





# *P transfer continuum*





Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

SCIENCE @ DIRECT®

Science of the Total Environment 344 (2005) 5–14

---

---

Science of the  
Total Environment  
An International Journal for Scientific Research  
into the Environment and Its Relationship with Humankind

---

---

[www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)

## The phosphorus transfer continuum: Linking source to impact with an interdisciplinary and multi-scaled approach

P.M. Haygarth<sup>a,\*</sup>, L.M. Condon<sup>b</sup>, A.L. Heathwaite<sup>c</sup>, B.L. Turner<sup>d</sup>, G.P. Harris<sup>e</sup>

<sup>a</sup>*Soil Science and Environmental Quality Team, Institute of Grassland and Environmental Research, North Wyke Research Station, Okehampton, Devon EX20 2SB, UK*

<sup>b</sup>*Agriculture and Life Sciences, P.O. Box 84, Lincoln University, Canterbury 8150, New Zealand*

<sup>c</sup>*Centre for Sustainable Water Management, Lancaster Environmental Centre, Lancaster University, Lancaster, LA1 4YQ*

<sup>d</sup>*Smithsonian Tropical Research Institute, Box 2072, Balboa, Ancon, Republic of Panama*

<sup>e</sup>*University of Tasmania, Sandy Bay, Tasmania, Australia*

Available online 7 April 2005

## The phosphorus transfer continuum: Linking source to impact with an interdisciplinary and multi-scaled approach

P.M. Haygarth<sup>a,\*</sup>, L.M. Condon<sup>b</sup>, A.L. Heathwaite<sup>c</sup>, B.L. Turner<sup>d</sup>, G.P. Harris<sup>e</sup>

<sup>a</sup>Soil Science and Environmental Quality Team, Institute of Grassland and Environmental Research, North Wyke Research Station, Okehampton, Devon

<sup>b</sup>Agriculture and Life Sciences, P.O. Box 84, Lincoln

<sup>c</sup>Centre for Sustainable Water Management, Lancaster Environ

<sup>d</sup>Smithsonian Tropical Research Institute, Box

<sup>e</sup>University of Tasmania, San

Available online

P.M. Haygarth et al. / Science of the Total Environment 344 (2005) 5–14

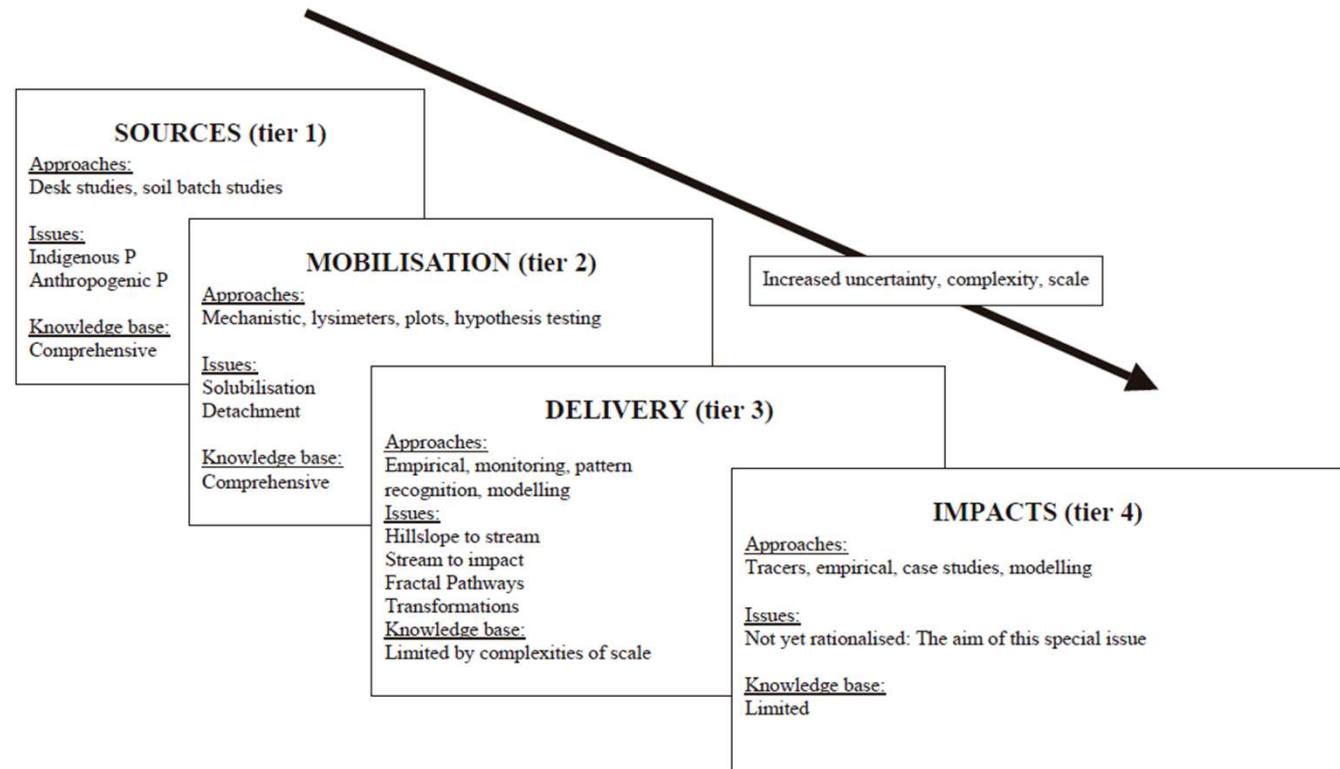
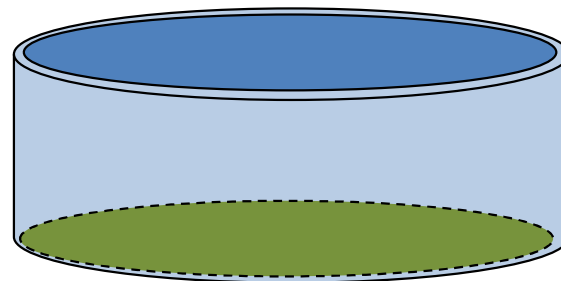
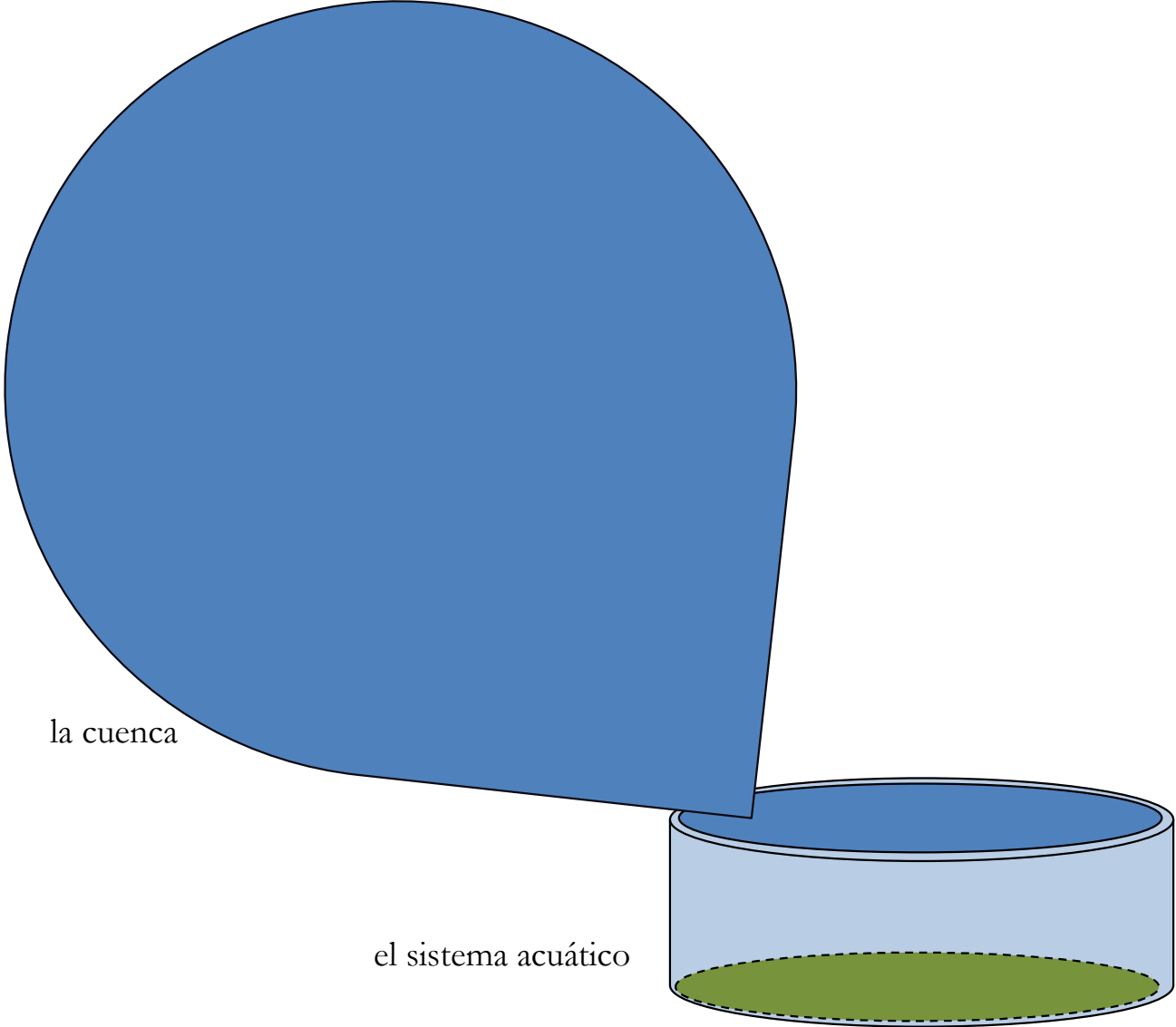


