



UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE CIENCIAS
Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA)
Posgrado en Ciencias Ambientales

Materia: Ecología del Paisaje

Cambio Global.
Modificaciones en el
territorio



UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
URUGUAY

18 junio 2025

Prof. Dr. Daniel Panario - Dra. Ofelia Gutiérrez

UNCIEP, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales
Facultad de Ciencias, Universidad de la República

Planteamiento del problema

Proceso emergente y complejo relacionado con los **cambios ambientales generados por la actividad humana**, que están modificando los **procesos biogeofísicos** esenciales que determinan el funcionamiento global de nuestro planeta

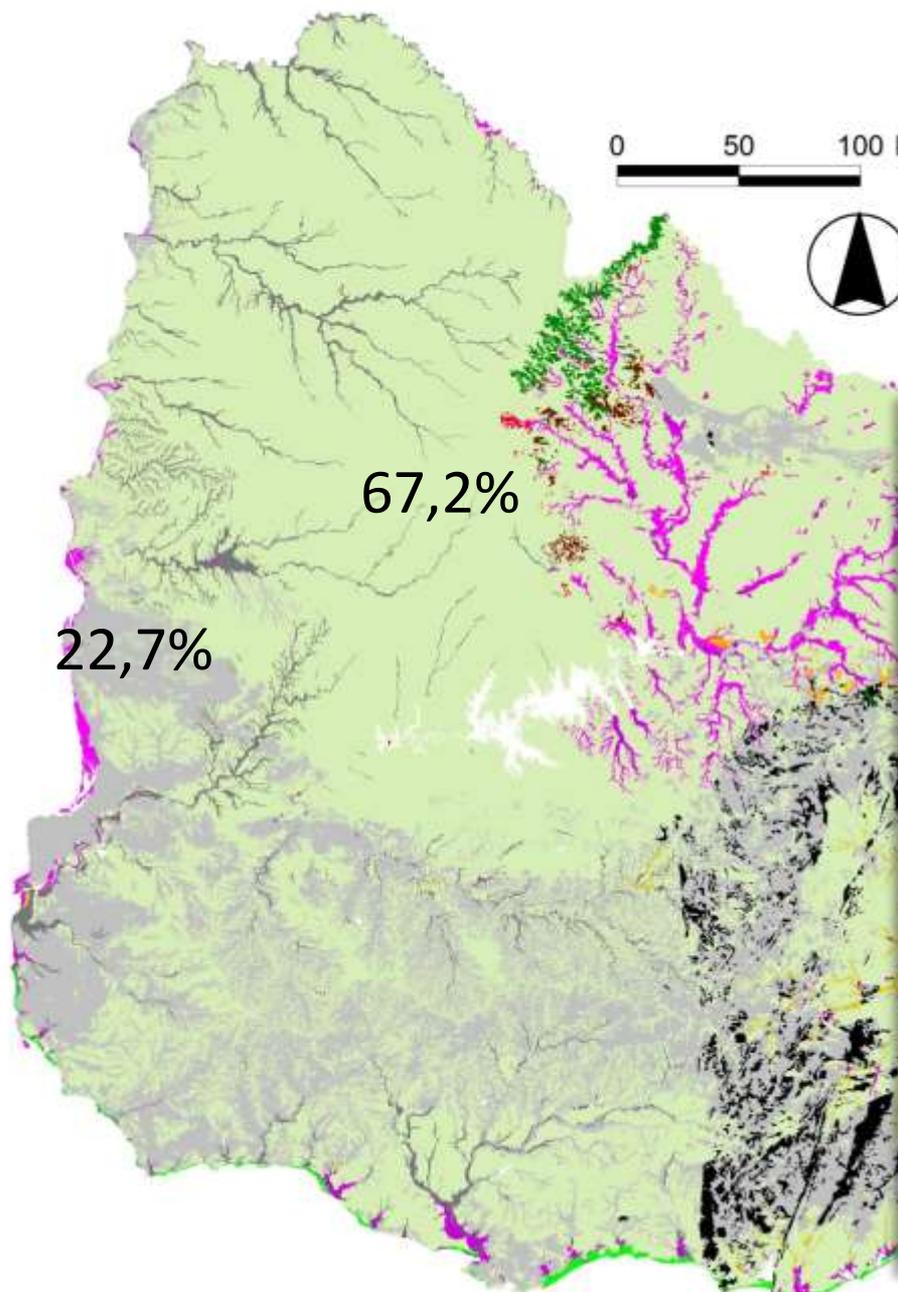
(Duarte *et al.*, 2009)



A wide landscape of rolling green hills under a cloudy sky. The foreground is filled with tall, golden-brown grasses. The middle ground shows rolling green hills with some patches of purple flowers. The sky is filled with large, white and grey clouds. The text "Ecosistema dominante la pradera" is overlaid in orange.

Ecosistema
dominante
la pradera

Vegetación potencial



- Arbustal: pradera con abundantes especies leñosas de bajo porte
- Bañado-parque-bosque ripario: bosque fluvial con parque perimetral y bañado asociado
- Bañado
- Bosque-Arbustal: formaciones boscosas con pradera con abundantes especies leñosas de bajo porte perimetral
- Bosque: formaciones boscosas
- Palmar: parque de palmeras
- Parque-bosque ripario: bosque fluvial con parque perimetral

Términos de vegetación	Descripción	Clave	Número de polígonos	Área (ha)	%
Arbustal	Pradera con abundantes especies leñosas de bajo porte	Ar	74	29.983	0,2
Bañado	Bañado	Ba	504	277.294	1,6
Bañado-parque-bosque ripario	Bosque fluvial con parque perimetral y bañado asociado	Ba-Pa-Ri	408	340.948	2,0
Bosque	Formaciones boscosas	Bo	74	7.831	0,04
Palmar	Parque de palmeras	PI	491	277.599	1,6
Parque	Pradera arbolada	Pa	4.503	3.949.072	22,7
Parque-Bosque	Formaciones de bosque con parque perimetral	Pa-Bo	1.685	429.161	2,5
Parque-Bosque ripario	Bosque fluvial con parque perimetral	Pa-Ri	462	409.881	2,3
Pradera	Pradera	Pr	25.408	11.720.865	67,2
no determinado	Ocurrencia de más de una formación vegetal	nd	10	1.967	0,01



**AGUA PARA LA
VIDA... o**

**AGUA PARA EL
AGRONEGOCIO**



El cambio de uso del suelo en Uruguay



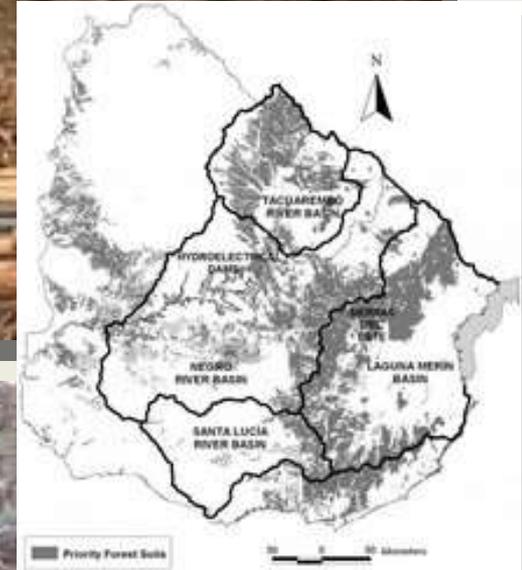
CULTIVOS y FORESTACIÓN

Actividades asociadas con impactos

- Planta de celulosa

- Impacto del transporte (vía férrea)

- **Forestación**
(suelos, diversidad, ciclo hidrológico, ciclos de carbono)

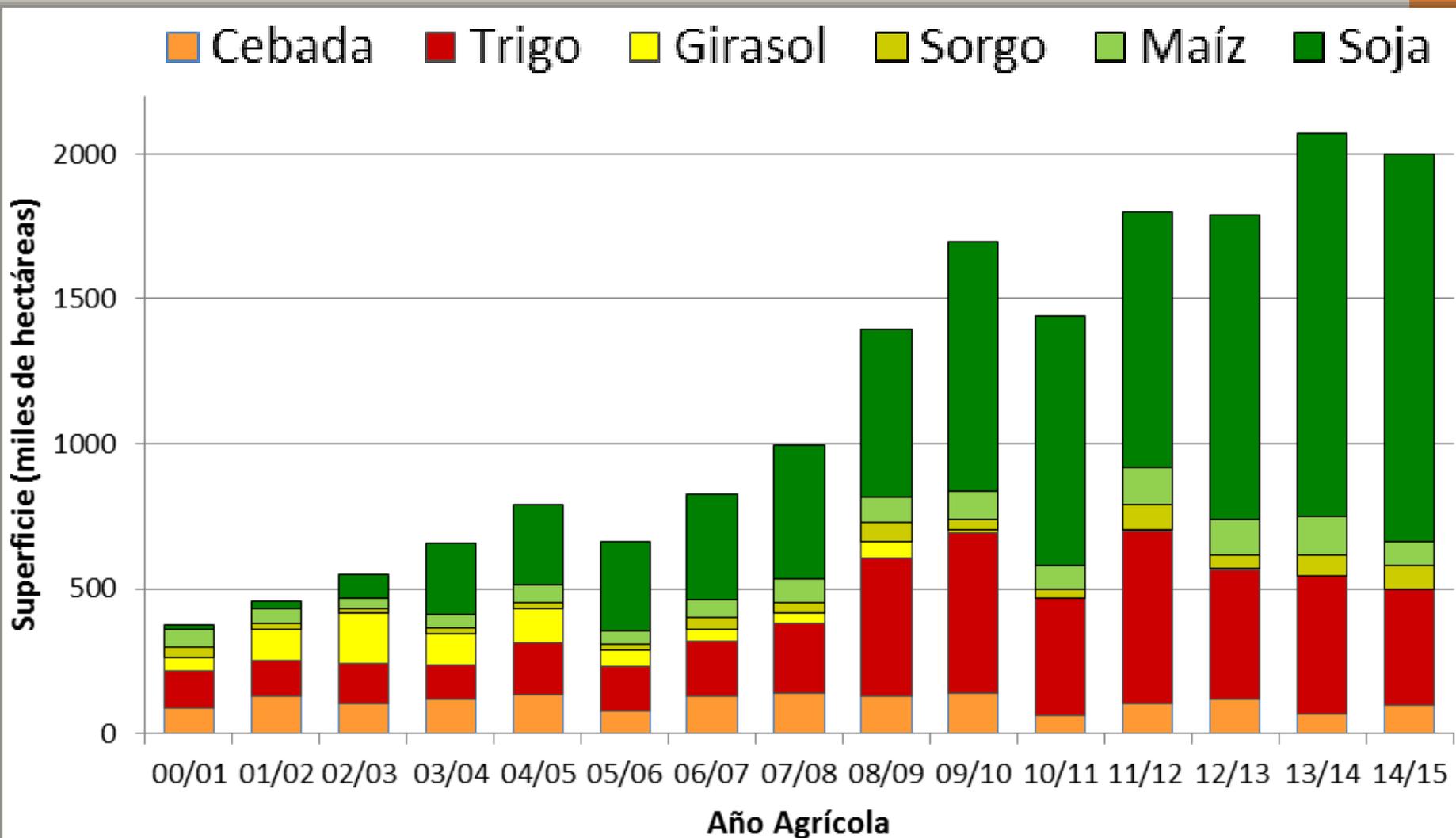




Servicios ecosistémicos:

- ✓ **Ciclo hidrológico**
- ✓ **Biodiversidad**
- ✓ **Regulación atmosférica (gases)**
- ✓ **Propiedades fisicoquímicas del suelo**

Evolución de la Agricultura de Secano



Los contaminantes

```
graph LR; A[Los contaminantes] --> B[Fósforo (P)]; A --> C[Nitrógeno (N)]; A --> D[Plaguicidas];
```

