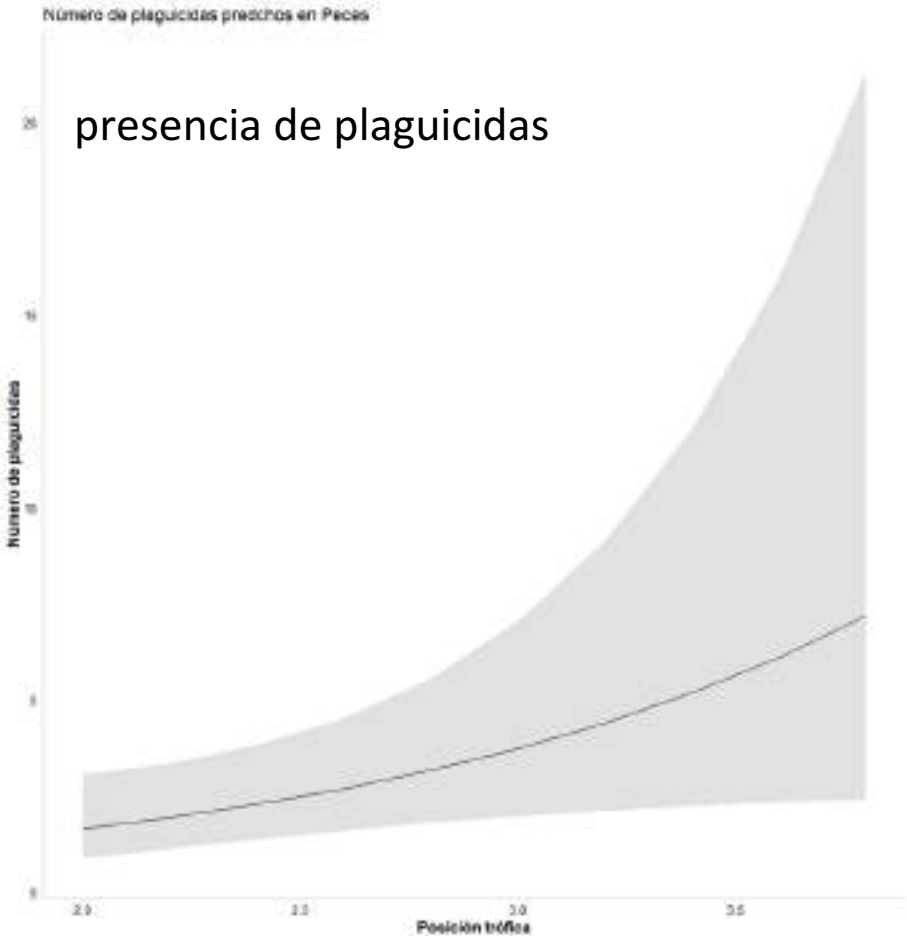
- *P. valenciennis* (10), 10 máx.

MATRIZ PECES

Modelo lineal generalizado: análisis de variables como determinantes de la presencia y concentración de plaguicidas

Modelo	Variable de respuesta	Variable explicativa	Estimado	ES	z	p
GLMM Poisson	Numero de plaguicidas	Posición trófica	2,27	0,37	2,195	0,028
GLMM Gaussiano	Concentracion de plaguicidas	% Lípidos	1,13	0,057	2,11	0,035

Las variables utilizadas en ambos casos fueron: peso y largo promedios, índices gonadosomático y hepatosomático, grupo trófico, posición trófica y porcentaje de lípidos.



MATRIZ PECES

Riesgo Ecotoxicológico

$$\text{Unidades tóxicas} = \frac{\text{Exposición}}{\text{Toxicidad}}$$

Concentración máxima en agua

Concentración Letal media (LC50)

$$\sum UT = UT_1 + UT_2 + \dots + UT_n$$

$UT > 1$ riesgo alto
 $0.1 < UT < 1$ riesgo medio
 $UT < 0.01$ riesgo bajo

PPDB: Pesticide Properties DataBase	
Property	Value
Fish - Acute 96 hour LC ₅₀ (mg l ⁻¹)	4.5
Fish - Chronic 21 day NOEC (mg l ⁻¹)	2
Aquatic invertebrates - Acute 48 hour EC ₅₀ (mg l ⁻¹)	85
Aquatic invertebrates - Chronic 21 day NOEC (mg l ⁻¹)	0.25
Aquatic crustaceans - Acute 96 hour LC ₅₀ (mg l ⁻¹)	1.0
Sediment dwelling organisms - Acute 96 hour LC ₅₀ (mg l ⁻¹)	1.0
Sediment dwelling organisms - Chronic 28 day NOEC, static, water (mg l ⁻¹)	-
Sediment dwelling organisms - Chronic 28 day NOEC, sediment (mg kg ⁻¹)	-
Aquatic plants - Acute 7 day EC ₅₀ , biomass (mg l ⁻¹)	0.019
Algae - Acute 72 hour EC ₅₀ , growth (mg l ⁻¹)	0.059
Algae - Chronic 96 hour NOEC, growth (mg l ⁻¹)	0.1