Fig. 1. The 'Phosphorus Transfer Continuum', a simple four-tiered model to describe the research approaches and needs for the continuum of phosphorus transfer from source to impact.

el sistema acuático

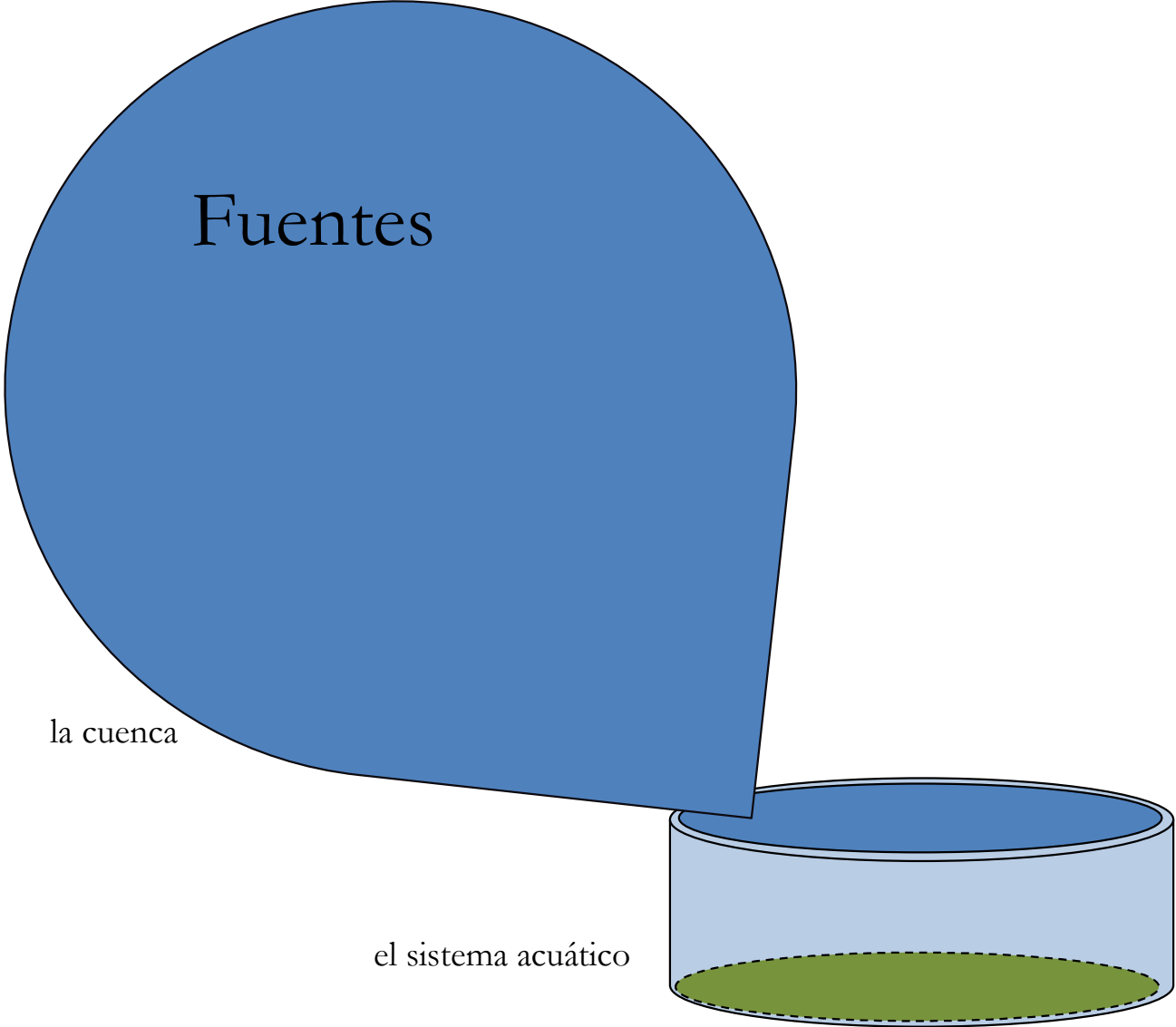




la cuenca