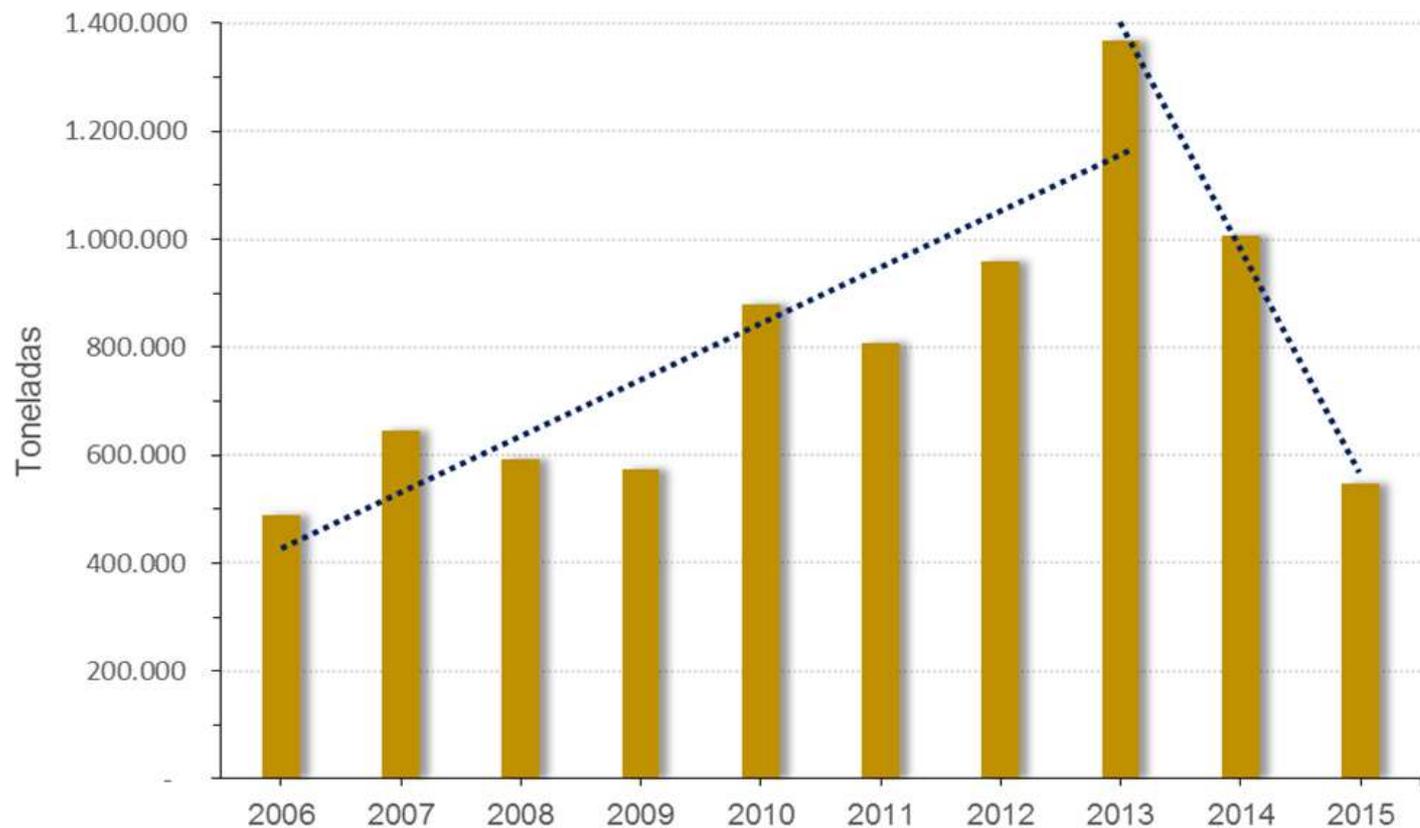
Fósforo (P)

Nitrógeno (N)

Plaguicidas

Importación de fertilizantes

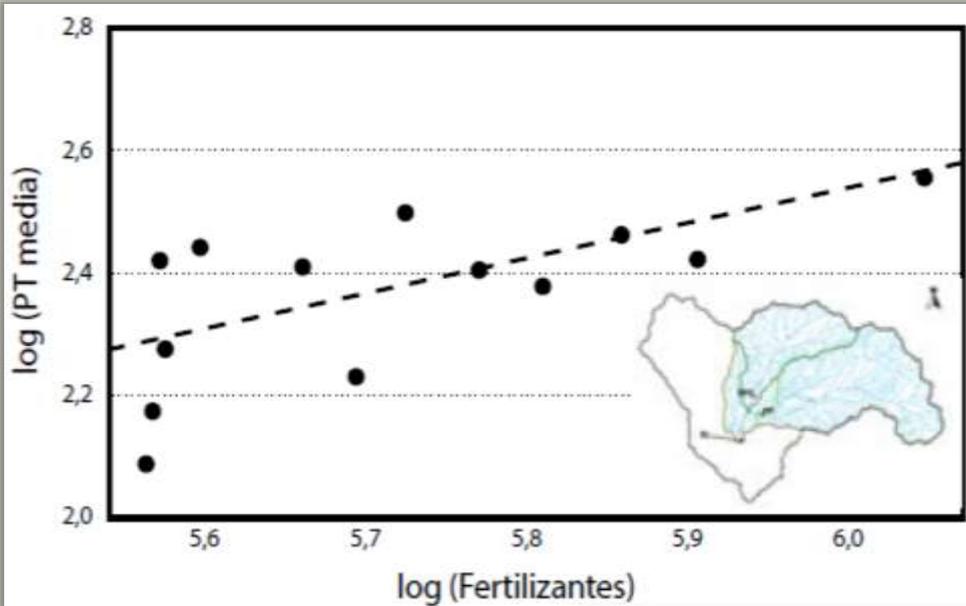
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Toneladas	488.147	645.864	591.890	572.710	880.367	806.468	958.500	1.367.687	1.006.722	546.691
U\$S	114.686	228.272	367.624	175.972	314.744	392.558	426.946	620.342	525.900	268.889



Fuente:
Dirección de
Servicios
Agrícolas-
MGAP

Fertilización en cobertura

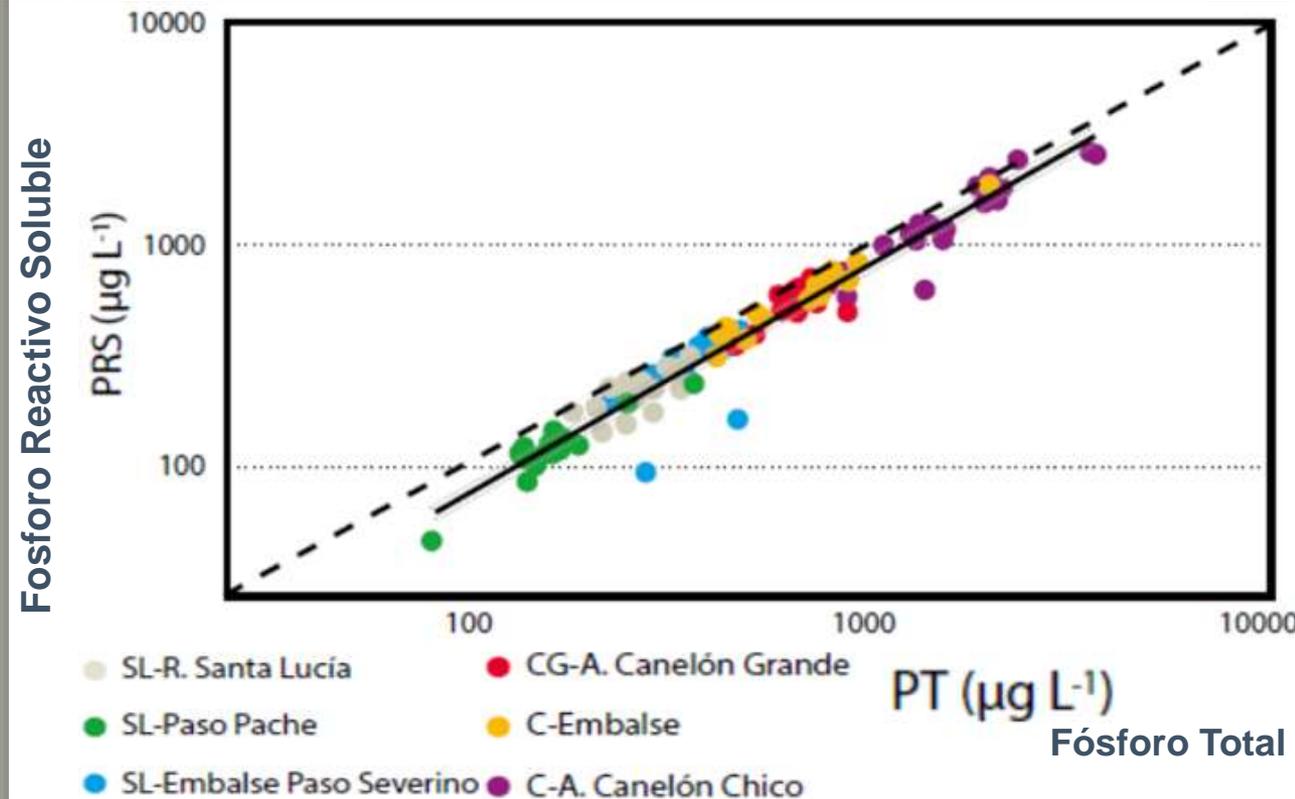




Regresión lineal significativa entre el logaritmo de **Fosforo Total (PT)** en agua (datos anuales promediados de la subcuenca RSL, sitios SL, PP y EPS) y de las toneladas de fertilizantes importados por el país.

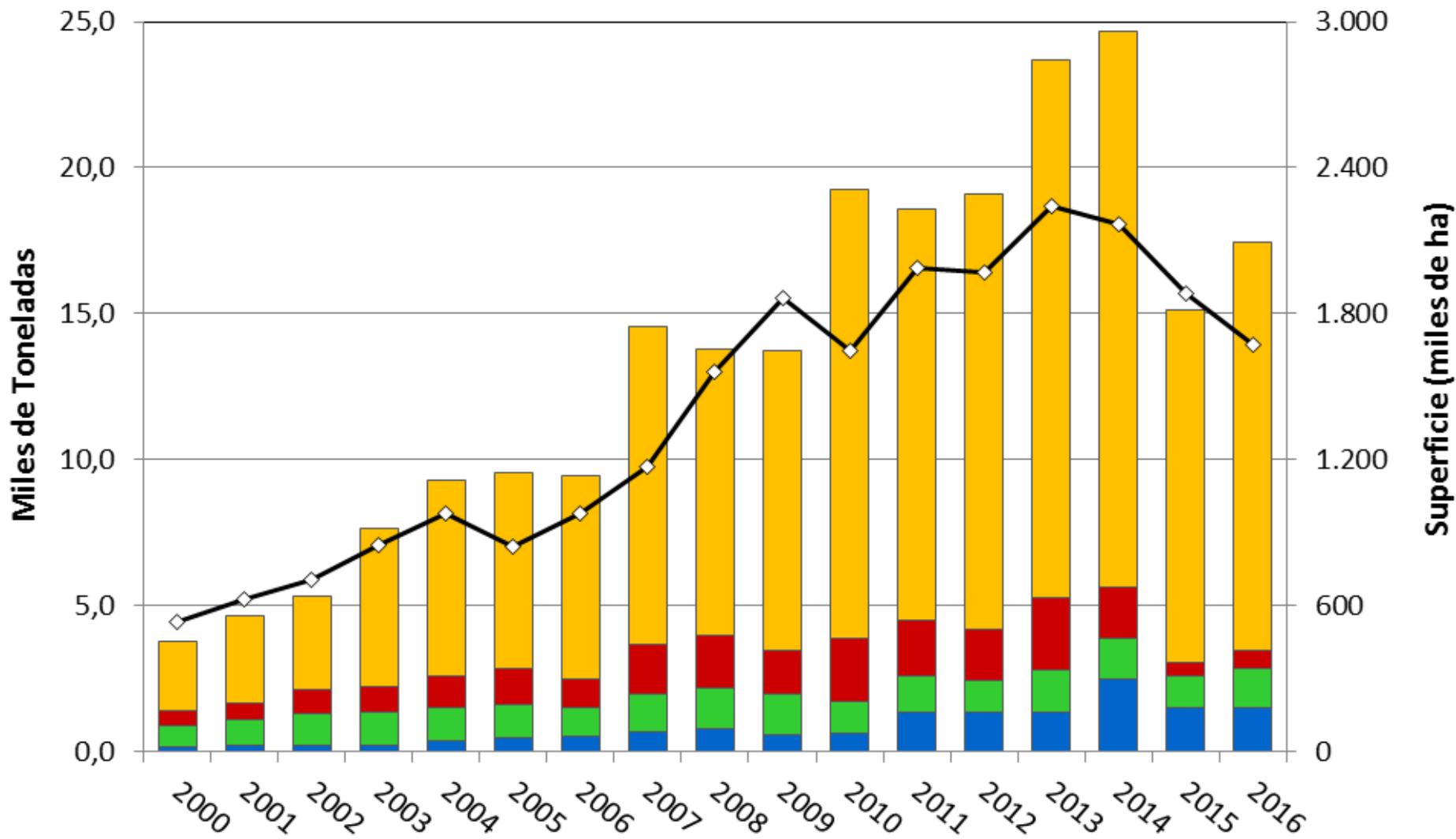
Aubriot *et al.* (2018) Evolución de la eutrofización en el Río Santa Lucía: influencia de la intensificación productiva y perspectivas. *Innotec* 14(14): 7-16.