MATRIZ PECES

MAYO

	XSSA010	XSSA020	XSSA030	XSMA080	XSSA040	XMAC090	XAGU100	XSSA050	XSSA060	XSSA065	XMAG110	XBIS120	XESP130
2-fenilfenol	2,05E-05	2,18E-05	1,53E-05	7,75E-06	1,80E-05	5,25E-06	1,88E-05	6,50E-06	1,13E-05	5,75E-06	1,05E-05	-	4,50E-06
AMPA(a)	4,81E-06	4,23E-06	5,38E-06	2,31E-06	3,85E-06	3,85E-06	-	2,12E-06	2,88E-06	3,08E-06	-	-	1,92E-06
Atrazina	-	-	-	-	1,11E-06	-	8,89E-07	-	-	-	-	-	-
Azoxiesterobina	1,28E-05	3,19E-05	2,77E-05	1,91E-05	2,98E-05	4,04E-05	2,13E-05	2,55E-05	2,77E-05	3,62E-05	2,55E-05	4,89E-05	6,17E-05
Boscalid	7,04E-06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbendazim	3,16E-05	3,16E-05	2,11E-05	-	2,63E-05	2,11E-05	-	2,63E-05	1,58E-05	2,11E-05	-	-	-
Cipermetrina	-	4,53E-02	-	-	-	-	4,93E-02	-	-	-	-	-	-
Ciproconazol	1,05E-06	2,05E-06	2,16E-06	1,21E-06	2,11E-06	2,37E-06	1,89E-06	1,79E-06	1,74E-06	2,32E-06	7,89E-07	1,89E-06	2,47E-06
Clomazone	-	2,71E-06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorantiraniliprol	2,67E-06	4,50E-06	3,33E-06	1,17E-06	4,75E-06	6,17E-06	6,25E-06	4,75E-06	4,33E-06	5,75E-06	1,83E-06	5,75E-06	6,08E-06
Clorpirifos	-	9,60E-04	-	-	-	2,40E-04	-	-	-	-	3,20E-04	1,28E-03	-
Diuron	4,48E-07	1,49E-06	6,12E-06	1,79E-06	7,61E-06	-	-	3,43E-06	3,13E-06	3,13E-06	-	-	-
Epoxiconazol	3,26E-06	3,26E-06	4,35E-06	-	3,26E-06	3,26E-06	3,26E-06	3,26E-06	3,26E-06	3,26E-06	3,26E-06	4,35E-06	4,35E-06
Etión	5,60E-05	6,00E-05	5,60E-05	6,20E-05	3,80E-05	3,00E-05	5,00E-05	5,20E-05	3,80E-05	9,00E-05	-	-	-
Glifosato	8,42E-06	1,34E-05	1,11E-05	6,84E-06	6,58E-06	7,11E-06	6,58E-06	8,16E-06	1,16E-05	8,68E-06	-	-	-
Imazalil	2,03E-06	9,46E-06	3,38E-06	-	2,70E-06	2,03E-06	-	2,03E-06	2,70E-06	-	-	4,73E-06	-
Imidacloprid	1,81E-07	2,89E-07	1,57E-07	1,33E-07	1,81E-07	1,69E-07	8,31E-07	2,53E-07	2,41E-07	2,77E-07	3,61E-08	1,08E-07	6,02E-08
Iprodione	-	-	8,11E-07	-	8,11E-07	8,11E-07	-	-	1,08E-06	8,11E-07	-	8,11E-07	8,11E-07
Lambda-cialotrina	-	2,81E-01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metalaxil	3,23E-05	7,29E-06	8,33E-06	4,17E-06	8,33E-06	7,29E-06	4,17E-06	5,21E-06	5,21E-06	5,21E-06	-	-	-
Metolacoloro	5,90E-06	9,74E-06	1,54E-05	1,15E-05	2,03E-05	1,03E-05	1,26E-05	2,82E-05	3,33E-05	2,82E-05	4,87E-06	9,74E-06	5,38E-06
Metoxifenocida	1,43E-06	1,90E-06	1,19E-06	7,14E-07	1,67E-06	2,38E-06	3,10E-06	2,14E-06	2,38E-06	2,86E-06	-	4,76E-06	2,38E-06
Metribuzina	#####	3,13E-06	4,17E-06	6,25E-06	6,25E-06	3,13E-06	4,17E-06	4,17E-06	5,21E-06	5,21E-06	-	3,13E-06	3,13E-06
o,p DDD	-	-	-	-	1,20E-06	-	-	-	-	-	-	-	-
Permetrina	4,00E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,00E-04	-
Pirimetanil	-	4,73E-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Simazina	-	2,56E-06	3,56E-06	8,33E-07	3,67E-06	6,33E-07	-	2,11E-06	2,78E-06	2,22E-06	-	-	8,11E-07
Tiametoxam	1,52E-06	1,76E-06	2,00E-06	8,00E-07	2,32E-06	2,56E-06	2,48E-06	1,92E-06	2,00E-06	2,08E-06	2,08E-07	1,44E-06	1,20E-06
Trifluralina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,25E-04	-
Media UT POR SITIO	5,92E-04	3,27E-01	1,91E-04	1,27E-04	1,89E-04	3,89E-04	4,95E-02	1,80E-04	1,75E-04	2,26E-04	3,67E-04	1,89E-03	9,48E-05
Media UT CUENCA	2,93E-02												

MATRIZ PECES

No hay riesgo ecotoxicológico significativo ($RQ > 1$) para los diferentes sitios.

Sin embargo, se detectó un riesgo ecotoxicológico medio ($1 > RQ > 0,1$) para el curso principal en cuenca baja (XSSA020) en el mes de **mayo** y para el arroyo San Martín (XSMA080) y el curso principal en cuenca baja (XSSA060) para el mes de **febrero**.

En el resto de los sitios, el riesgo ecotoxicológico para los diferentes meses de muestreo fue bajo ($RQ < 0,1$).

	XSSA010	XSSA020	XSSA030	XSMA080	XSSA040	XMAC090	XAGU100	XSSA050	XSSA060	XSSA065	XMAG110	XBIS120	XESP130
MAYO	5,92E-04	3,27E-01	1,91E-04	1,27E-04	1,89E-04	3,89E-04	4,95E-02	1,80E-04	1,75E-04	2,26E-04	3,67E-04	1,89E-03	9,48E-05
AGOSTO	5,90E-05	9,78E-05	1,86E-04	3,59E-05	7,33E-05	1,44E-04	7,47E-05	7,71E-04	9,20E-05	1,33E-04	3,52E-05	5,84E-05	4,58E-05
NOVIEMBRE	4,18E-05	7,16E-05	2,09E-03	2,90E-03	6,28E-05	5,60E-03	1,15E-03	6,76E-05	6,10E-02	8,45E-05	7,80E-04	1,93E-02	1,67E-04
FEBRERO	7,87E-05	8,71E-05	4,04E-04	1,43E-01	3,24E-02	1,57E-02	3,94E-02	2,16E-02	1,33E-01	1,74E-02	7,80E-05	4,08E-02	1,81E-02
Med UT Sitio Anual	1,93E-04	8,18E-02	7,18E-04	3,65E-02	8,18E-03	5,46E-03	2,25E-02	5,65E-03	4,86E-02	4,46E-03	3,15E-04	1,55E-02	4,60E-03
Med UT Cuenca Anual	2,98E-02				1,21E-02					1,32E-02			