el sistema acuático



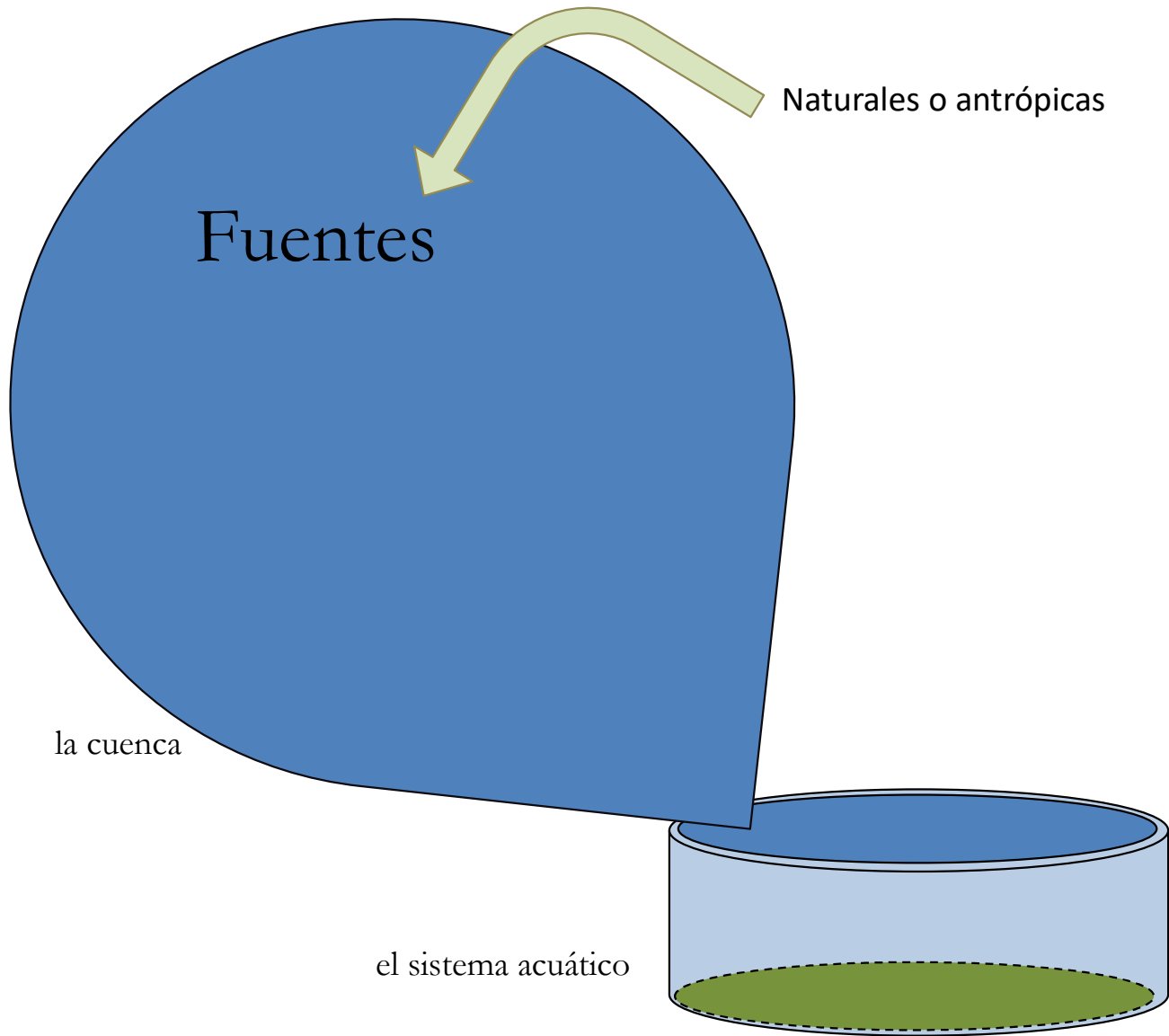


Fuentes

la cuenca

el sistema acuático



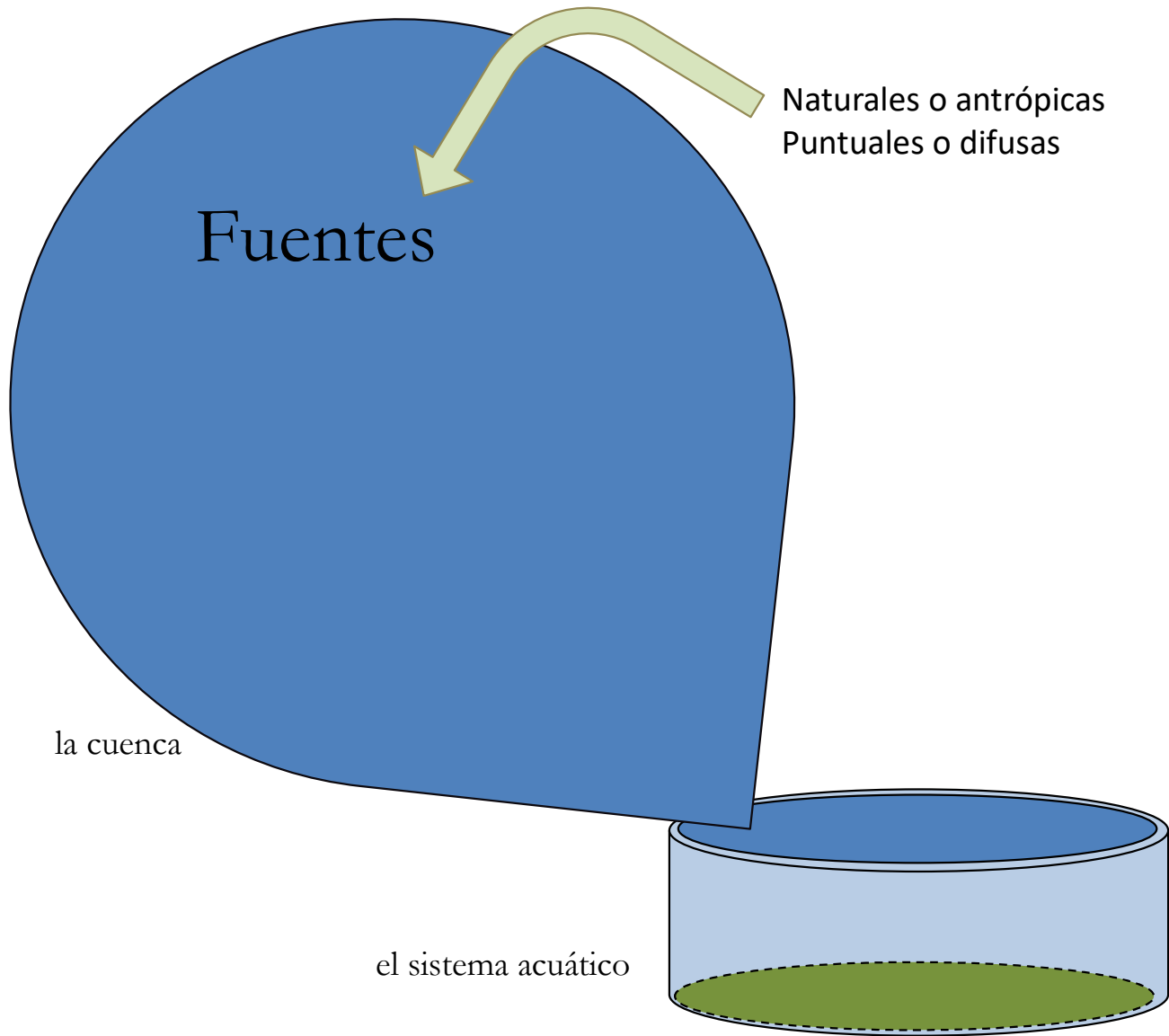


Fuentes

Naturales o antrópicas

la cuenca

el sistema acuático

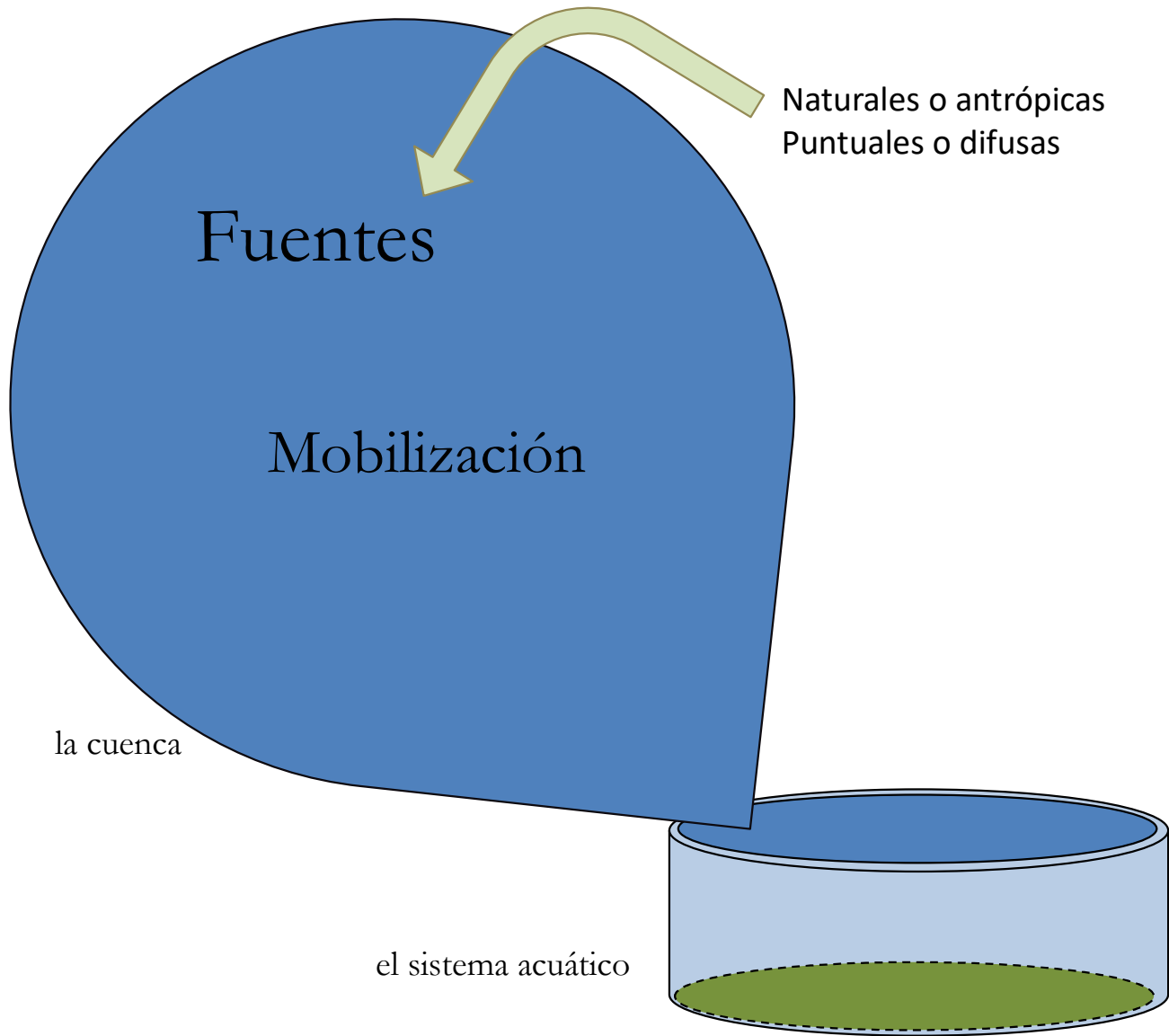