Correlaciones entre **Fosforo Reactivo Soluble (PRS)** y **Fosforo Total (PT)**. Línea continua muestra el ajuste lineal y línea punteada el 95 % de intervalo de confianza. La línea entrecortada muestra la relación proporcional 1:1.



Uso de agroquímicos

Otros Fungicidas Insecticidas Herbicidas Sup. Agricultura



Elaborado con datos de DGSA-MGAP

Uso de plaguicidas

Cambios en el período 2000 – 2014

Superficie **Agricultura**: x 4

de 0.5 a 2.2 millones ha

IMPORTACIONES

Plaguicidas: x 6,5 - 3.8 a 24.6 miles de Ton

Herbicidas: x 7.9 - 2.4 a 19 miles de Ton

Insecticidas: x 3.7 - 0.5 a 2.0 miles de Ton

Pesticidas en tejido muscular de peces del Río Negro y Uruguay



ALCANCE DEL ESTUDIO

**Mercedes, Nuevo Berlín, San Javier (agricultura de secano)
San Gregorio de Polanco (pasturas naturales)**

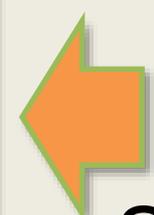
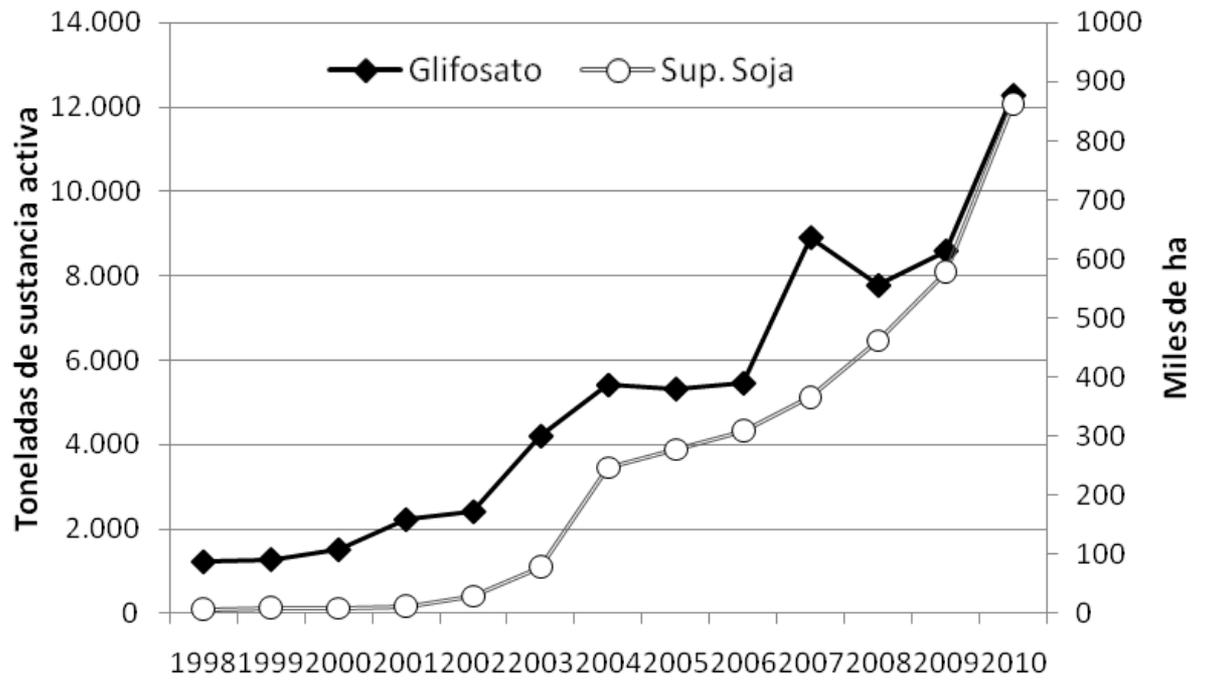
149 peces analizados recogidos en tres zonas asociadas

RESULTADO

- ✓ 143 peces contenían al menos un pesticida detectado y cuantificado
- ✓ residuos de 30 diferentes agrotóxicos en el 96% de los organismos analizados
- ✓ en un organismo se llegaron a detectar 21 sustancias, de un total de 30 detectadas.

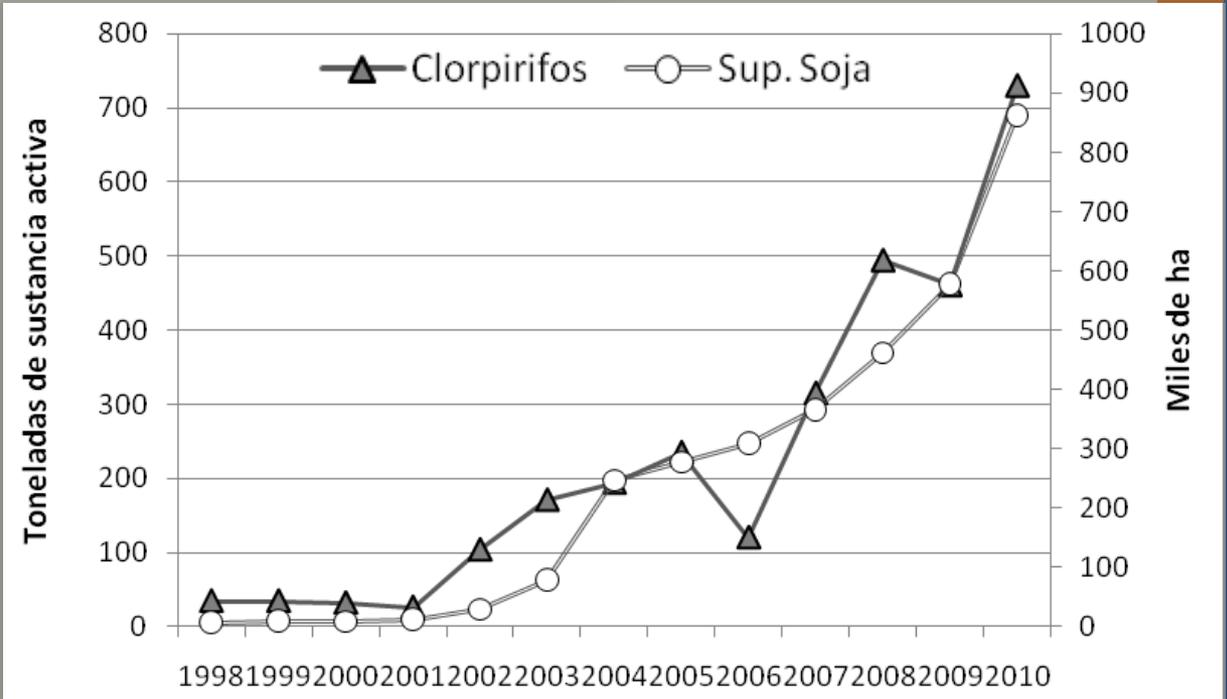
Ernst F, Alonso B, Colazzo M, Pareja L, Cesio V, Pereira A, Márquez A, Errico E, Segura AM, Heinzen H, Pérez-Parada A. 2018. Occurrence of pesticide residues in fish from south American rainfed agroecosystems. *Sci Total Environ.* 631–632:169–179. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2018.02.320

Estudio realizado por: Facultad de Ciencias, Facultad de Química, Centro Universitario Litoral Norte, Centro Universitario Regional Este DINARA - MGAP



**Glifosato
vs.
Superficie de
soja**

**Clorpirifos
vs.
Superficie de
soja**

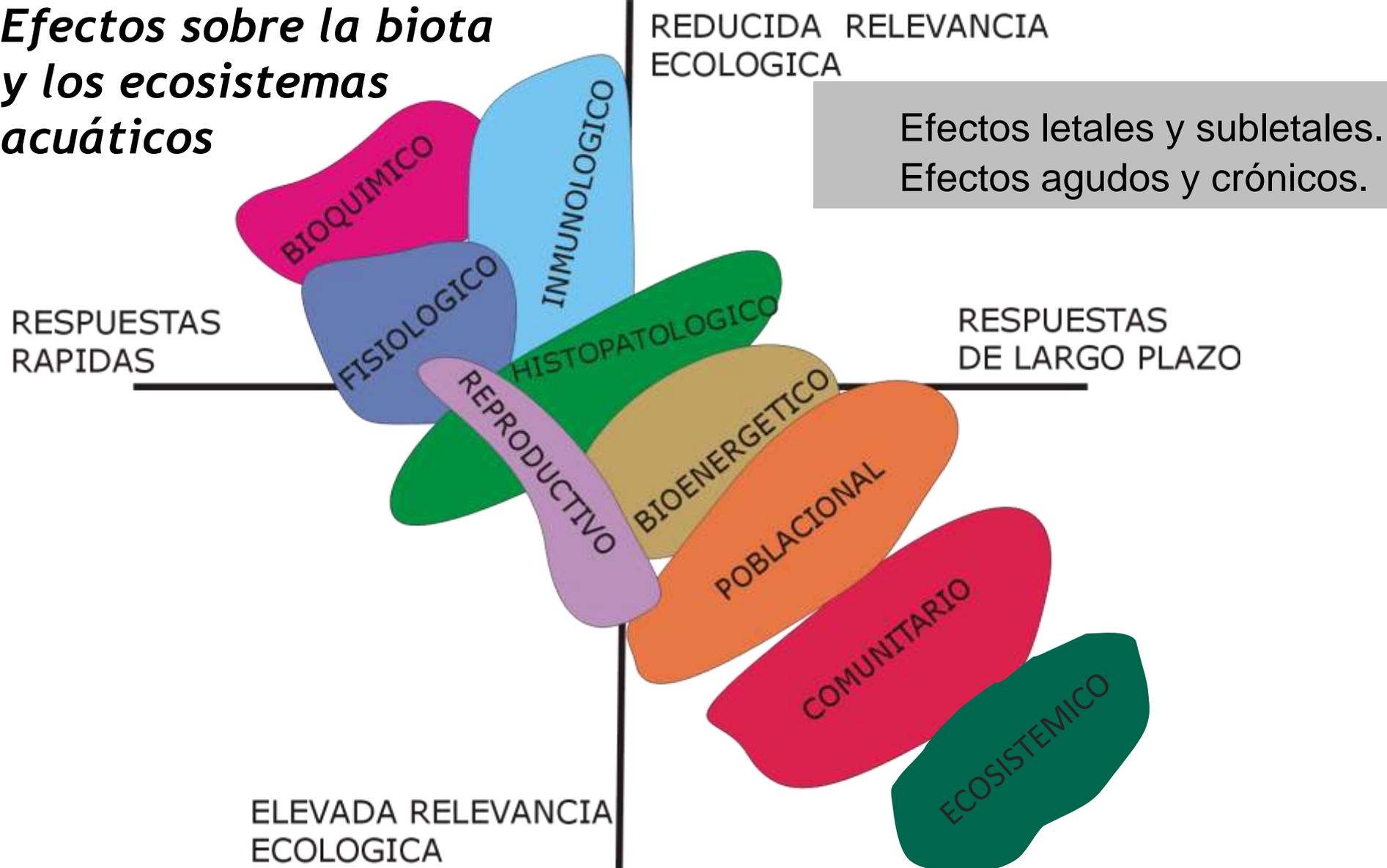


Características de los efluentes del proceso de producción de celulosa

- ✓ Sólidos suspendidos (orgánicos e inorgánicos)
- ✓ Materia orgánica (suspendida y disuelta)
- ✓ Compuestos organoclorados
- ✓ Disruptores endócrinos, derivados de hormonas vegetales (fitoesteroles), lignina, terpenos y ácidos resínicos
- ✓ Fósforo y Nitrógeno

Composición química muy heterogénea, incluso varios compuestos aún no han sido identificados.

Efectos sobre la biota y los ecosistemas acuáticos



Respuestas de los distintos niveles de organización frente a disturbios o alteraciones, según el tiempo de exposición en que pueden ser observados y su relevancia ecológica.