MATRIZ BIVALVOS

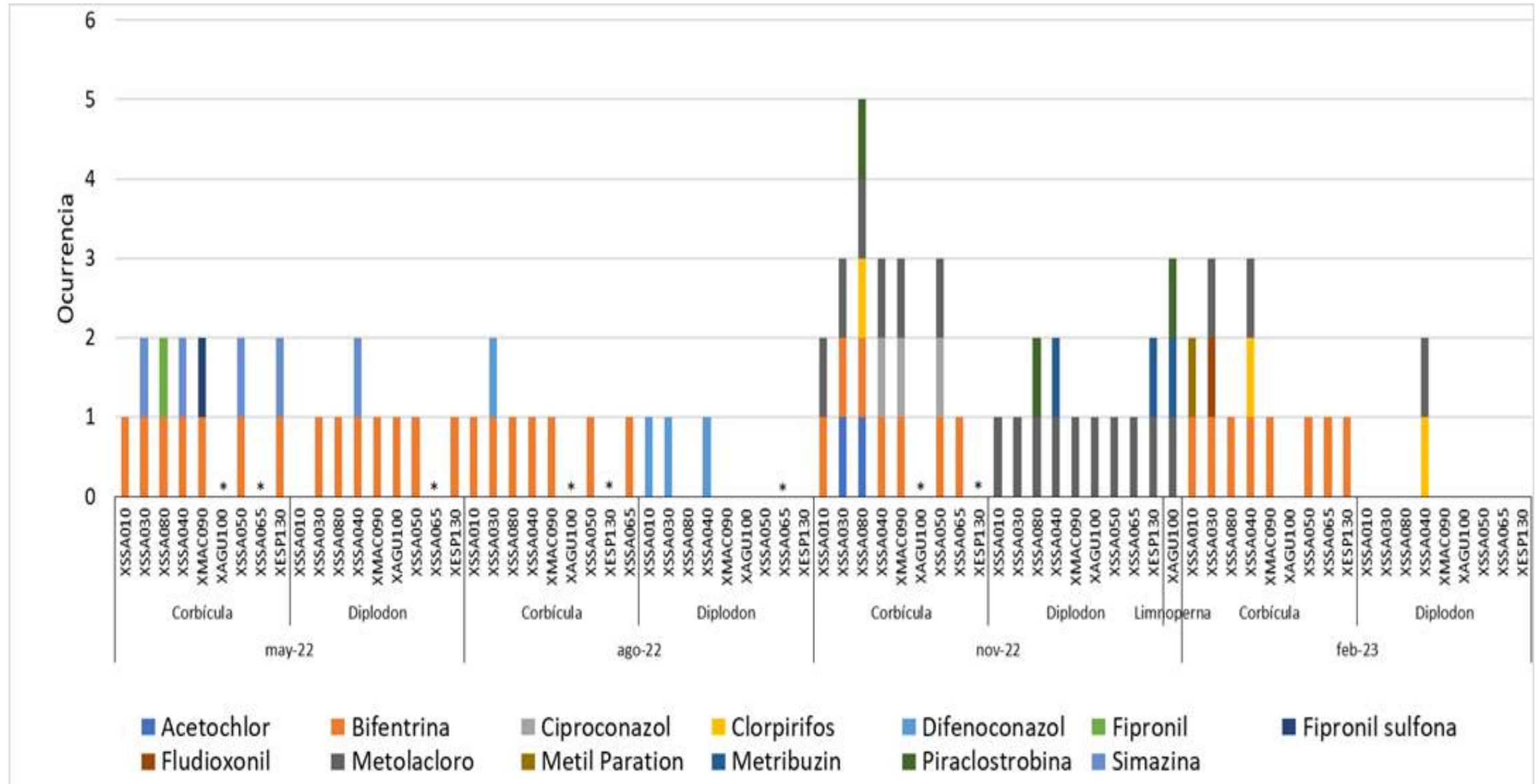
Dominante: FO > 75 %
Frecuente: 75 % > FO > 50 %
Ocasional: 50% > FO > 25 %
Raro: FO < 25 %

	USO	OC	Mayo	Agosto	Diciembre	Febrero
Bifentrina	I	D	100	100	77,8	88,9
Simazina	H	R	44,4			
Fipronil	I	R	11,1			
Fipronil sulfona	P.d	R	11,1			
Difenoconazol	F	R		33,3		
Acetochlor	H	R			22,2	
Ciproconazol	F	R			33,3	
Clorpirifos	I	O			11,1	22,2
Metolacoloro	H	O			100	33,3
Metribuzin	H	R			22,2	
Piraclostrobina	F	R			22,2	
Fludioxonil	F	R				11,1
Metil paration	I	R				11,1

13 plaguicidas en 146 muestras provenientes de 3 especies (178 cuantificaciones):

- Cuatro exclusivos: **fipronil, fipronil sulfona, acetochlor, difenoconazol**
- Presencia de **bifentrina** en todos los muestreos
- **Clorpirifos y metolacoloro** se clasifica como frecuente (50%)
- La mayor ocurrencia de plaguicidas se observó en el mes de noviembre (7), y el mínimo en agosto (2).
- El máximo de plaguicidas encontrados en una muestra fue de 5 (XSSA080 C.2 febrero).

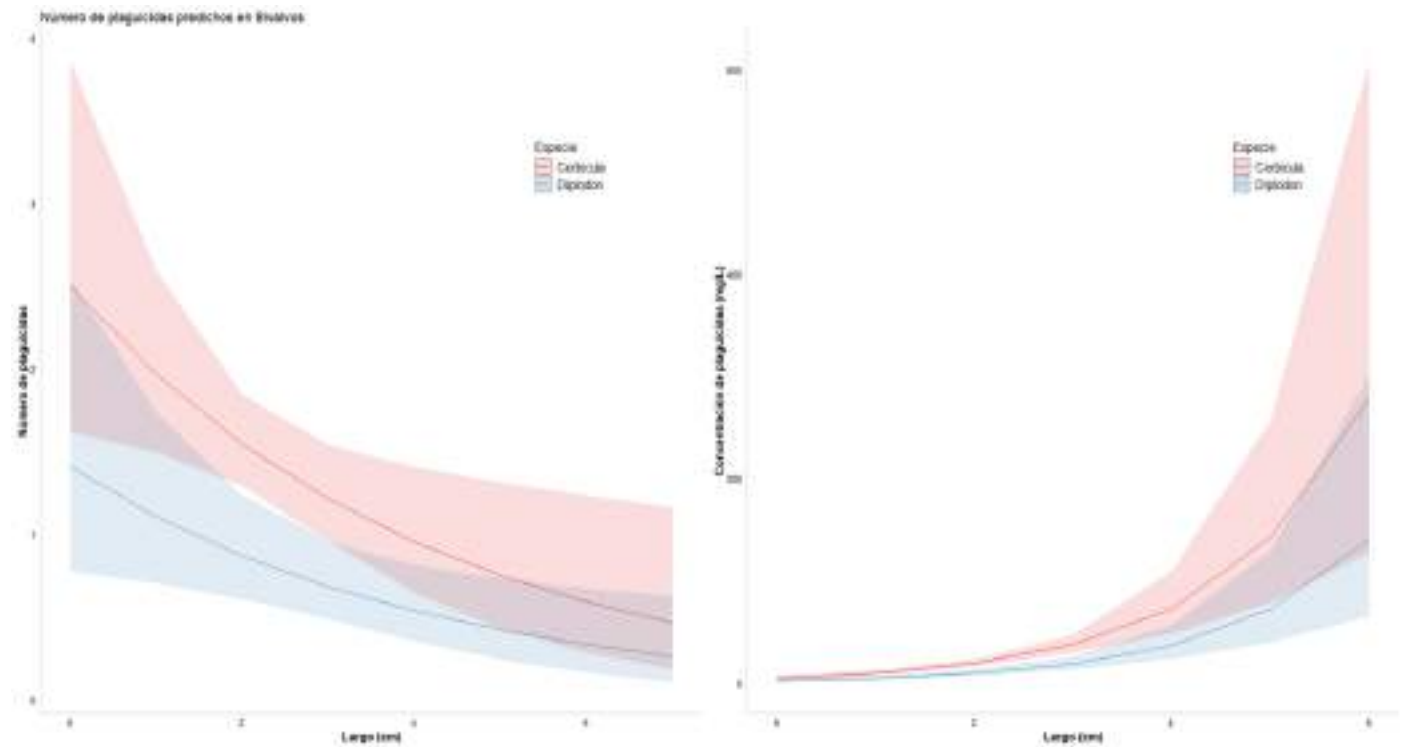
Análisis de similitud de los plaguicidas entre especies



MATRIZ BIVALVOS

Modelo lineal generalizado: análisis de variables como determinantes de la presencia y concentración de plaguicidas

Estos resultados sugieren que los individuos más chicos acumulan más cantidad de plaguicidas, mientras que los más grandes presentan mayores concentraciones.