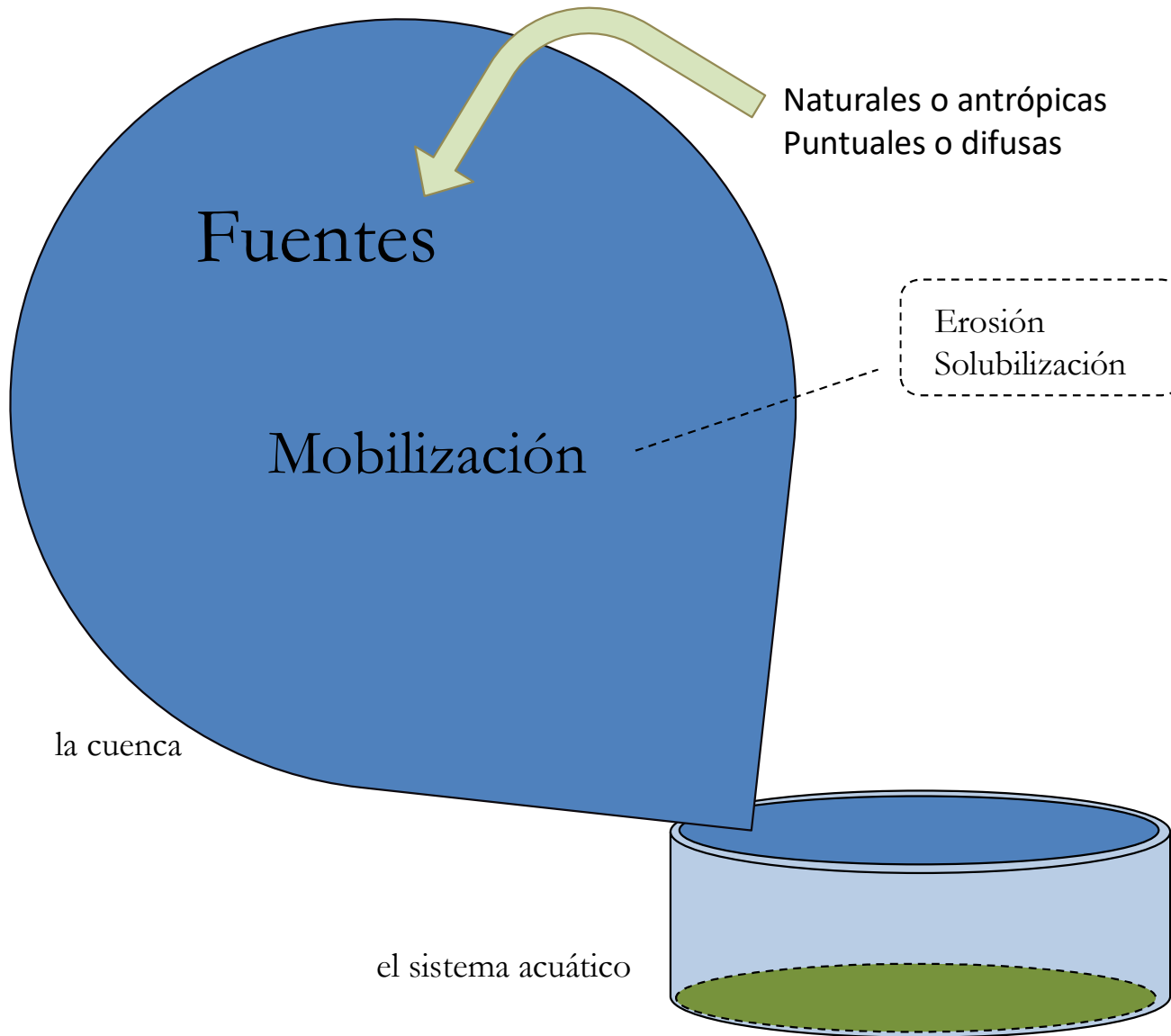
Fuentes

Naturales o antrópicas  
Puntuales o difusas

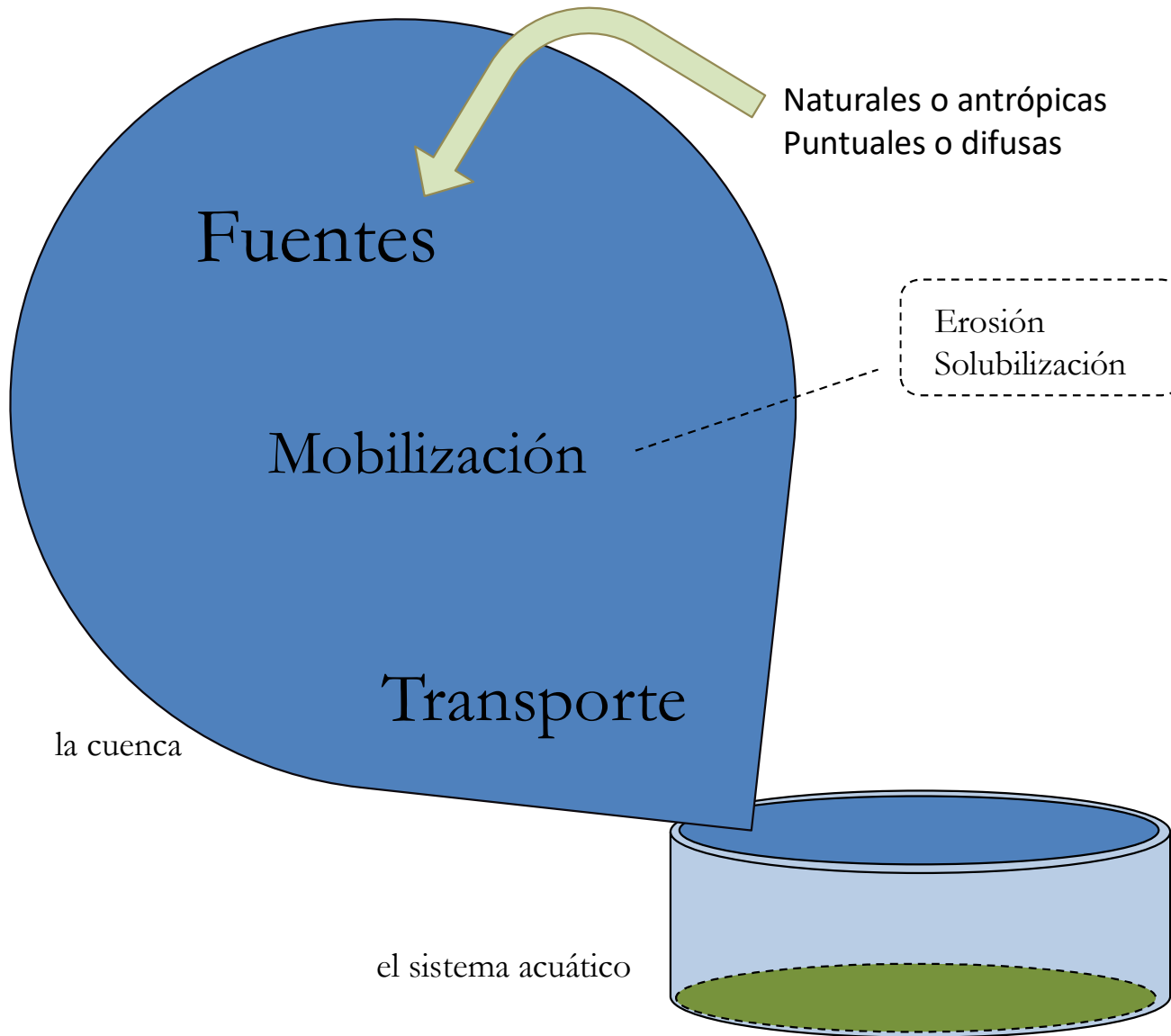
la cuenca

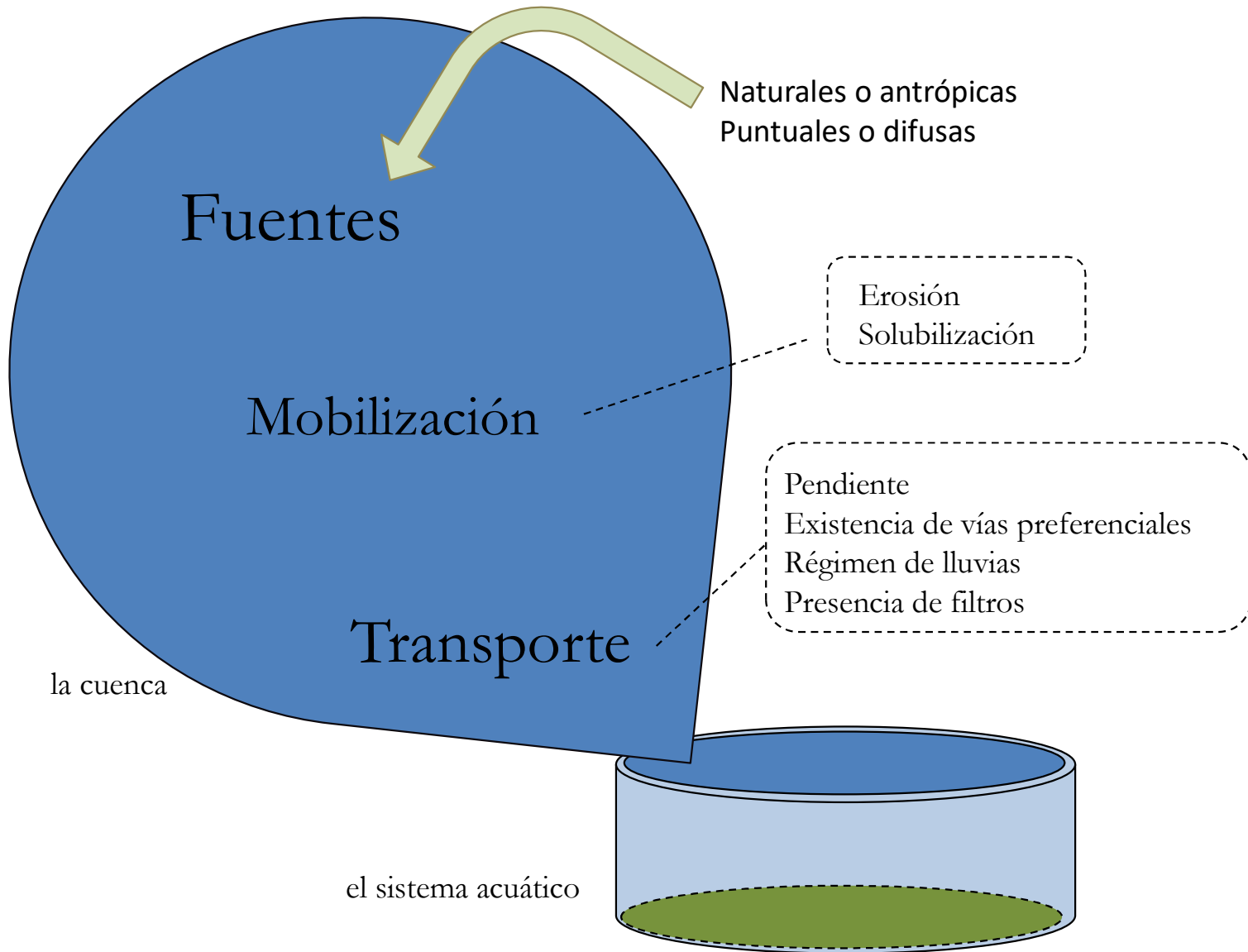
el sistema acuático

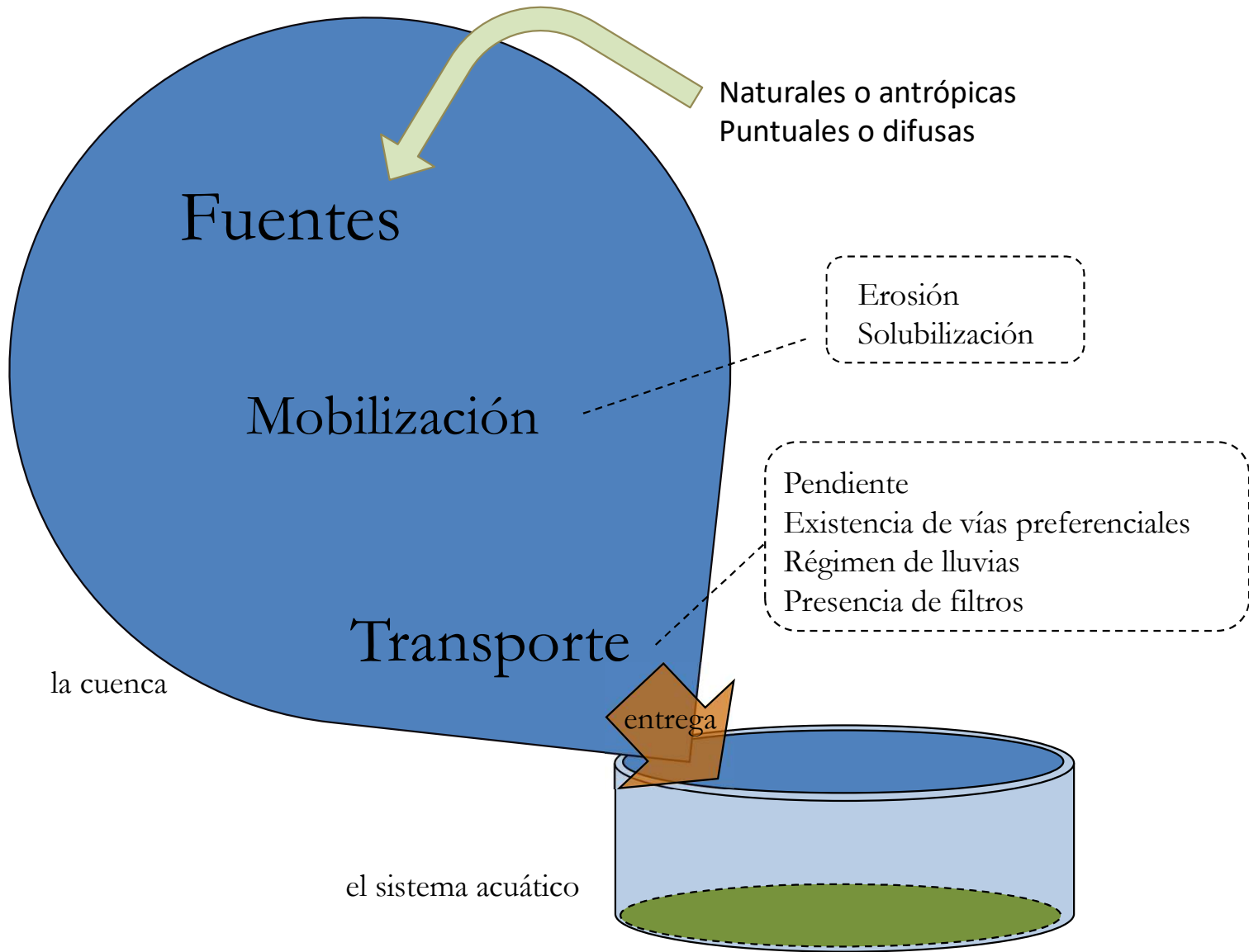


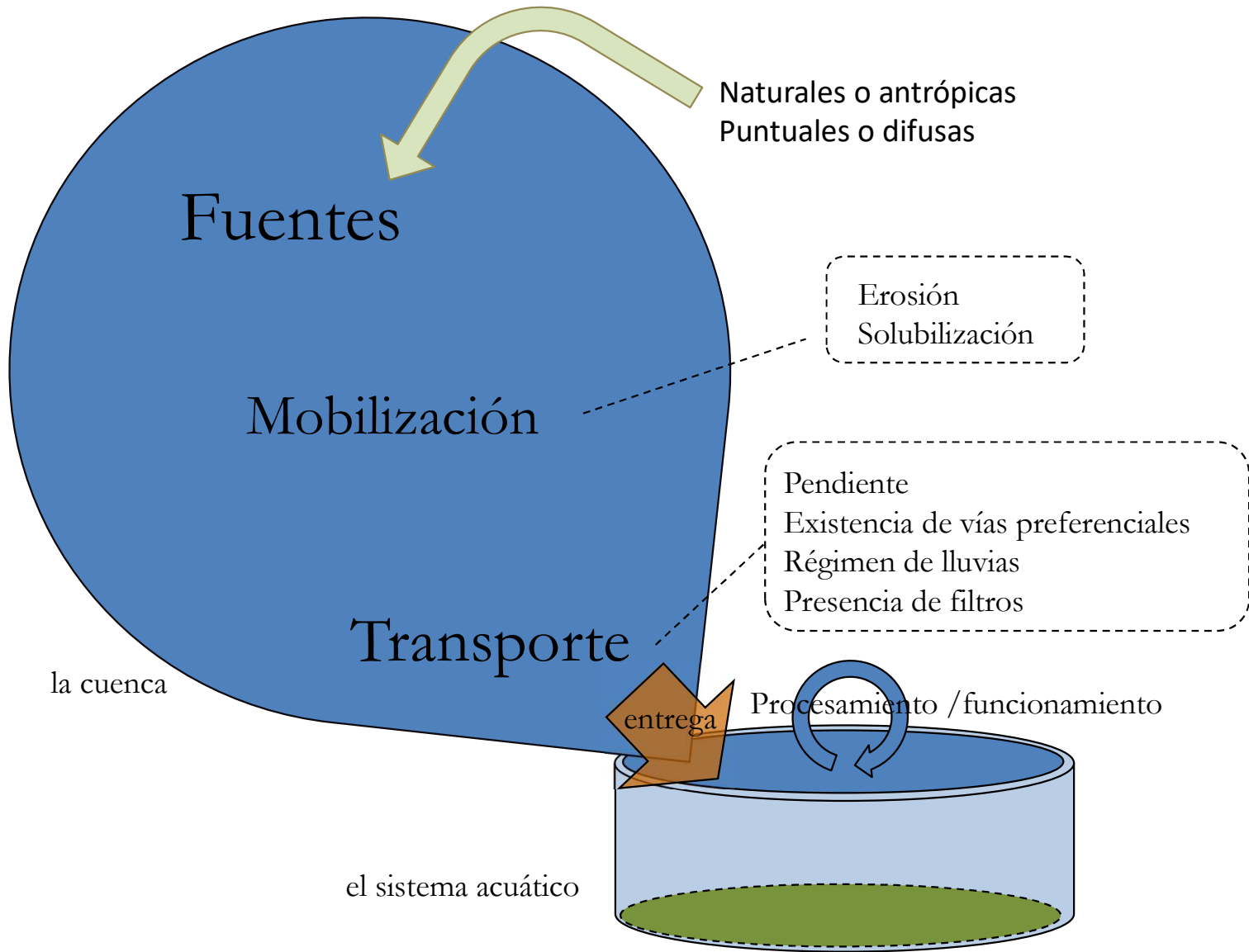