Fuente: modificado Peakall & Shugart (1992)



La Ley de Riego

Junio 2013



Octubre 2015



Coloración
típica de
floraciones de
cianobacterias
dispersas

Embalses para riego que descarga en la cuenca del Santa Lucía (aguas arriba de la localidad de Fray Marcos, Florida). Véanse las floraciones (Imágenes tomadas de Google Earth)

Cianobacterias y cianotoxinas en ecosistemas límnicos de Uruguay

Bonilla, Sylvia⁽¹⁾⁽²⁾, Haakonsson, Signe⁽¹⁾⁽²⁾, Somma, Andrea⁽¹⁾⁽²⁾, Gravier, Ana⁽³⁾, Britos, Anamar⁽³⁾, Vidal, Leticia⁽¹⁾⁽³⁾, De León, Lizet⁽¹⁾⁽⁴⁾, Brena, Beatriz, M.⁽¹⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾, Pérez, Macarena⁽⁸⁾, Piccini, Claudia⁽¹⁾⁽⁵⁾, Martínez de la Escalera, Gabriela⁽⁵⁾, Chalar, Guillermo⁽²⁾, González-Piana, Mauricio⁽²⁾, Martigani, Fátima⁽¹⁾⁽²⁾, Aubriot, Luis⁽¹⁾⁽²⁾

⁽¹⁾Grupo de Fisiología y Ecología de Fitoplancton - ⁽²⁾Sección Limnología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República - ⁽³⁾Área Hidrobiología de la Gerencia de Gestión de Laboratorios, Obras Sanitarias del Estado, OSE - ⁽⁴⁾Dirección Nacional de Medio Ambiente, División Calidad Ambiental, Departamento de Evaluación Ambiental Integrada, MVOTMA - ⁽⁵⁾Departamento de Microbiología, Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable, IIBCE - ⁽⁶⁾Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental, Intendencia de Montevideo, IM - ⁽⁷⁾Cátedra de Bioquímica, Facultad de Química, Universidad de la República - ⁽⁸⁾Cátedra de Inmunología, Facultad de Química, Universidad de la República.

LEYENDA

- 10 mm³ L⁻¹ o 100.000 cel mL⁻¹ o 50 ug L⁻¹
- 2 mm³ L⁻¹ o 20.000 cel mL⁻¹ o 10 ug L⁻¹
- <0,2 mm³ L⁻¹ o 2.000 cel mL⁻¹ o 1 ug L⁻¹
- ▲ Sin altas Biomosas de Cianobacterias
- Cuencas Hidrográficas

Sitios georreferenciados donde se han detectado cianobacterias (1980-2014), categorizados según niveles guía OMS para aguas recreacionales en base a indicadores globales (BV-C, cél-C o clo a) y datos cualitativos.

● riesgo alto (por encima nivel Guía 2), ● riesgo moderado, ● riesgo bajo
▲ sin eventos de cianobacterias (2008-12, datos cualitativos OSE)

Efectos sobre la biota y los ecosistemas acuáticos

ALCANCE DEL ESTUDIO

18 sitios de Suecia, Canadá y USA.

Comparación de organismos de 8 especies de peces expuestos y no expuestos.



RESULTADO

- ✓ 80% de organismos retardan la maduración sexual.
- ✓ 60% de individuos presentó reducción del tamaño de las gónadas
- ✓ se incremento en 50% factor de condición (longitud-peso)

Predicción de efectos de efluentes de **plantas de producción de celulosa Kraft ECF** con tratamientos primarios y secundarios en el Río Uruguay:

Respuestas sitio-dependientes

Capacidad de dilución

Características físico-químicas de medio acuático

Sensibilidad o resistencia de las poblaciones nativas

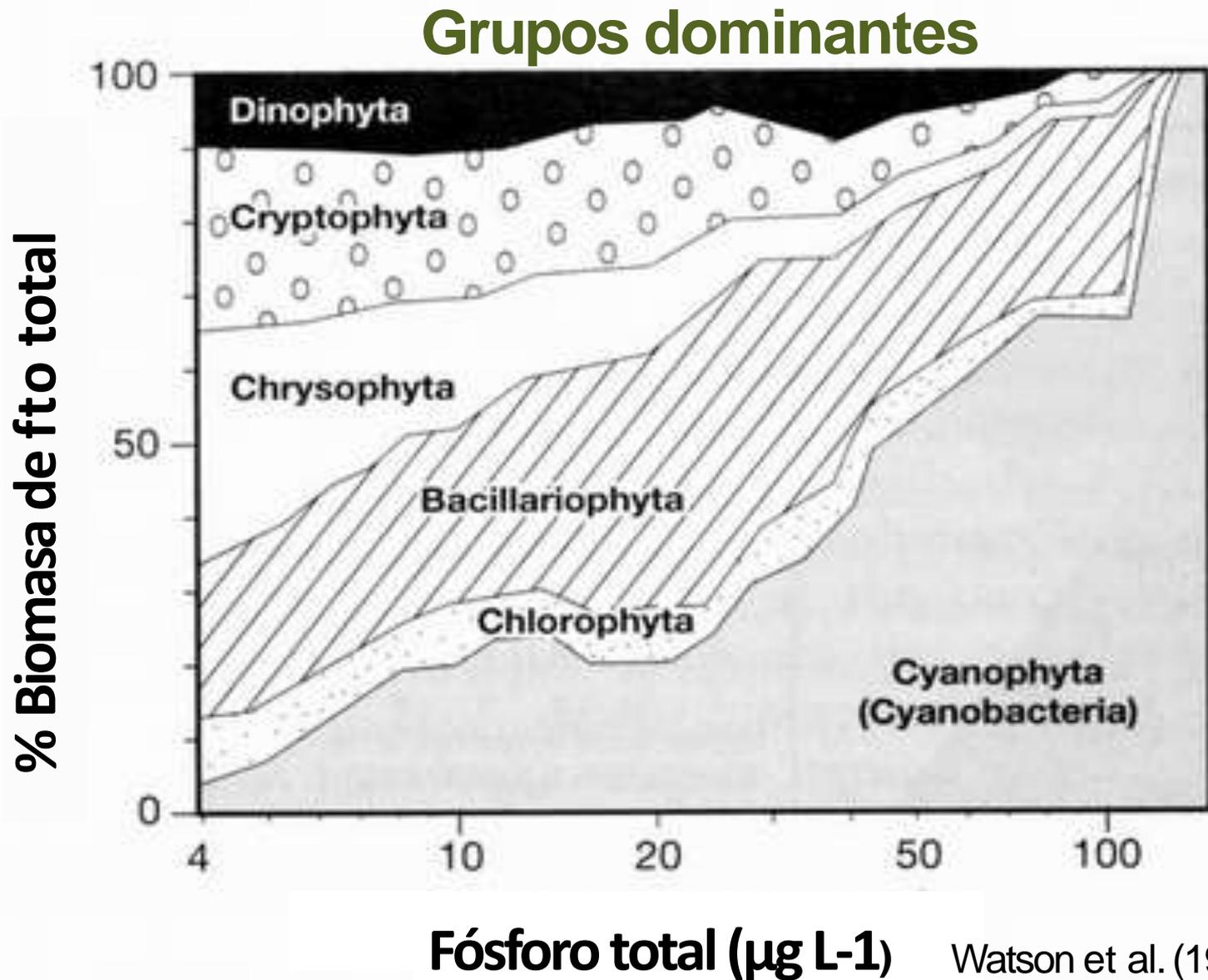




Fecha: 22-04-2018

Fotografía: Alejandro Viñas

Efecto aumento de nutrientes





Represa de Paso Severino

Fecha: 12-11-2011

Fotografía: Roberto Pablo Nogueira



Fecha: 12-11-2011

Fotografía: Roberto Pablo Nogueira





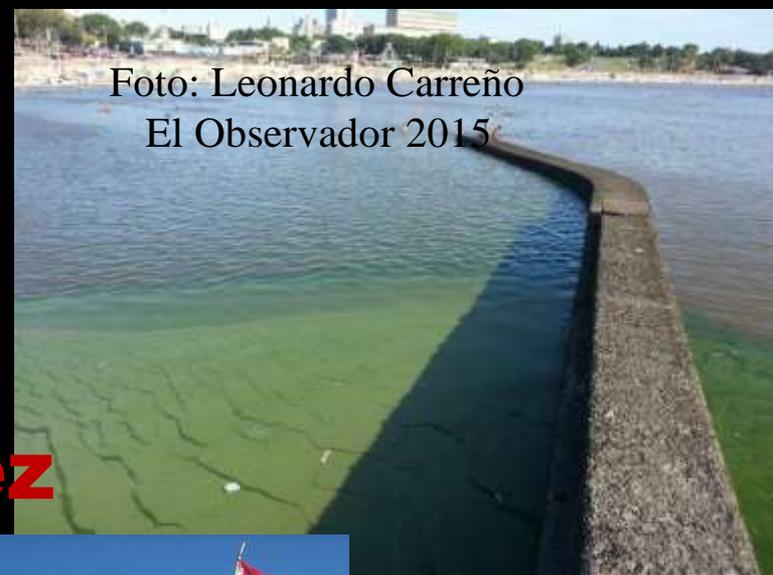
Isla del Puerto sobre
el Río Negro, frente
“La coqueta del
Hum”
14/05/2018



Foto: Manuel Lino
Montevideo Portal 2016



Foto: Leonardo Carreño
El Observador 2015



Ramírez

Foto: Ariel Colmegna
El País 2016



Foto: IMM
El País 2015



Pocitos

Brava de Atlántida

Foto: Subrayado 2016



Desembocadura del Arroyo Solís
08/02/2017

Fotografía: Agrupación de
Guardavidas de Maldonado

De 6 eventos a 81 en 10 años



Vidal F, Sedan D, D'Agostino D, Cavalieri ML, Mullen E, Parot Varela MM, Flores C, Caixach J, Andrinolo D (2017) **Recreational exposure during algal bloom in Carrasco Beach, Uruguay: A liver failure case report.** *Toxins*, 9:267. doi:10.3390/toxins9090267

Consecuencia de baño en playa Carrasco, Montevideo



Apariencia macroscópica externa del **hígado** explantado. Véase la superficie nodular colestásica gruesa (**flechas rojas**) y las áreas con extinción parenquimatosa (**flecha negra**).

2°C: MÁS ALLÁ DEL LÍMITE

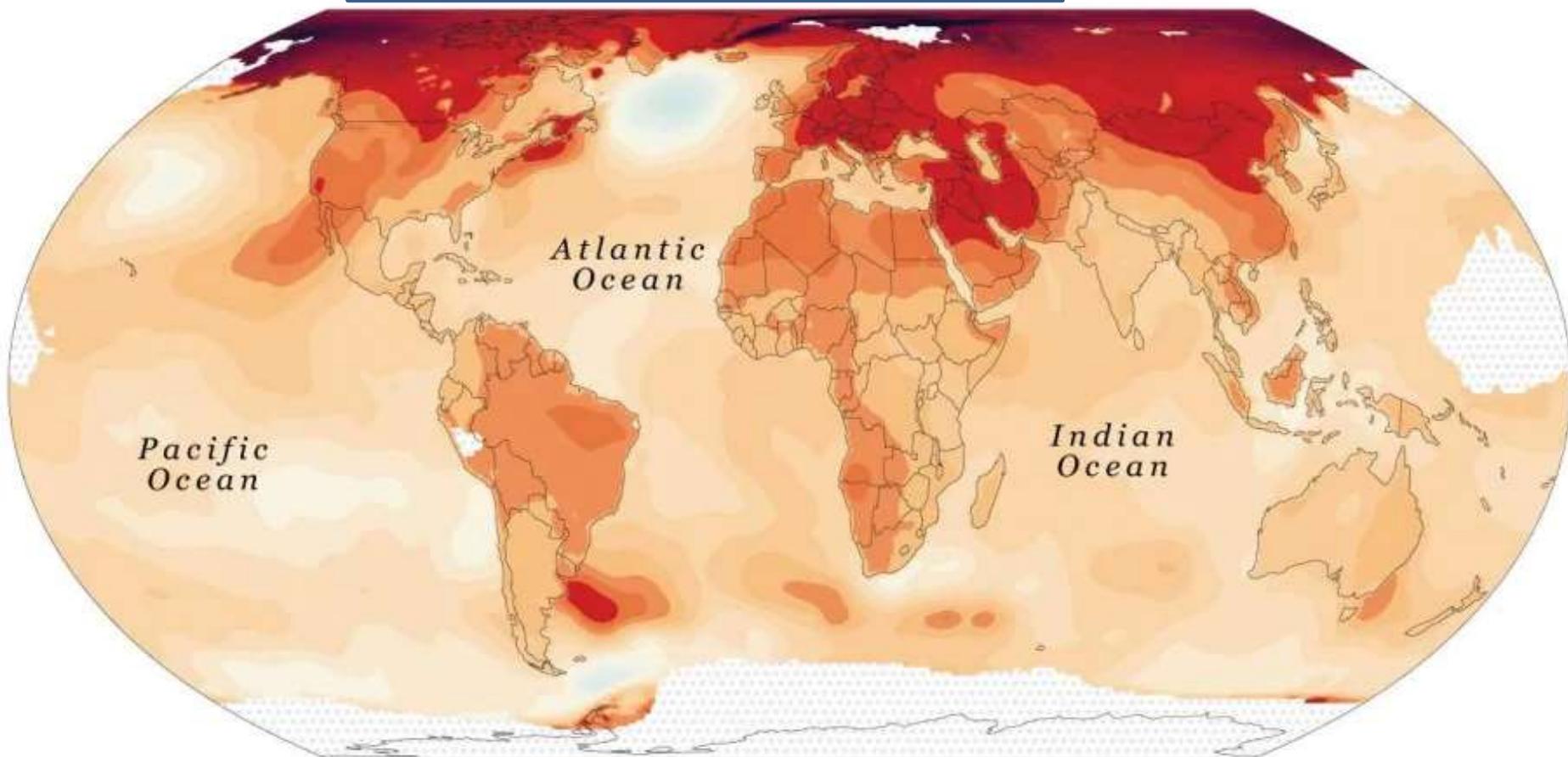
Nuevas zonas peligrosas se están extendiendo por todo el mundo