MATRIZ BIVALVOS

Riesgo Ecotoxicológico

Unidades tóxicas = $\frac{\text{Exposición}}{\text{Toxicidad}}$

Concentración estimada en agua

Concentración Letal media (LC50)

UT > 1 **riesgo alto**
0.1 < UT < 1 **riesgo medio**
UT < 0.01 **riesgo bajo**

Property	Value
Fish - Acute 96 hour LC ₅₀ (mg l ⁻¹)	4.5
Fish - Chronic 21 day NOEC (mg l ⁻¹)	2
Aquatic invertebrates - Acute 48 hour EC ₅₀ (mg l ⁻¹)	85
Aquatic invertebrates - Chronic 21 day NOEC (mg l ⁻¹)	0.25
Aquatic crustaceans - Acute 96 hour LC ₅₀ (mg l ⁻¹)	1.0
Sediment dwelling organisms - Acute 96 hour LC ₅₀ (mg l ⁻¹)	1.0
Sediment dwelling organisms - Chronic 28 day NOEC, static, water (mg l ⁻¹)	-
Sediment dwelling organisms - Chronic 28 day NOEC, sediment (mg kg ⁻¹)	-
Aquatic plants - Acute 7 day EC ₅₀ , biomass (mg l ⁻¹)	0.019
Algae - Acute 72 hour EC ₅₀ , growth (mg l ⁻¹)	0.059
Algae - Chronic 96 hour NOEC, growth (mg l ⁻¹)	0.1

MATRIZ BIVALVOS

Bivalvos

Se presentan únicamente los valores de UT para los meses de **noviembre** y **febrero** debido a que para los compuestos presentes en **mayo** y **agosto** no se encontraron valores de LC50 en la bibliografía.

Noviembre

FALTA DE INFORMACIÓN IMPORTANCIA DE GENERAR INFORMACIÓN PARA PODER CONCRETAR ANÁLISIS

	XSSA010	XSSA030	XSMA080	XSSA040	XMAC090	XAGU100	XSSA050	XSSA065	XESP130
Clorpirifos	-	-	0,0015	-	-	-	-	-	-
Metolacoloro	1,59509E-06	0,000276074	0,000368098	3,25153E-06	4,84663E-05	4,41718E-05	3,92638E-06	3,74233E-06	1,28834E-05
ΣUTX SITIO	1,59509E-06	0,000276074	0,001868098	3,25153E-06	4,84663E-05	4,41718E-05	3,92638E-06	3,74233E-06	1,28834E-05
ΣUTX MES	0,002262209								

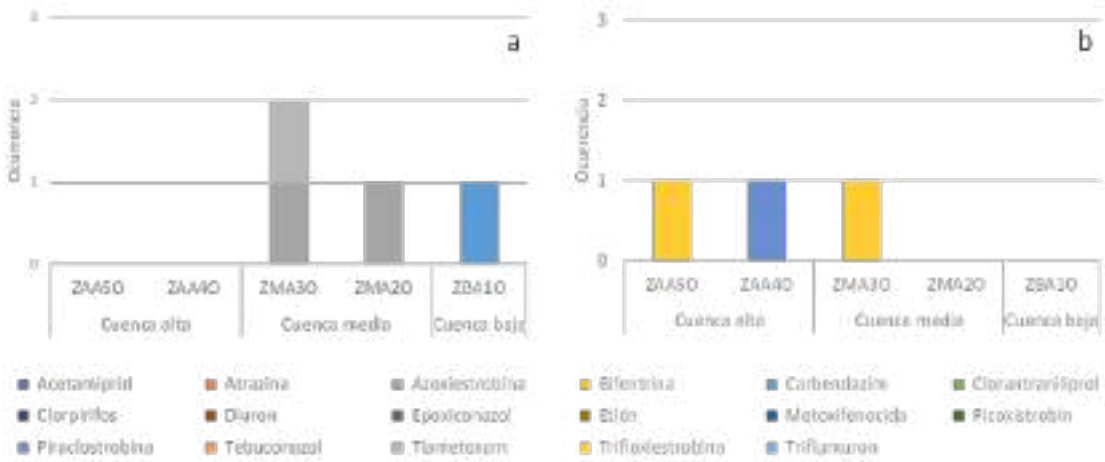
febrero

	XSSA010	XSSA030	XSMA080	XSSA040	XMAC090	XAGU100	XSSA050	XSSA065	XESP130
Clorpirifos	-	1,50E-03	-	1,50E-03	-	-	-	-	-
Metolacoloro	-	2,02E-05	-	6,75E-05	5,52E-05	-	-	-	-
ΣUTX SITIO	-	1,52E-03	-	1,57E-03	5,52E-05	-	-	-	-
ΣUTX MES	3,14E-03								

MATRIZ POLINIZADORES MIEL

Dominante: FO > 75 %
Frecuente: 75 % > FO > 50 %
Ocasional: 50% > FO > 25 %
Raro: FO < 25 %

	USO	OC	Mayo	Agosto	Diciembre	Febrero
Azoxiestrobina	F	R	40			
carbendazim	F	R	40			
Tiamotexan	I	R	20			
Piraclostrobina	F	R		20		
Trifloxiestrobina	F	R		40		



5 plaguicidas en 20 muestras (7 cuantificaciones):

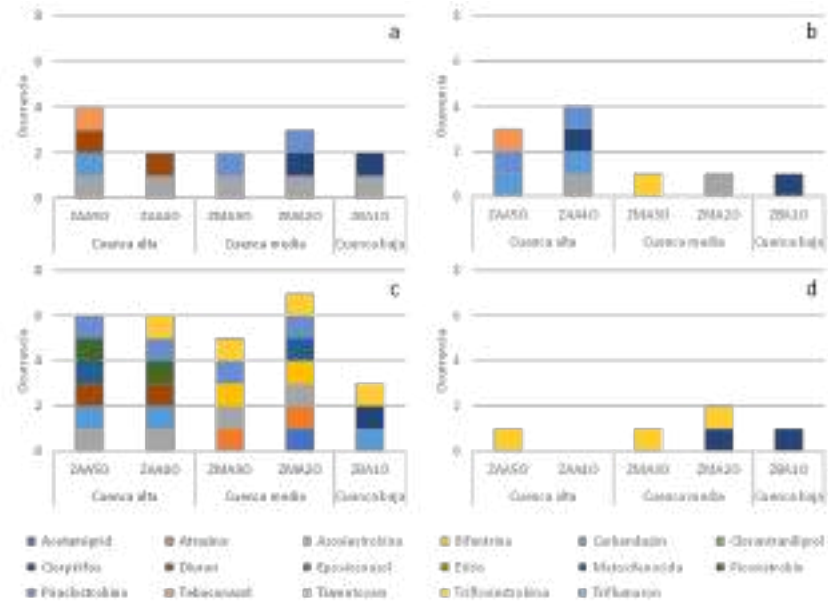
- Unicamente se mayo y agosto
- No se registraron plaguicidas exclusivos
- La mayor ocurrencia de plaguicidas se observó en el mes de mayo (3), y el mínimo en agosto (2).
- El máximo de plaguicidas encontrados en una muestra fue de 2 (Apiario 3, cuenca media).