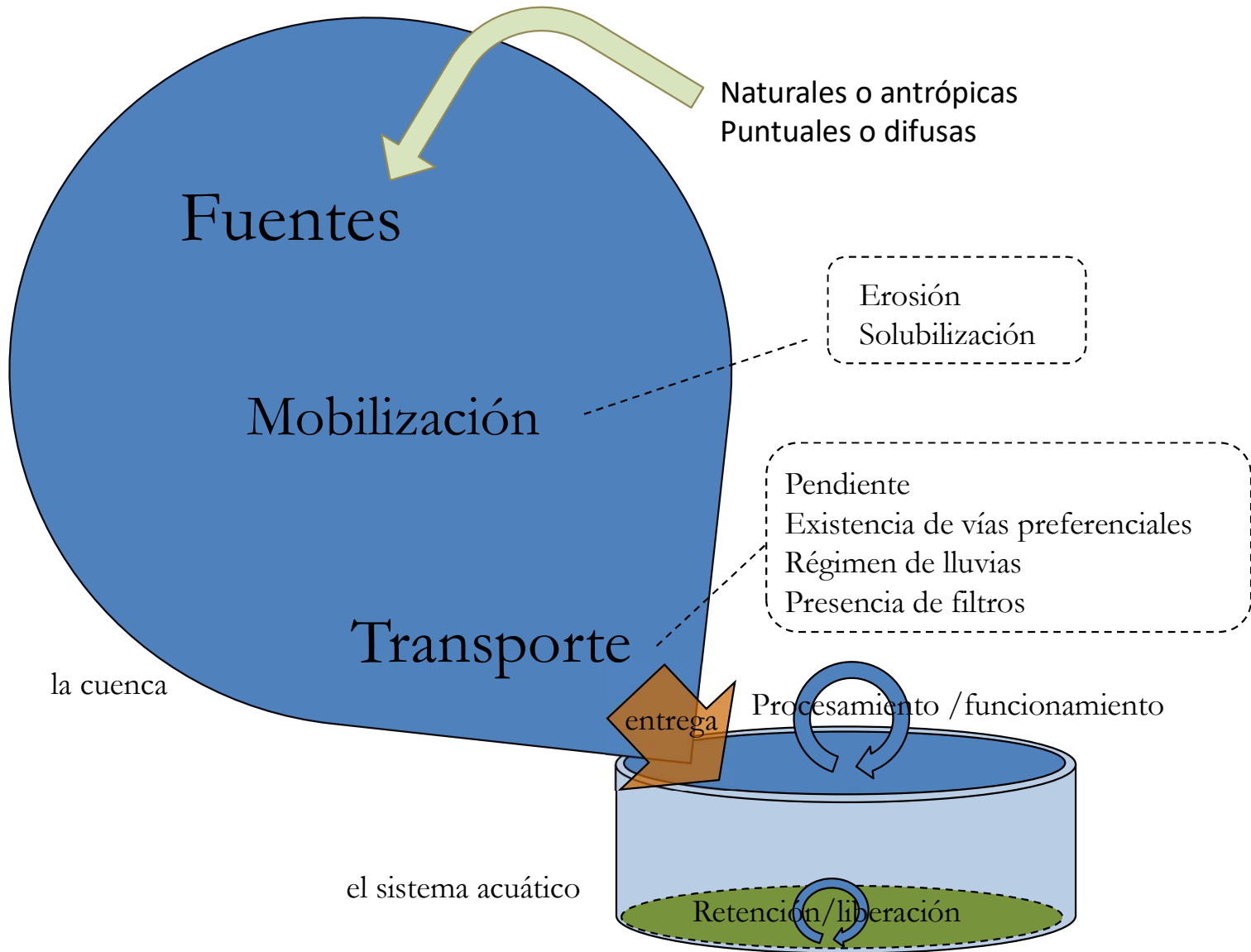


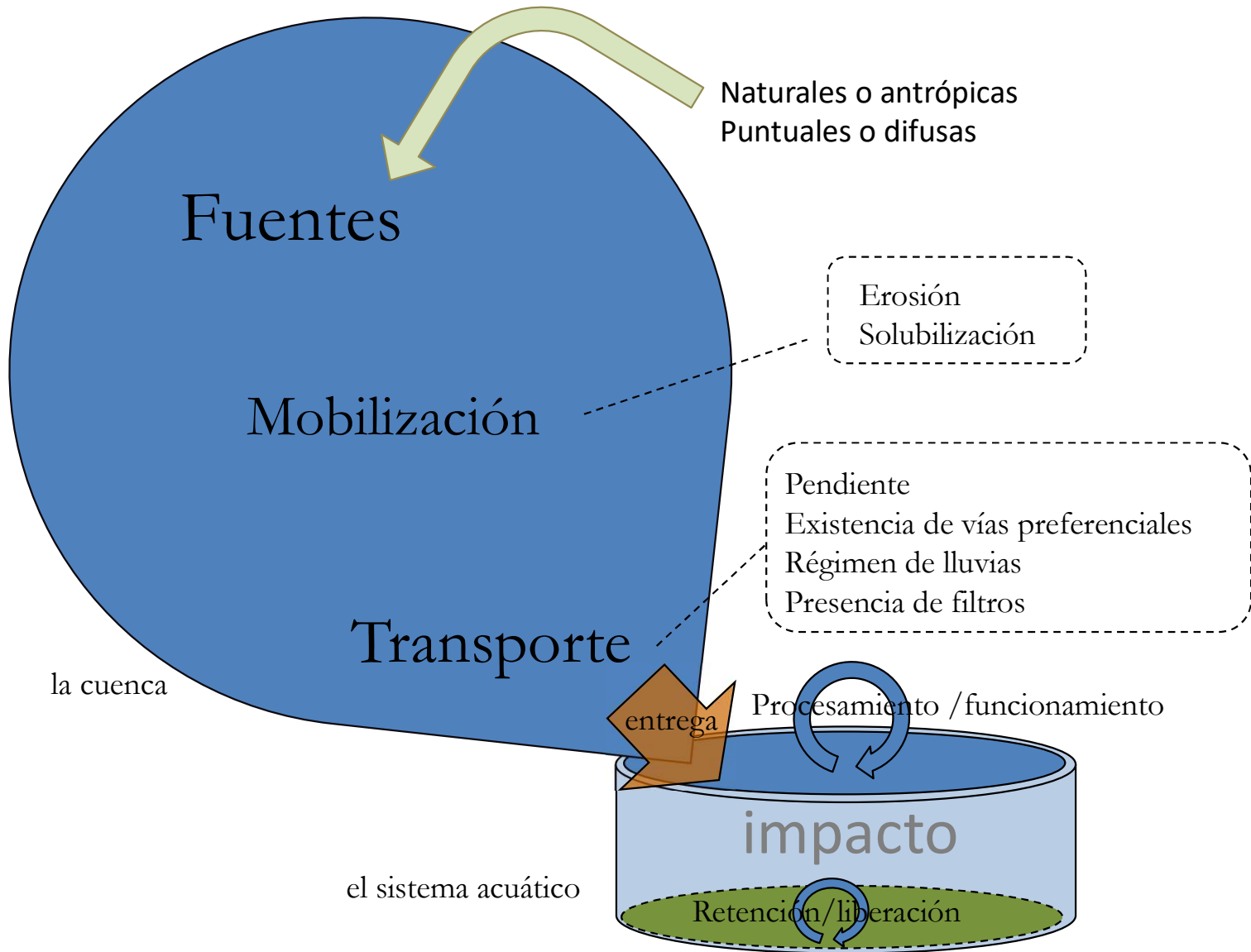


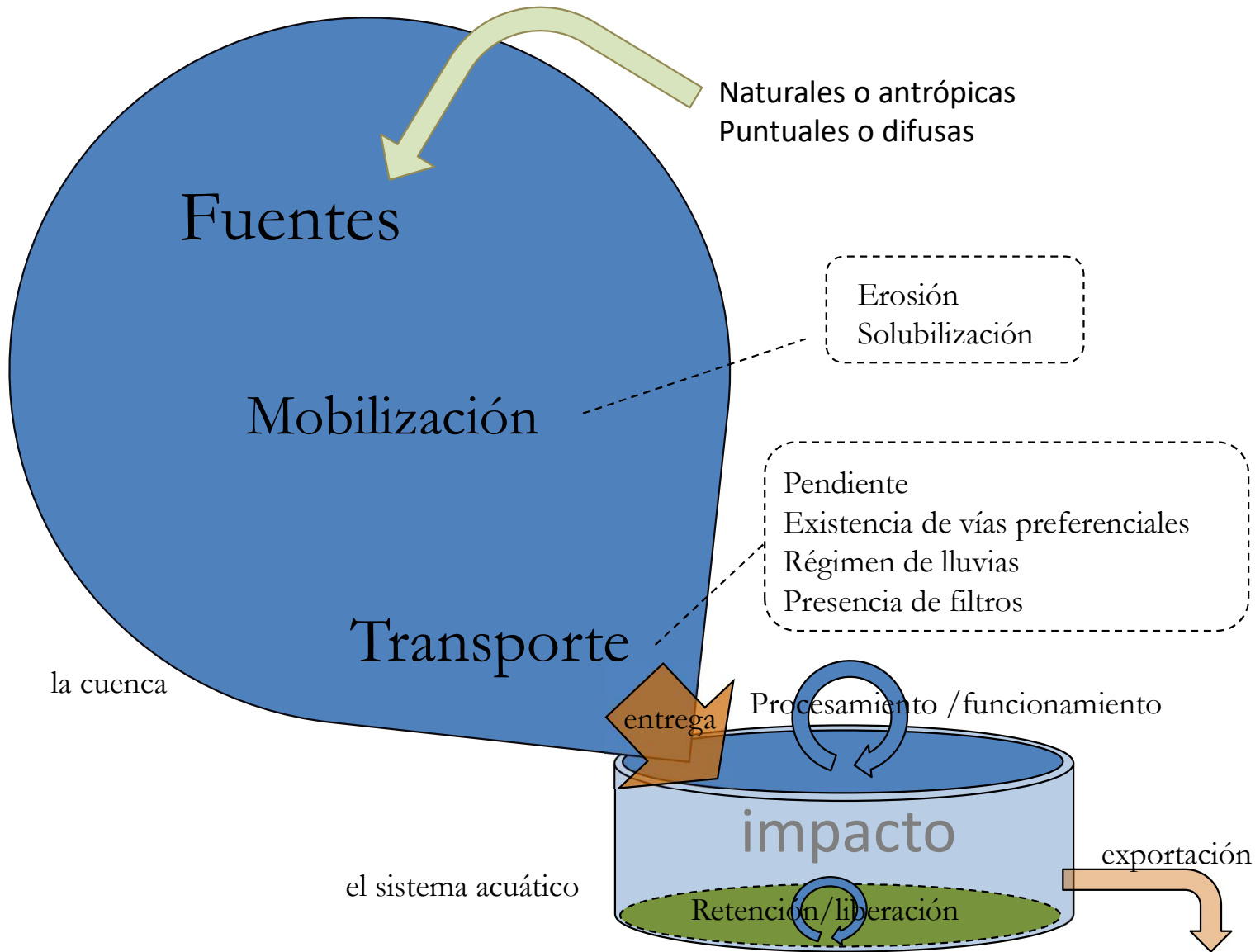














El Manejo Responsable 4R de los nutrientes implica “aplicar la fuente de nutrientes correcta, a una dosis