Temperature change, 2014-2018 compared with 1880-1899

2018

-1.8 0 2.7 3.6°F 10.8+

Insufficient data -1 0 1.5 2°C 6+



Source: Berkeley Earth

<https://www.washingtonpost.com/news/powerpost/paloma/the-energy-202/2019/09/11/the-energy-202-uruguay-s-clam-die-off-is-a-vivid-sign-of-global-warming-s-ripple-effects/5d77f65588e0fa7bb93a8a72/>



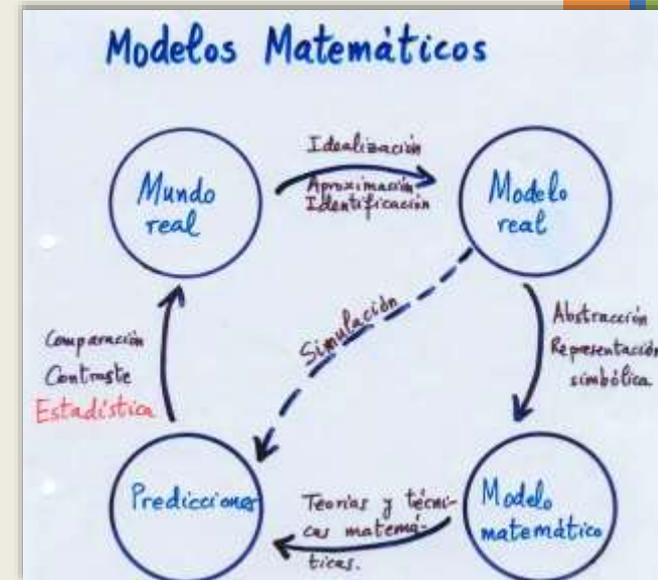


Modelos matemáticos de predicción de contaminantes de efluentes industriales

Predicciones (en base a supuestos)

vs.

(porfiada) realidad



5/24/2009

Río Uruguay

2,37 Km

UPM

Playa Ubici

Fray Bentos

Image © 2018 DigitalGlobe

2000 m

Regla

Línea Ruta Polígono Círculo Ruta 3D Polígono 3D

Medir la distancia entre dos puntos en el suelo

Longitud del mapa: 2,37 Kilómetros

Distancia en el suelo: 2,37

Dirección: 259,55 grados

Navegación con ratón

Guardar

Borrar

Google Earth

2003

Fecha de las imágenes: 5/24/2009

21 H 381815.81 m E 6334617.06 m S elev. 0 m

alt. ojo 8.65 km

Encuentro del Río Negro con
el Río Amazonas, cerca de la
ciudad de Manaus, Brasil.

Río Amazonas

Río Negro

12/2006



Río Negro
Manaos

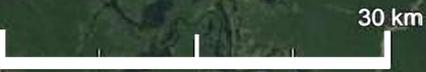


Río Amazonas



★ Punto de unión de ambos ríos

Image Landsat / Copernicus



Google Earth

Fecha de las imágenes: 12/30/2006 21 M 223344.13 m E 9645277.05 m S elev. 0 m alt. ojo 131.01 km



La otra cara de la celulosa

Forestación masiva

Servicios ecosistémicos:

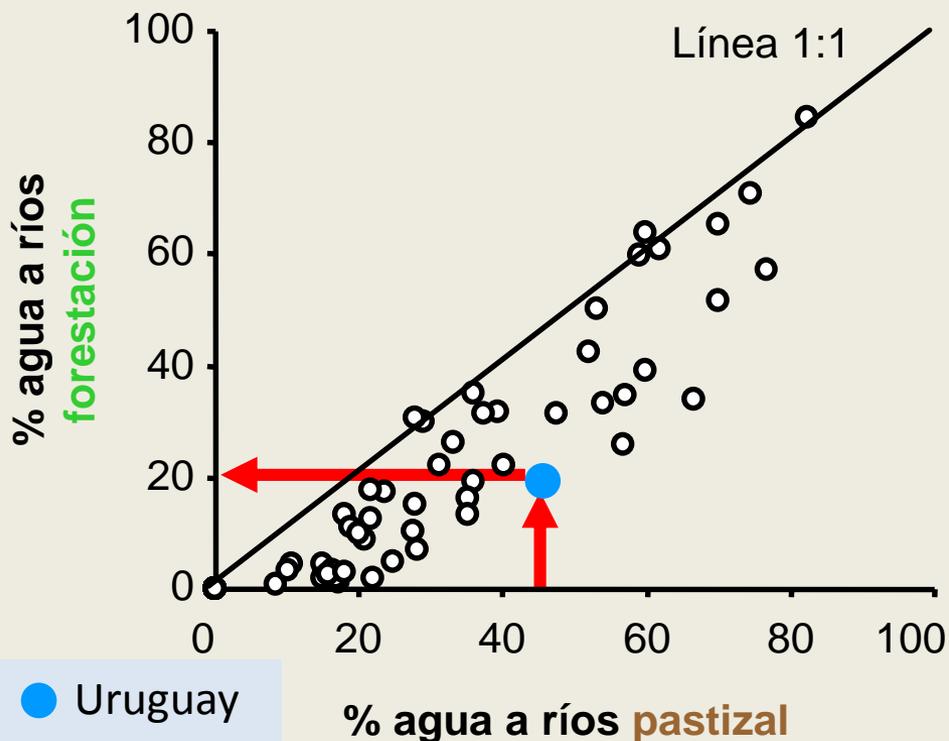
- ✓ **Ciclo hidrológico**
- ✓ **Biodiversidad**
- ✓ **Regulación atmosférica (gases)**
- ✓ **Propiedades fisicoquímicas del suelo**

Efectos sobre el ciclo hidrológico

Impacto de la **forestación** de **pastizales** sobre

vapor + líquido

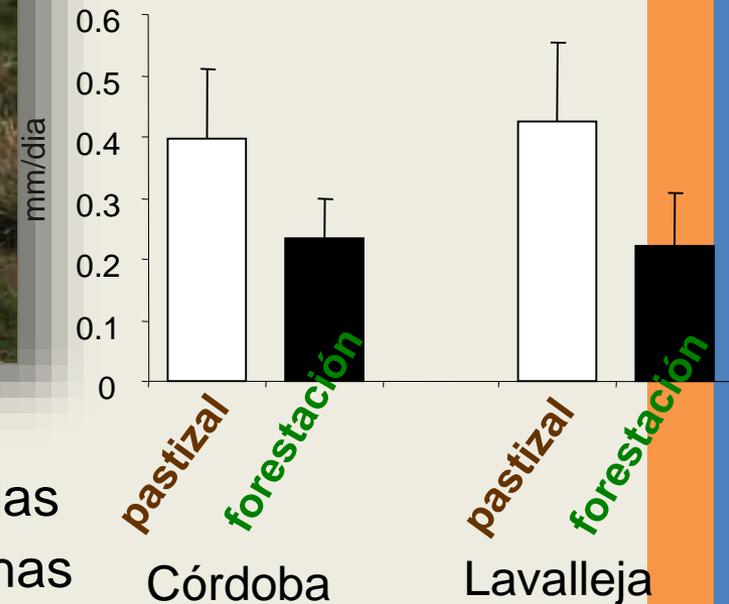
agua a ríos



- 26 pares en todo el mundo
- cursos de pastizales con % <10 se secan tras forestar...
- eucaliptos > pinos

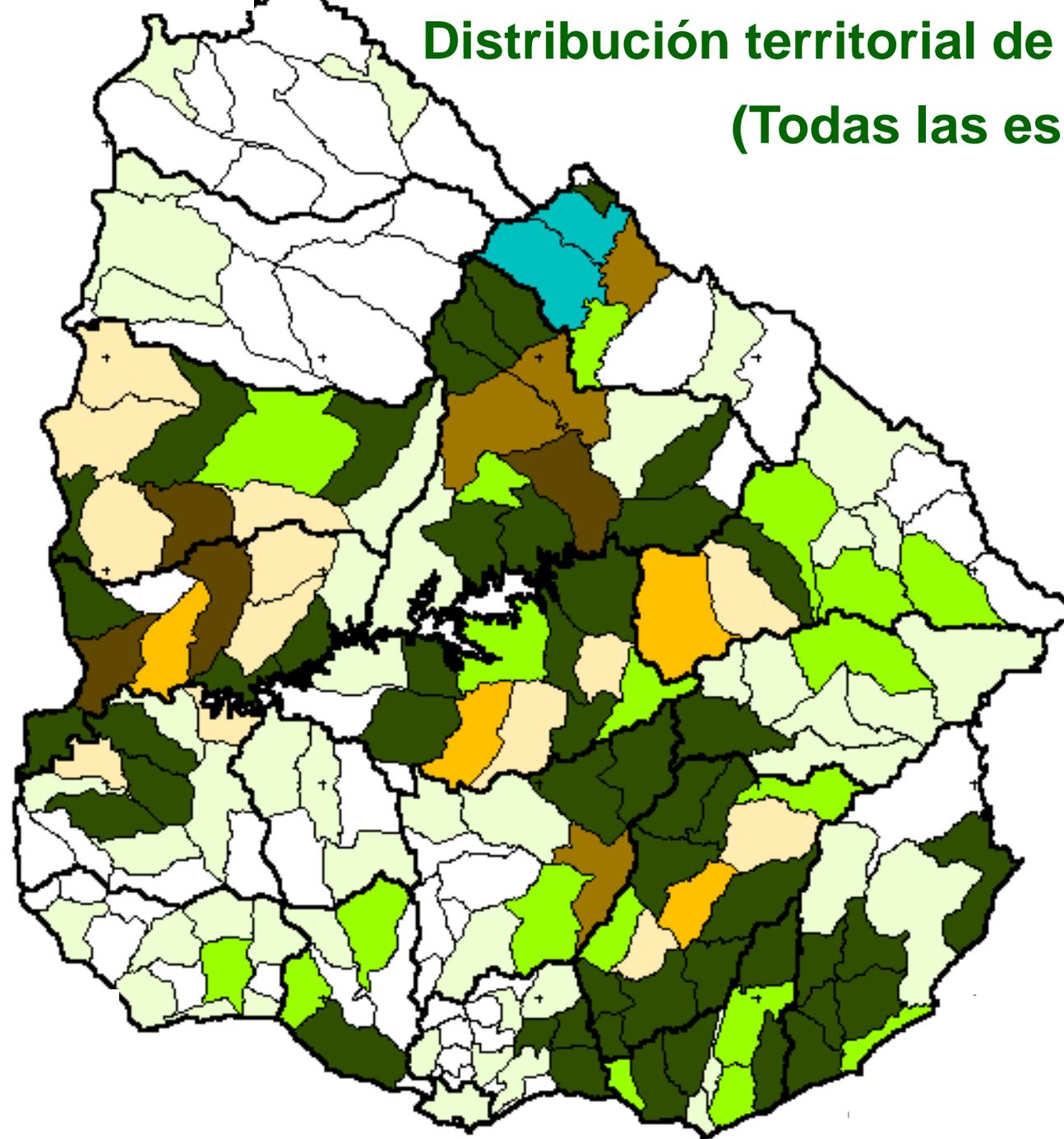
Impacto de la **forestación** de **pastizales** sobre

vapor + líquido
agua a ríos



- datos preliminares para microcuencas pareadas
- URU=8 pares, 3 fechas ARG= 4 pares, 5 fechas
- reducción del caudal de aproximadamente 50%