MATRIZ POLINIZADORES

CERA

Dominante: FO > 75 %
Frecuente: 75 % > FO > 50 %
Ocasional: 50% > FO > 25 %
Raro: FO < 25 %

	USO	OC	Mayo	Agosto	Diciembre	Febrero
Azoxiestrobina	F	F	100	40	80	
Carbendazim	F	F	20	40	60	
Clorpirifos	I	F	40		20	40
Diuron	H	O	40		40	
Piraclostrobina	F	F	40	40	80	
Tebuconazol	F	O	20	20		
Trifloxiestrobina	F	F		20	80	60
Acetamiprid	I	R			20	
Atrazina	H	R			40	
Bifentrina	I	R			40	
Metoxifenocida	I	R			40	
Picoxistrobin	F	R			40	



12 plaguicidas en 20 muestras (55 cuantificaciones)

MAYOR CANTIDAD DE COMPUESTOS PRESENTES (lipofílica)

- Plaguicidas exclusivos: **picoxistrobina y tebuconazol** (F)
- **Azoxiestrobina, carbendazim y clorpirifos** presente en tres primeros muestreos
- **Picoxistrobin** último registro importación MGAP año 2014. manejo colmenas impide temporalidad tan extensa. Posibles usos recientes en cuenca.
- Mayor ocurrencia en **diciembre** (11), mínima en **febrero** (2)
- El máximo de plaguicidas encontrados en una muestra fue de 7 (Apiario 2, cuenca media).

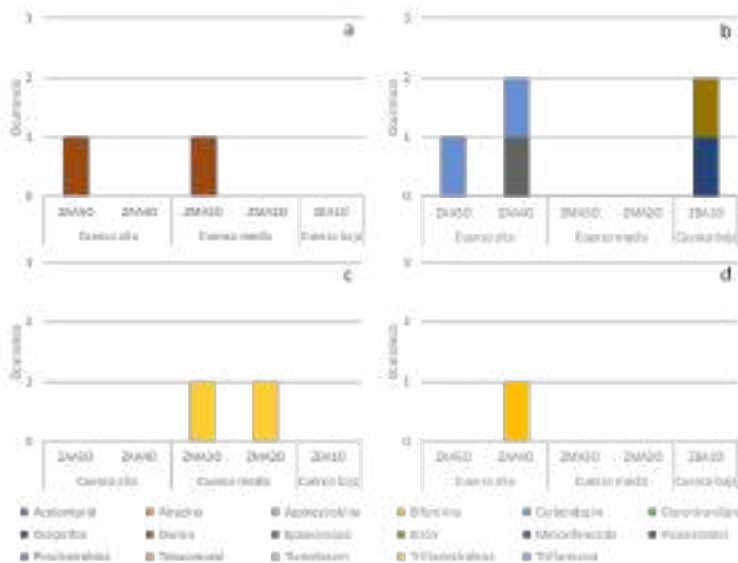
MATRIZ POLINIZADORES ABEJAS

Dominante: FO > 75 %
Frecuente: 75 % > FO > 50 %
Ocasional: 50% > FO > 25 %
Raro: FO < 25 %

	USO	OC	Mayo	Agosto	Diciembre	Febrero
Diuron	H	R	40			
Clorpirifos	I	R		20		
Etion	I	R		20		
Epoxiconazol	F	R		20		
Piraclostrobina	F	R		40		
Trifloxiestrobina	F	R			40	
Bifentrina	I	O			60	20

7 plaguicidas en 20 muestras (10 cuantificaciones)

- No se registraron plaguicidas exclusivos
- Salvo bifentrina presente en 2 mueStreos, todos presentan ocurrencia en un solo mes.
- La mayor ocurrencia de plaguicidas se observó en el mes de agosto (4), y el mínimo en mayo y febrero (1).
- El máximo de plaguicidas encontrados en una muestra fue de 2 (Apiarios 1 y 4, zona alta y baja).



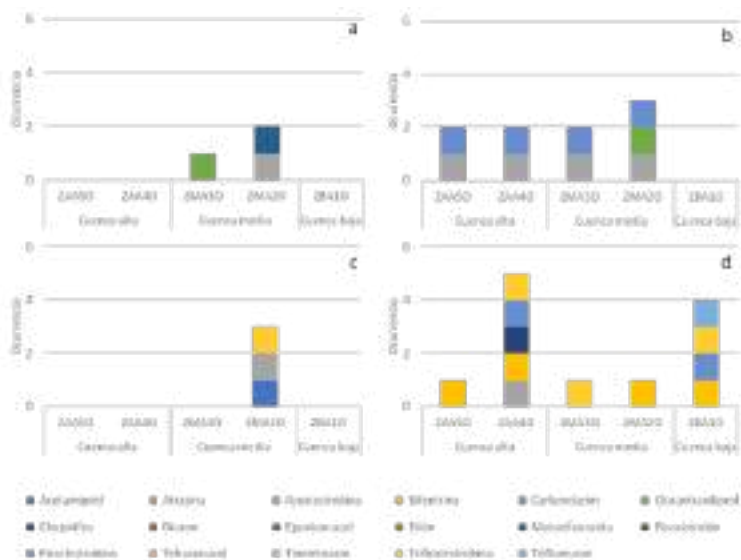
MATRIZ POLINIZADORES POLEN

Dominante: FO > 75 %
Frecuente: 75 % > FO > 50 %
Ocasional: 50% > FO > 25 %
Raro: FO < 25 %

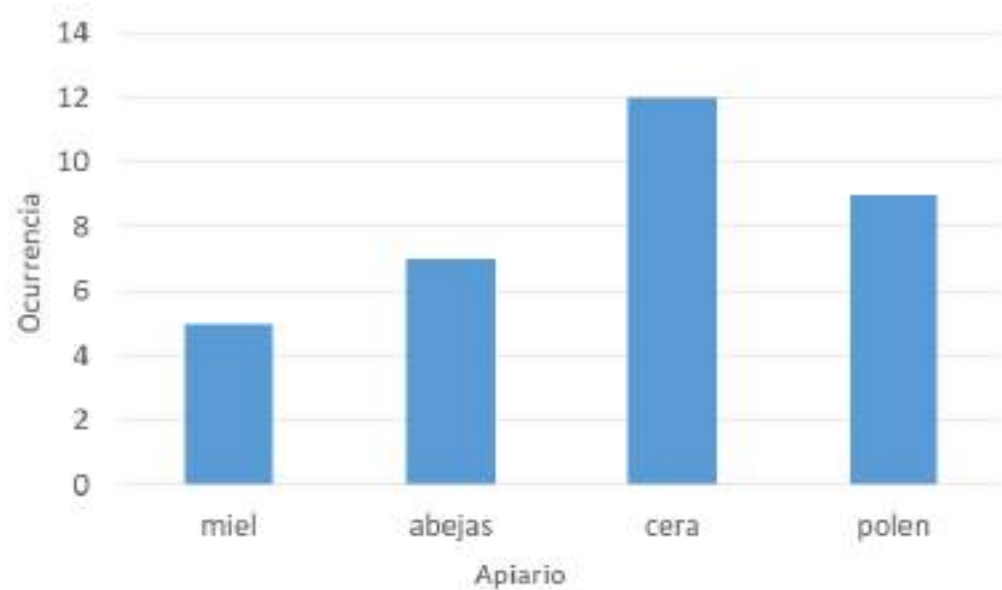
	Uso	Oc	Mayo	Agosto	Diciembre	Febrero
Azoxiestrobina	F	D	20	80	20	20
Clorantraniliprol	I	F	20	20		
Metoxifenocida	I	R	20			
Piraclostrobina	F	F		80		40
Acetamiprid	I	R			20	
Trifloxiestrobina	F	F			20	60
Bifentrina	I	R				80
Clorpirifos	I	R				20
Triflumuron	F	R				20