correcta, en el momento correcto y el lugar correcto”, una herramienta esencial en el desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles.



¿Cuánta certeza cuantitativa existe acerca de la contribución de distintas fuentes de emisión de Fósforo sobre la eutrofización en las cuencas del Uruguay?

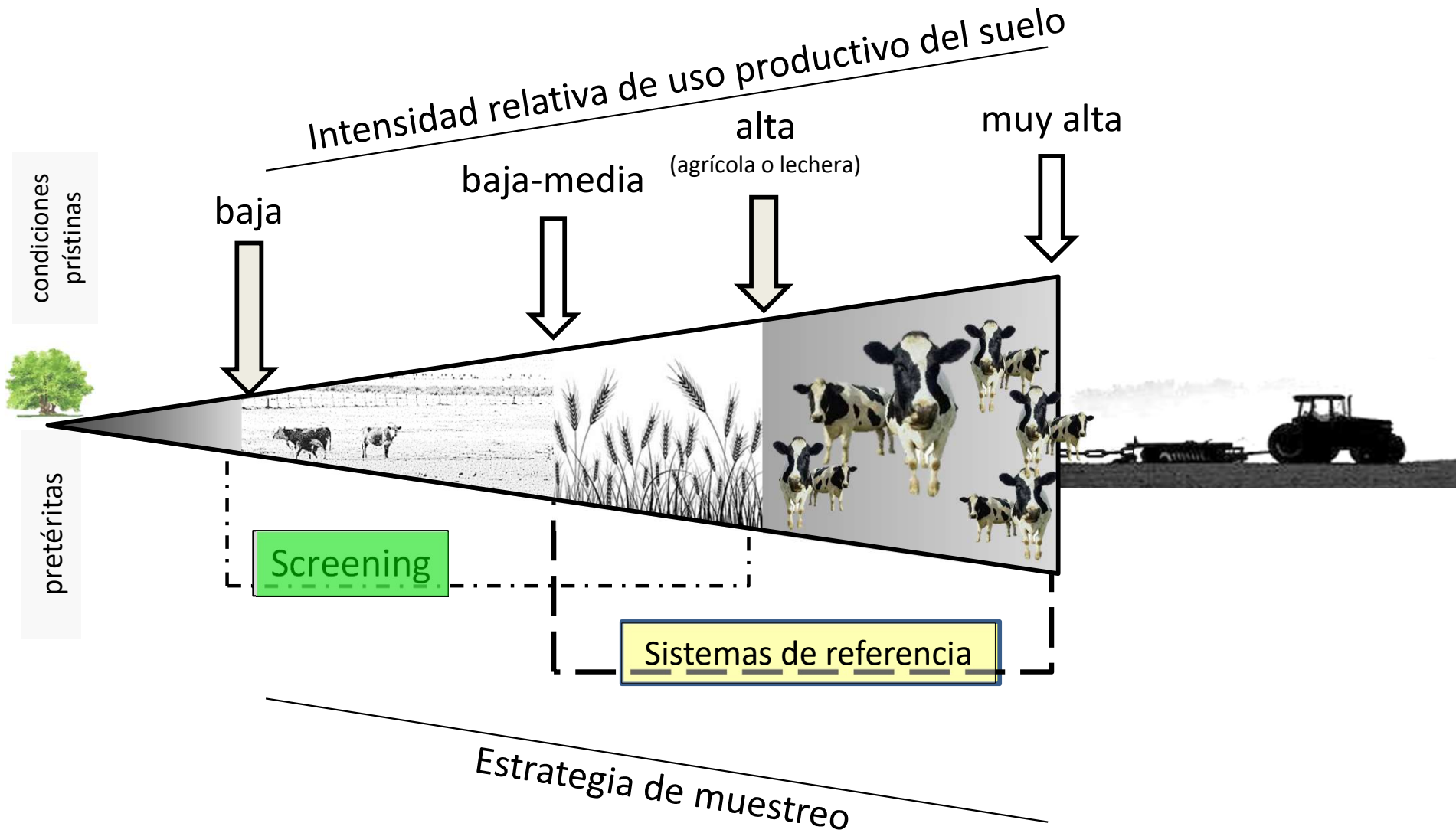




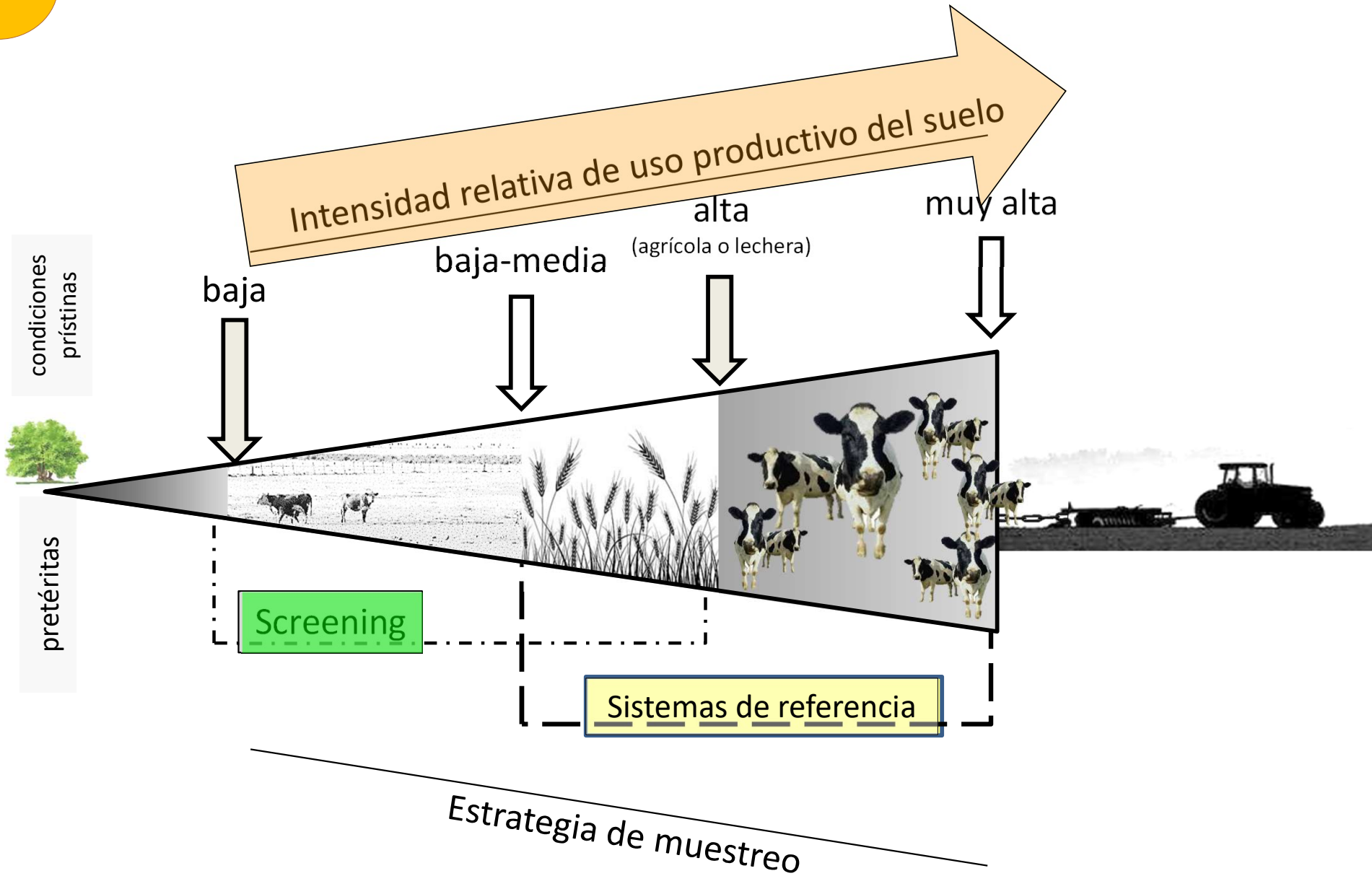
ARROYOS/MICROCUENCAS



1



1



1

Ganadería extensiva

Intensidad relativa de uso productivo del suelo

muy alta

alta

(agrícola o lechera)