Distribución territorial de la forestación (ha) (Todas las especies)

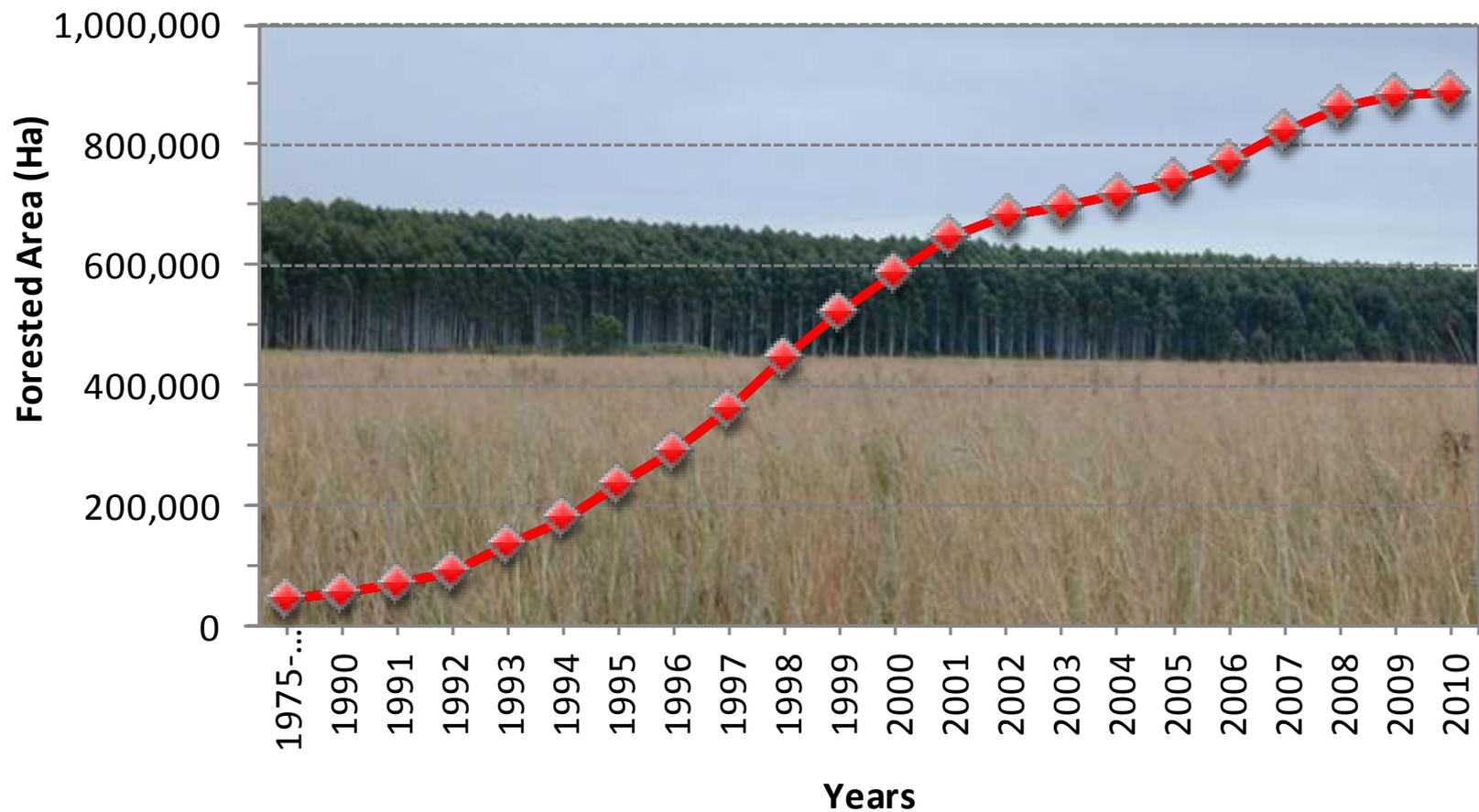


REFERENCIAS

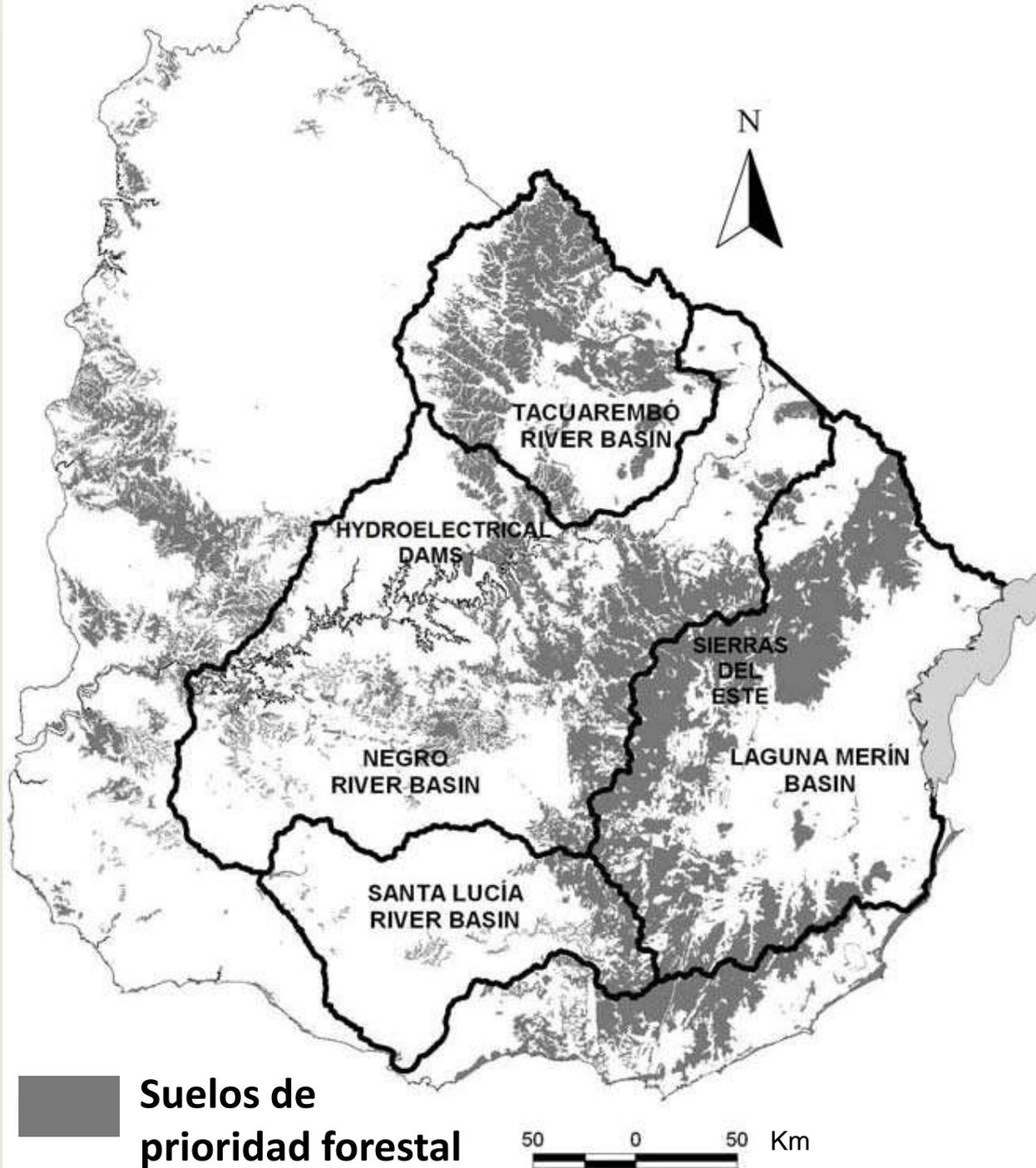
Superficie en ha

Blue	25.000 a 30.000
Brown	20.000 a 25.000
Orange	15.000 a 20.000
Dark Green	10.000 a 15.000
Light Green	5.000 a 10.000
Light Orange	1.000 a 5.000
Very Light Green	500 a 1.000
Light Orange	1 a 500
White	0

Evolution of Forested areas in Uruguay



Gutiérrez, O., Panario, D. Céspedes-Payret, C. (2014) **Implementación de un complejo forestal Industrial, ¿una política de Estado? Estudio de caso: Uruguay.** Working Paper. ENGOV - Gobernanza Ambiental en América Latina y el Caribe: Desarrollando Marcos para el Uso Sostenible y Equitativo de los Recursos Naturales. Amsterdam. Serie Documentos de Trabajo, No 7. 21p.[doi:10.13140/RG.2.2.26174.89928](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26174.89928)



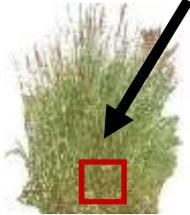
Céspedes-Payret C, Piñeiro G, Achkar M, Gutiérrez O, Panario D (2009) **The irruption of new agro-industrial technologies in Uruguay and their environmental impacts on soil, water supply and biodiversity: a review.** *International Journal Environment and Health* 3(2):175–97

Efectos de la forestación sobre la producción primaria

Carbono



5:1



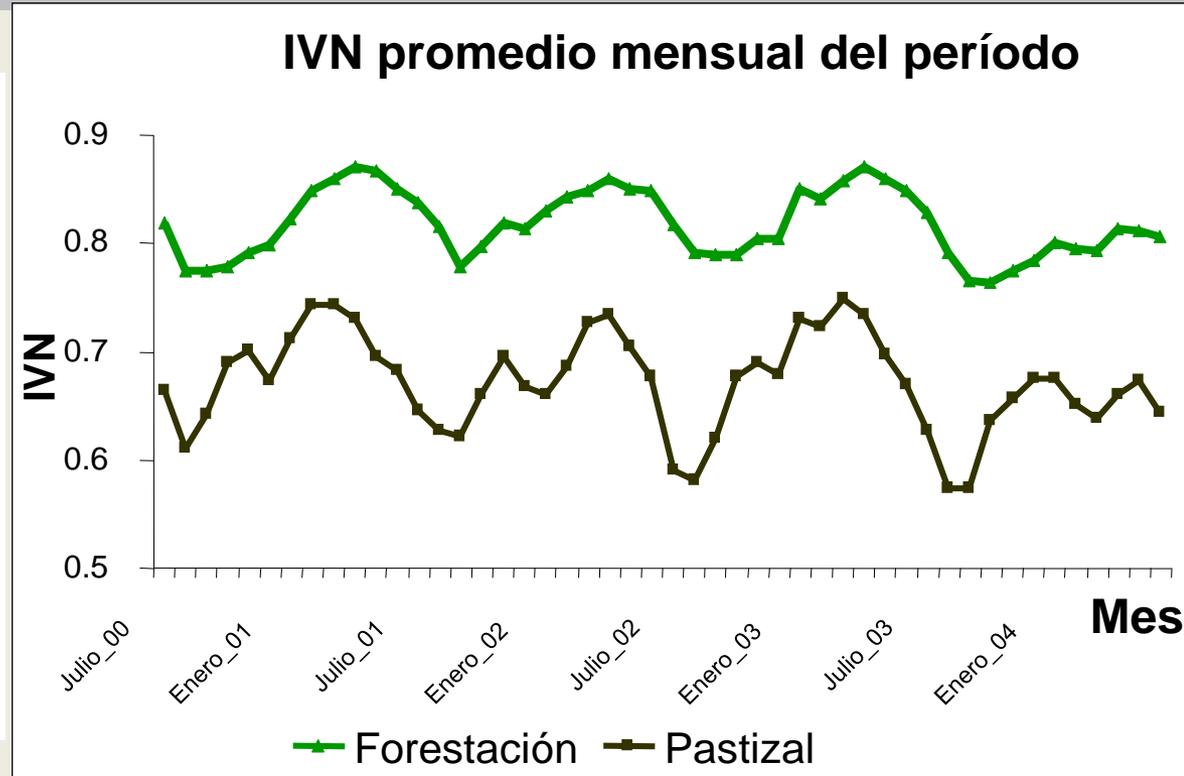
1:2

Relación

**Biomasa aérea/
biomasa subterránea**

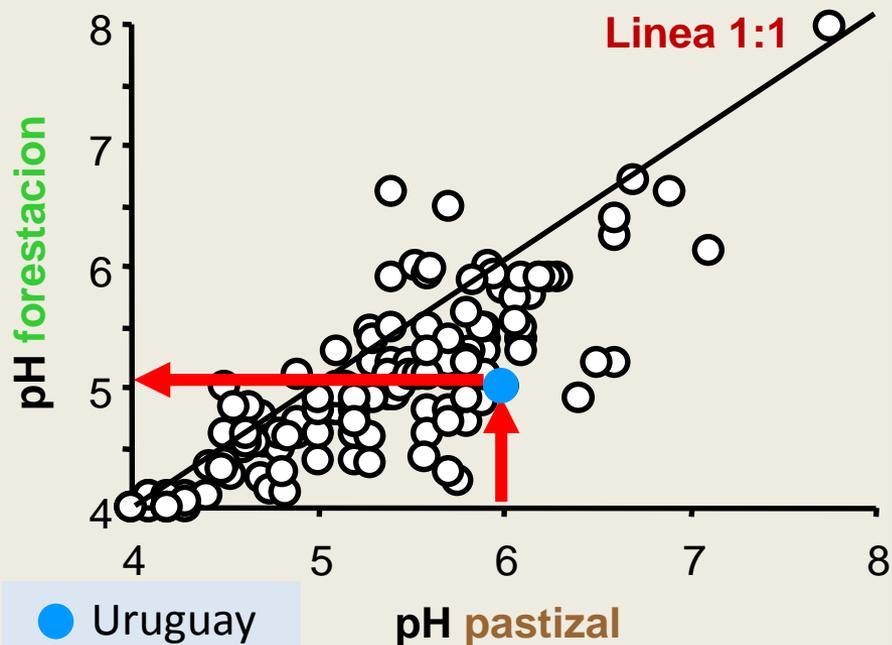
IVN, indicador satelital de la producción primaria
181 pares en Argentina y Uruguay