9 plaguicidas en 20 muestras (27 cuantificaciones)

- No se registraron plaguicidas exclusivos
- Azoxiestrobina presencia en todos los meses, el resto en dos meses. A excepción de Metoxifenocida y Acetamiprid presentes en solo un mes.
- La mayor ocurrencia de plaguicidas se observó en el mes de agosto (4), y el mínimo en mayo y febrero (1).
- El máximo de plaguicidas encontrados en una muestra fue de 5 (Apiario 4, cuenca alta).



MATRIZ POLINIZADORES

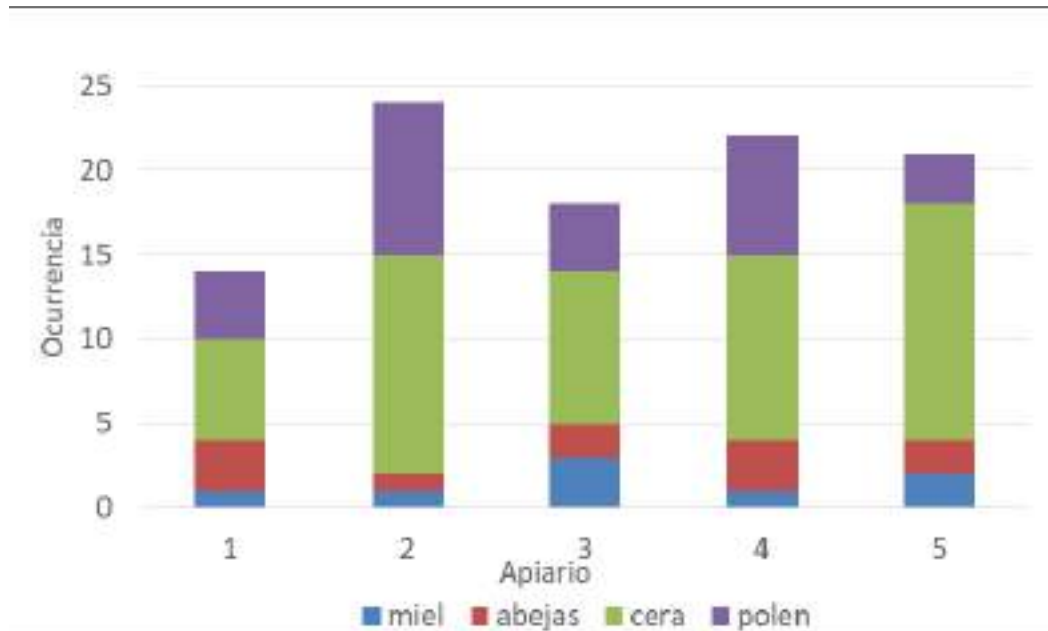


Plaguicidas en función de las matrices

Gran complementariedad entre matrices. 17 plaguicidas diferentes

Cada una de ellas indicaría diferente temporalidad

- CERA largo plazo, usos históricos
- POLEN uso actual del suelo
- ABEJAS importancia de sincronizar muestreos con aplicaciones en cuenca
- MIEL menor cantidad de plaguicidas. Naturaleza hidrofílica



Ocurrencia de plaguicidas en función de los Apiarios

Riesgo ecotoxicológico en Abejas

Unidades tóxicas = $\frac{\text{Exposición}}{\text{Toxicidad}}$ \rightarrow LC50 = LD50 * 10000 (peso medi abeja 0,1)

	Febrero					Agosto					Septiembre					Febrero				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Diuron			3,60E-06		2,90E-06															
Clorpirifos						0,01														
Etion						ND														
Epoxiconazol									2,30E-05											
Piraclostrobina									2,40E-05	5,00E-06										
Trifloxiestrobina													1,00E-06	1,00E-06						
Bifentrina																				0,075
ΣTU Apiario			3,60E-06		2,90E-06	0,01			4,70E-05	5,00E-06			1,00E-06	1,00E-06						0,075
ΣTUMes	6,40E-06					0,01005					2,00E-06						0,075			

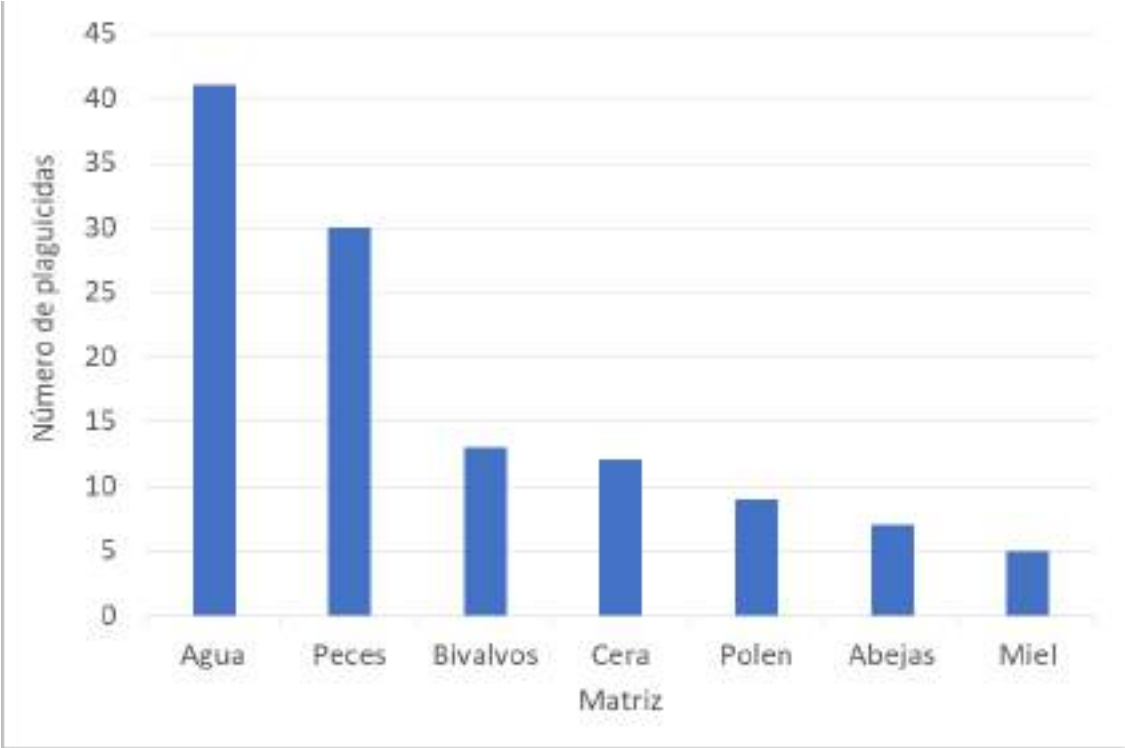
Riesgo medio: bifentrin UT= 0,075
clorpirifos UT= 0,01