Jobbagy et al. Ciencia Hoy, en prensa



Efectos sobre la fertilidad del suelo

Impacto de la **forestación** sobre el suelo de **pastizales**



Suelo de pradera

Mismo suelo de pradera bajo forestación



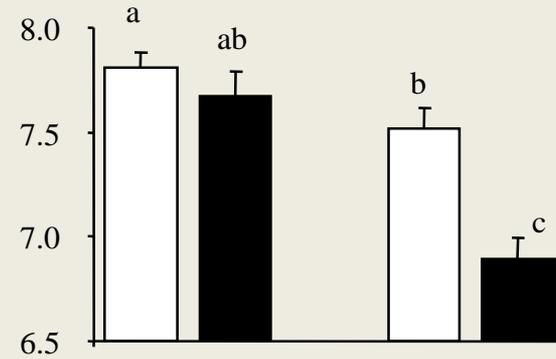
- 112 stands pareados en todo el mundo
- pH cae en promedio 0,5 unidades
- Menor pH y Ca int, mayor Al int, Na int
- Eucaliptos > pinos

Jobbágy, E.G., Jackson, R.B., 2003. Patterns and mechanisms of soil acidification in the conversion of grasslands to forests. *Biogeochemistry* 64, 205–229.

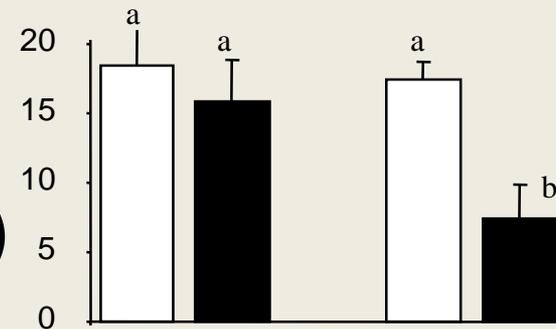
Jackson, R.B., Jobbágy, E.G., Avissar, R., Roy, S.B., Barrett, D.J., Cook, C.W., Farley, K.A., le Maitre, D.C., McCarl, B.A., Murray, B.C., 2005. Trading water for carbon with biological carbon sequestration. *Science* 310, 1944–1947.



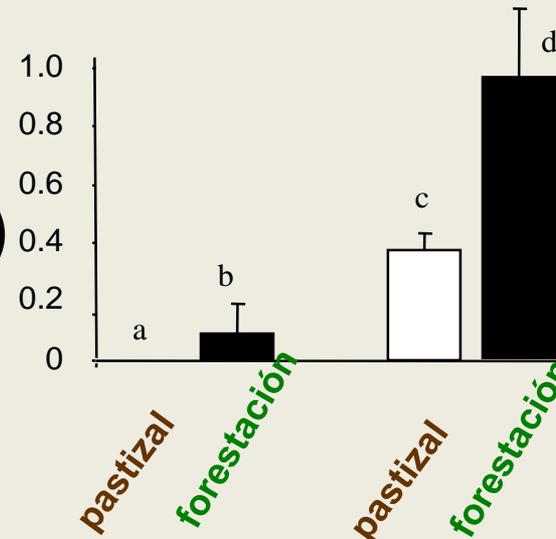
pH



Ca
(mg/L)



Al
(mg/L)



- 5 pares en ARG, 7 pares en ROU
- 3 fechas de muestreo

Farley, K. A., Piñeiro, G., Palmer, S. M., Jobbágy, E. G., & Jackson, R. B. 2008. Stream acidification and base cation losses with grassland afforestation. *Water Resources Research*, 44(7), W00A03.

Córdoba

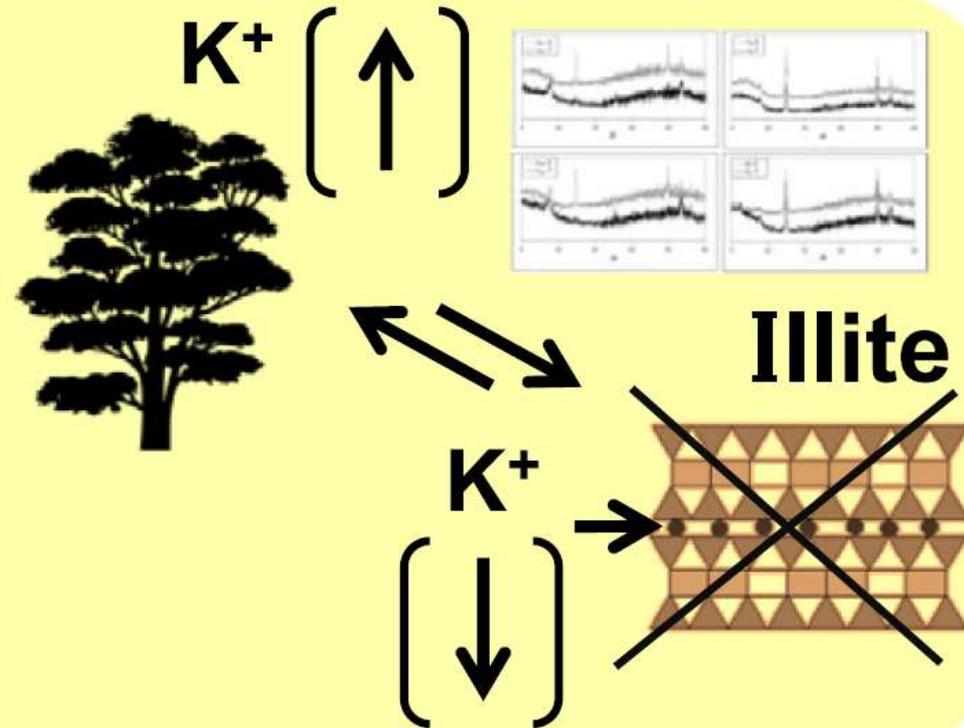
Lavalleja

Resumen gráfico



Afforested soil

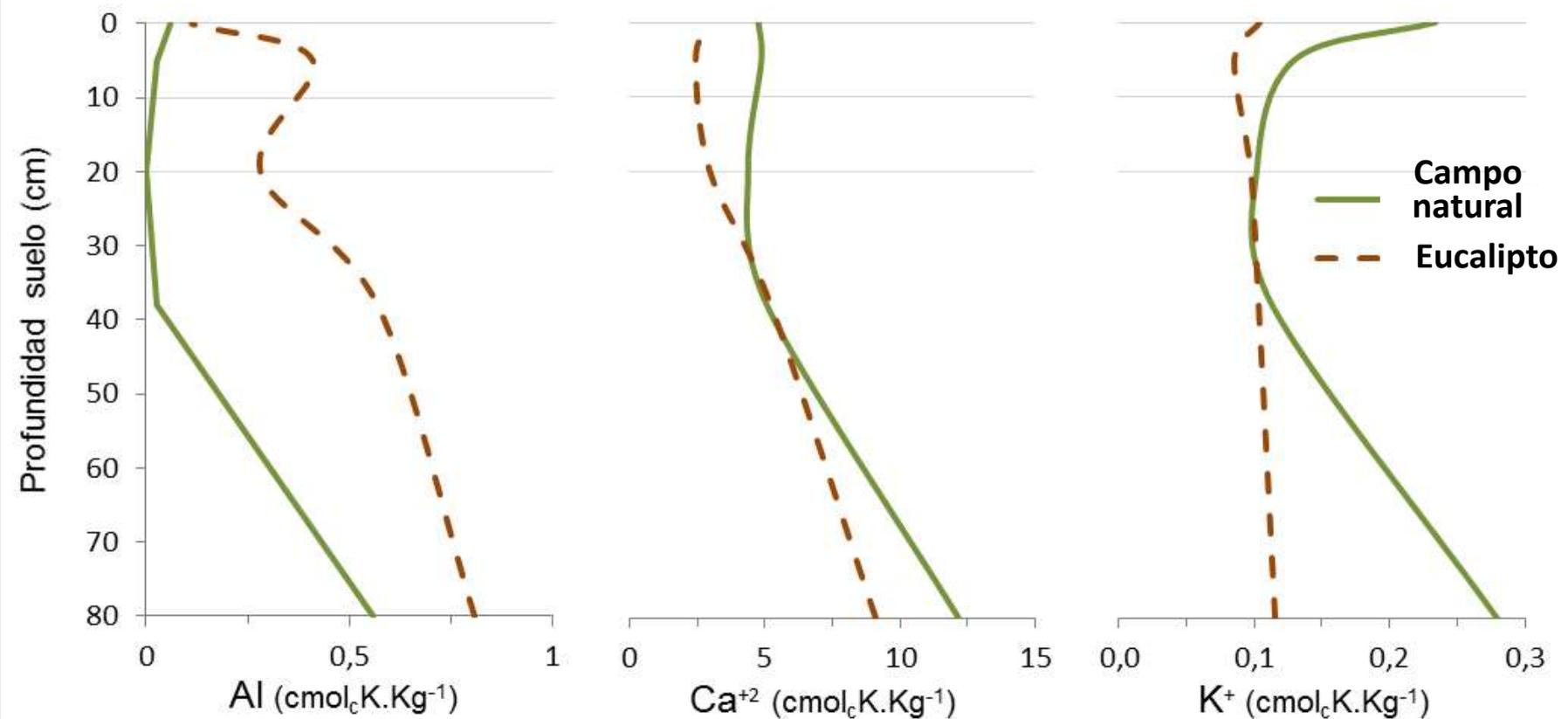
Grassland soil



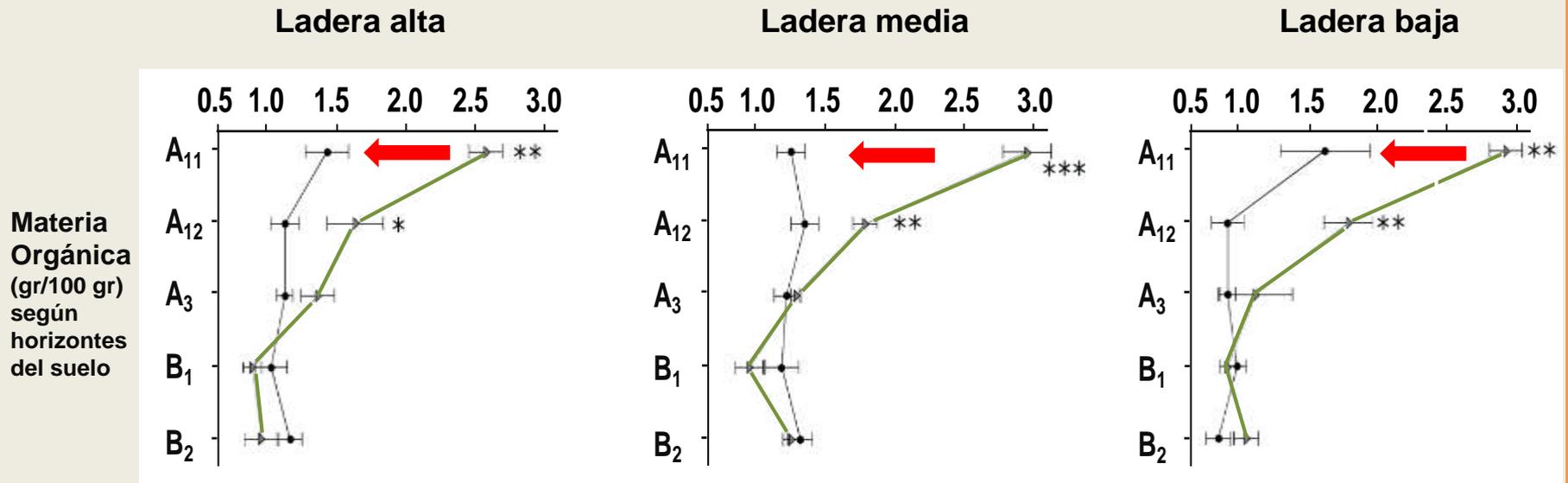
Céspedes-Payret C, Piñeiro G, Gutiérrez O, Panario D (2012) **Land use change in a temperate grassland soil: Afforestation effects on chemical properties and their ecological and mineralogical implications.** Science of The Total Environment, 438:549–557.

Hasta aquí las diapositivas
usadas en clase, y las
siguientes pueden ser de
interés para ver otros efectos

Comparación de pares de parcelas contiguas, con el mismo suelo, bajo campo natural y forestación



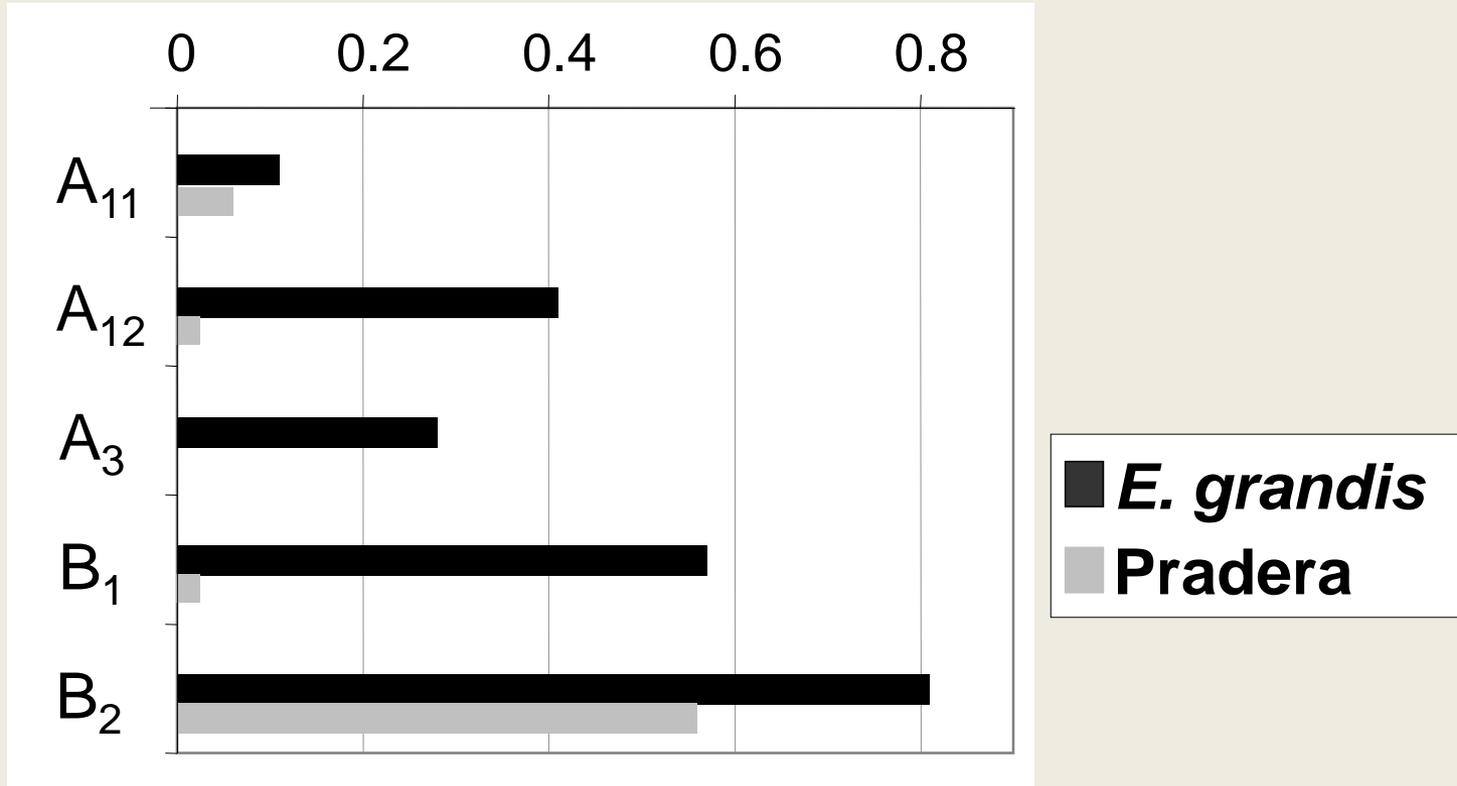
Comparación de pares de parcelas contiguas, con el mismo suelo, bajo campo natural y forestación



- *** Significant differences within site, $p \leq 0.01$
- ** Significant differences within site, $p \leq 0.05$
- * Significant differences within site, $p \leq 0.10$



Aluminio (cmol_c/kg)



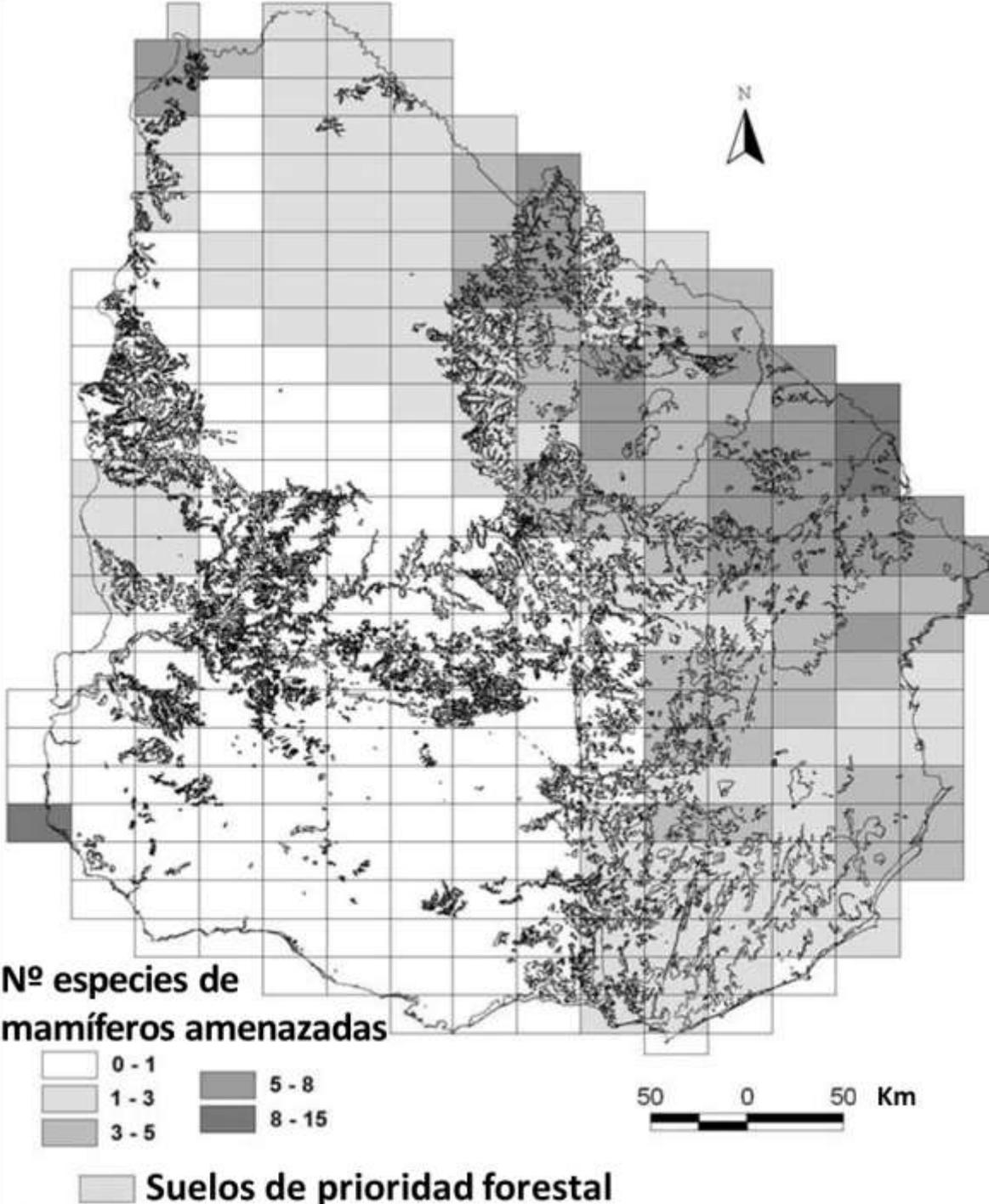
Porcentaje de Al³⁺ por uso y por horizonte del suelo



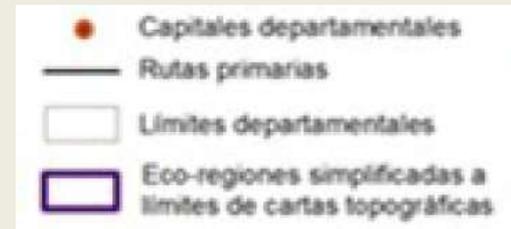
Suelos profundos agrícolas de Durazno, recientemente forestados por la empresa

Efectos sobre la biodiversidad

Céspedes-Payret C, Piñeiro G, Achkar M, Gutiérrez O, Panario D (2009) **The irruption of new agro-industrial technologies in Uruguay and their environmental impacts on soil, water supply and biodiversity: a review.** International Journal Environment and Health 3(2):175–97



Conectores regionales (a escala país)



Conectores	Superficie (ha)	% respecto al área total de conectores	% respecto a la superficie total de Uruguay
Valle del Río Uruguay	158.400	8,2	0,9
Valle del Río Negro	331.400	17,2	1,9
Sierras del Este	1.350.500	70,3	7,7
Costero Platense Atlántico	81.700	4,3	0,5
TOTAL	1.922.000	100,0	11,0

Efectos sobre el paisaje



FORESTACIÓN





Impacto sobre el ecosistema terrestre:

**sustitución de pradera nativa
por cultivo forestal**

IMPLANTACIÓN



Implantación

13/08/2005



13/08/2005



13/08/2005

EXPLOTACIÓN



Implantación
Explotación

21/02/2006



21/02/2006



17/12/2005





21/02/2006





ABANDONO

www.abandon.com



Implantación

Explotación

Abandono



22/05/2006



UPM 2



Algunos trabajos de impactos de la industria celulósica en Uruguay:

Altesor, A., Eguren, G., Mazzeo, N., Panario, D., Rodríguez, C., 2008. **La industria de la celulosa y sus efectos: Certezas e incertidumbres.** *Ecología Austral* 18, 291–303.

Saizar, C., Míguez, D., Dabezies, M., Texeira de Mello, F., Clemente, J., Ferrari, G., Boccardi, L., Tana, J., 2010. **Línea de base para evaluar el impacto de una planta de celulosa en el Río Uruguay.** *Innotec* (revista LATU) 5, 11–22.

Miguez, Diana, 2013. Integrated risk assessment of endocrine disruptors in the Uruguay River. [**Evaluación integral de riesgos de disruptores endocrinos en el río Uruguay**]. (Tesis doctoral - PhD). Cranfield University, Cranfield, Reino Unido.

Piedracueva, Ismael, 2018. **Modelo hidrodinámico del Embalse de Baigorria. Modelación Hidrodinámica y de la pluma del emisario.** En: *EcoMetrix - Estudio de Impacto Ambiental - Tomo II*. UPM / Estudio Ingeniería Ambiental, pp. 122-185.

A landscape of rolling green hills under a cloudy sky, with tall grass in the foreground. The text "Gracias por vuestra atención!!" is overlaid in a stylized orange font.

*Gracias por vuestra
atención!!*