Mayores valores de ΣUT febrero
mínimo en agosto

Complementariedad de matrices

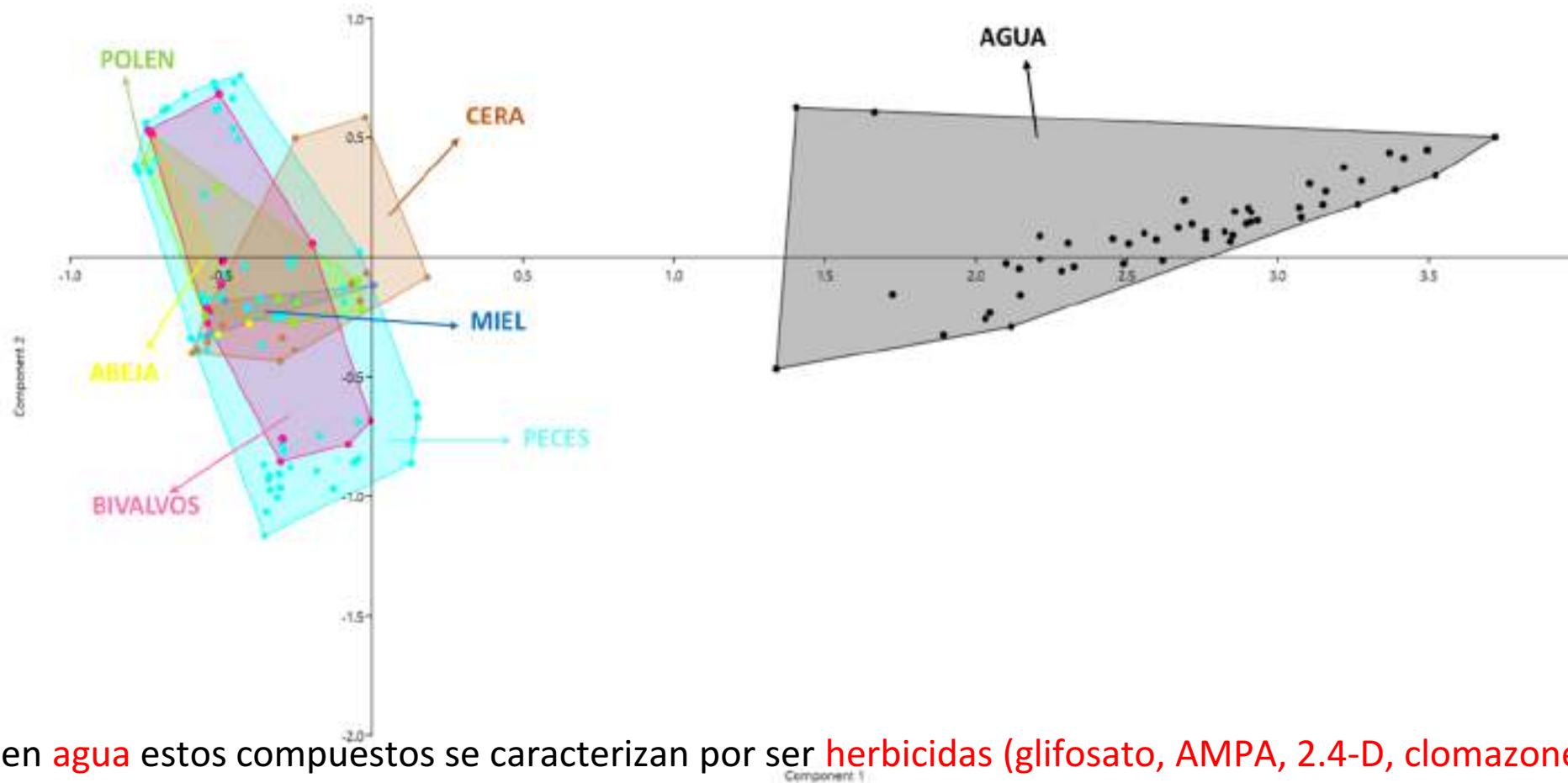
55 plaguicidas cuantificados

4 presentes en todas las matrices (piraclostrobina, diuron, clorpirifos y permetrina)



Compuesto	Uso	De	C	P&M	Agua	Peces	Bivalvos	Miel	Cera	Abeja	Polen
Clorpirifos	I	100%	0	SI							
Permetrina	I	100%	0	SI							
Bifentrina	I	86%	0								
Acetamiprid	I	43%	0								
Clorantniliprol	I	43%	0	SI							
Diuron	I	43%	2								
Metoxifenosida	I	43%	2								
Tiametoxan	I	43%	0								
Carbaryl	I	29%	2	SI							
Clopirmatrina	I	29%	0	SI							
Diazinon	I	29%	0	SI							
Imidacloprid	I	29%	0	SI							
Lambda - cialotrina	I	29%	2								
Trifluralin	I	29%	2								
Deltametrina	I	14%	0	SI							
Endosulfan sulfato	I	14%	2	SI							
Fenaziquin	I	14%	2	SI							
Fipronil	I	14%	2								
Fipronil sulfona	I	14%	2	SI							
n,p DDD	I	14%	2								
Pericloroetil	I	14%	0								
Diuron	H	100%	0	SI							
Atracina	H	43%	0	SI							
Metoladono	H	43%	2								
Metribuzina	H	43%	0								
Simazina	H	43%	2								
Atracina Desisopropil	H	29%	0								
Trifluralina	H	29%	0								
2,4 D	H	14%	0								
Acetochlor	H	14%	0	SI							
AMPA(a)	H	14%	0								
Atracina desetil	H	14%	0								
Clomazone	H	14%	0								
Flumetolam	H	14%	0								
Fluroxipir m epl	H	14%	0								
Glifosato	H	14%	0								
Glufosinato de amonio	H	14%	0								
Isoxadifen - etil	H	14%	0	SI							
Piraclostrobina	F	100%	2	SI							
Azoxiestrobina	F	57%	0								
Carbendazim	F	57%	0	SI							
Trifloxiestrobina	F	57%	0	SI							
Caproconazol	F	29%	0								
Epoxiconazol	F	29%	0	SI							
Imazalil	F	29%	0								
Metazalil	F	29%	0								
Propiocnazol	F	29%	0								
2-(enilfenol	F	14%	2								
Boscalid	F	14%	2								
Defenconazol	F	14%	0								
Iprodione	F	14%	0	SI							
Picostrobina	F	14%	1								
Primetanil	F	14%	0								
Propiconazole (ester oxisimero)	F	14%	2	SI							
Tebuconazol	F	14%	0								

Complementariedad de matrices



En general en **agua** estos compuestos se caracterizan por ser **herbicidas** (glifosato, AMPA, 2.4-D, clomazone, entre otros) mientras que en las **matrices biológicas son insecticidas** (triflumuron, deltametrina, endosulfan sulfato, fenazaquin, fipronil y pirimifos metil).

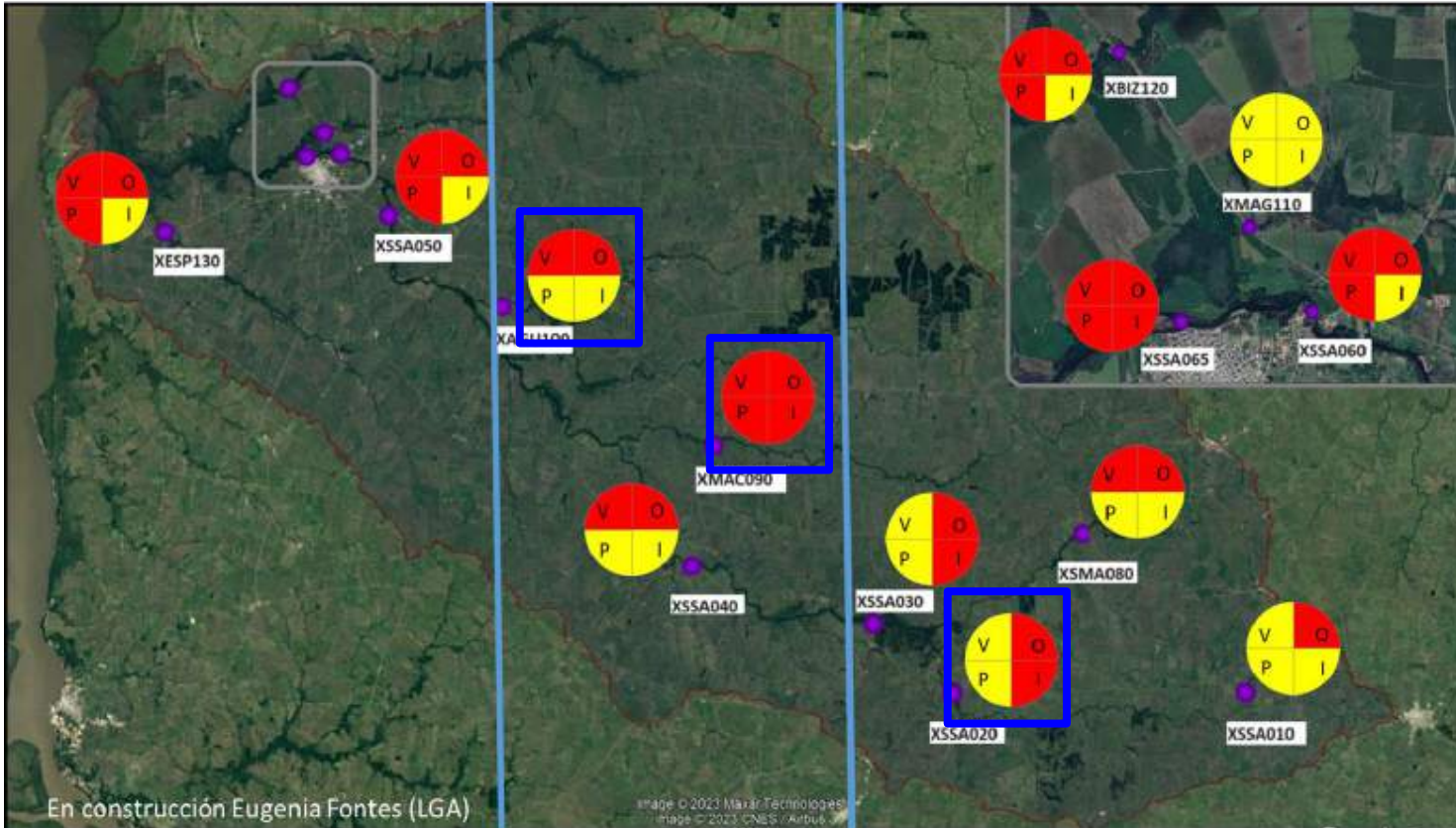
Insecticidas mayores valores de KOW

Complementariedad de matrices

- Se observó una gran complementariedad entre todas las matrices analizadas
- 7,2% de los plaguicidas presentes en todas ellas.
- los insecticidas tienden a ser más frecuentes en matrices biológicas, mientras que los herbicidas son más frecuentes en agua.
- Los diferentes patrones de aparición de los plaguicidas muestran diferentes dinámicas temporales entre las diferentes matrices.
- Agua y polen son indicadoras de los usos recientes en la cuenca, mientras que peces, bivalvos y cera reflejan una temporalidad mayor, asociada a los usos de la cuenca.

Recomendaciones

- En base a los resultados encontrados recomendamos una serie de criterios para fortalecer los Planes de Monitoreo de Calidad de Agua en la cuenca del río San Salvador:
- 1) Re-evaluar sitios de monitoreo, eliminar algunos sitios para poder aumentar la frecuencia del monitoreo en la matriz agua en al menos tres afluentes debido a que es más sencillo entender la dinámica con respecto a los usos del suelo. Además se aumentaría la probabilidad de cuantificación de un mayor número de plaguicidas.



2) Implementar análisis de Riesgo, para comprender la importancia de los resultados encontrados (RQ y Probabilístico, en proceso).

3) Implementar análisis de efectos (en proceso)

Objetivos del Monitoreo:

Conocer el nivel de contaminación y el de Riesgo

Conocer los efectos en la biota de los plaguicidas encontrados

Comprender las dinámicas asociadas a los cultivos para la toma de medidas de gestión

Recomendaciones

- 4) seleccionar al menos las dos especies de peces indicadas y al menos mantener Corbícula como una de las especies de bivalvos, de esta manera se cubren al menos tres grupos (grupos tróficos, dos grupos taxonómicos, y un gradiente de contenido lipídico y de tamaño corporal). Es importante comenzar a estandarizar el uso de especies, considerando el avance de las capacidades analíticas de DINACEA. Tener Flexibilidad a la incorporación de algunas especies extra puntualmente.



- 5) en componente polinizadores si bien existe complementariedad entre matrices, dada su acumulación y temporalidad sería recomendable trabajar al menos con la matriz cera y polen. Además el monitoreo es de interés de los productores, favorece conocer la situación para el mercado interno y externo.
- 6) mejorar la validación del método de determinación de plaguicidas en sedimentos particularmente en la reducción de los LOQs.
- 7) Consideramos relevantes los avances generados entre las diferentes instituciones participantes, en este sentido consideramos pertinente generar un espacio interinstitucional para abordar este tipo de monitoreos considerando capacidades complementarias para la puesta en marcha de programas de monitoreo de plaguicidas a nivel país.