baja-media

baja

condiciones  
prístinas

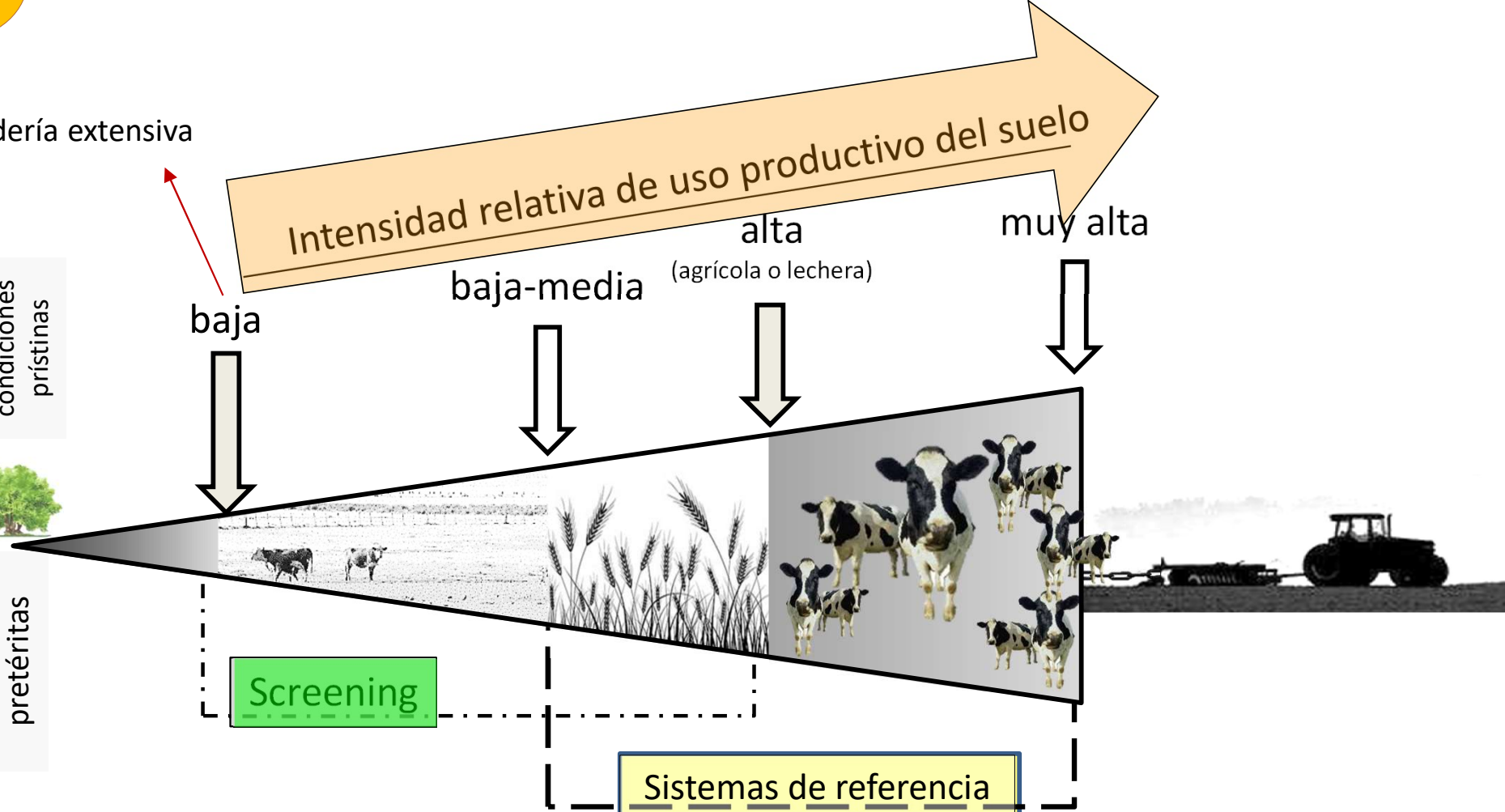


pretéritas

Screening

Sistemas de referencia

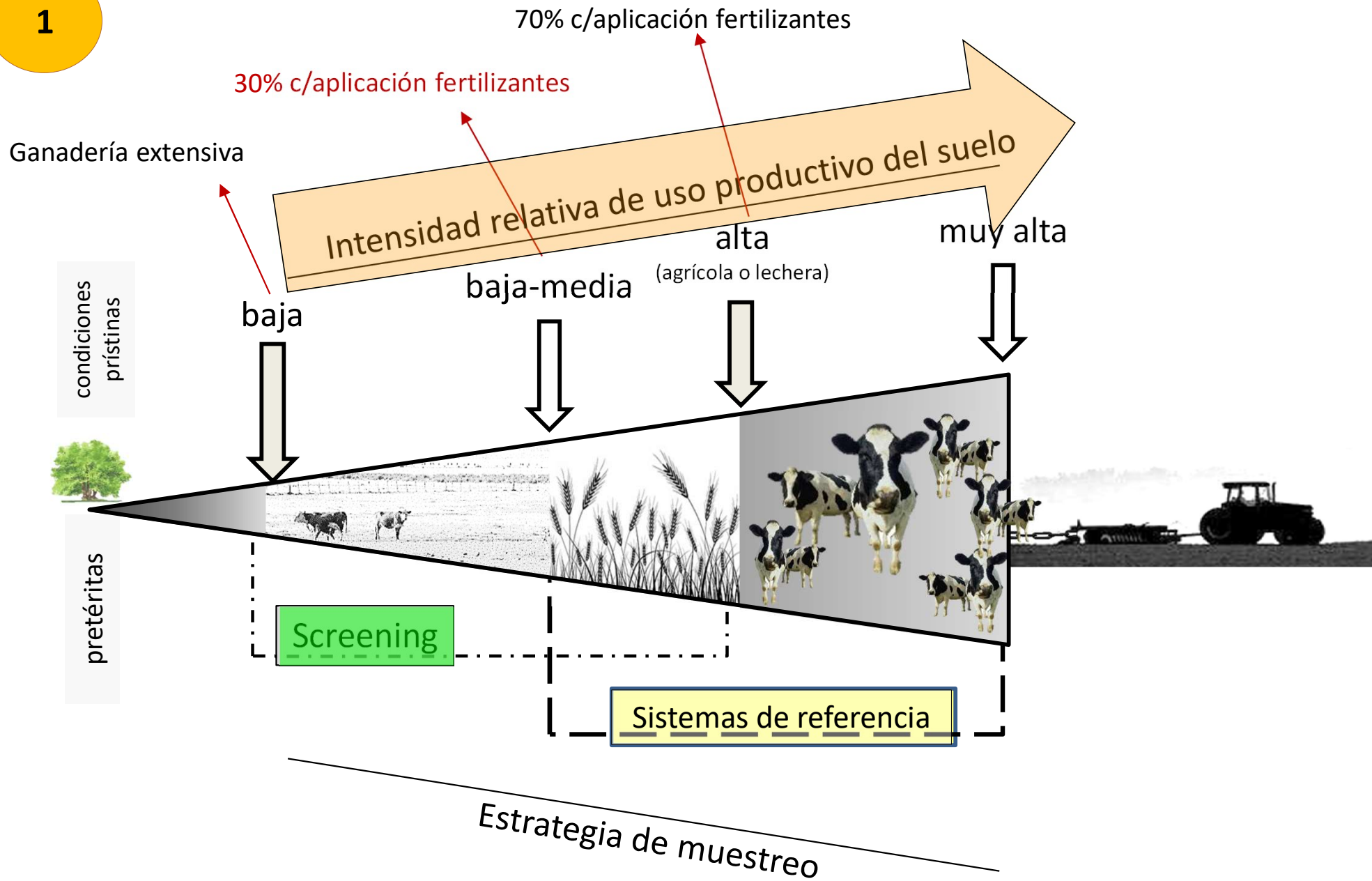
Estrategia de muestreo



1

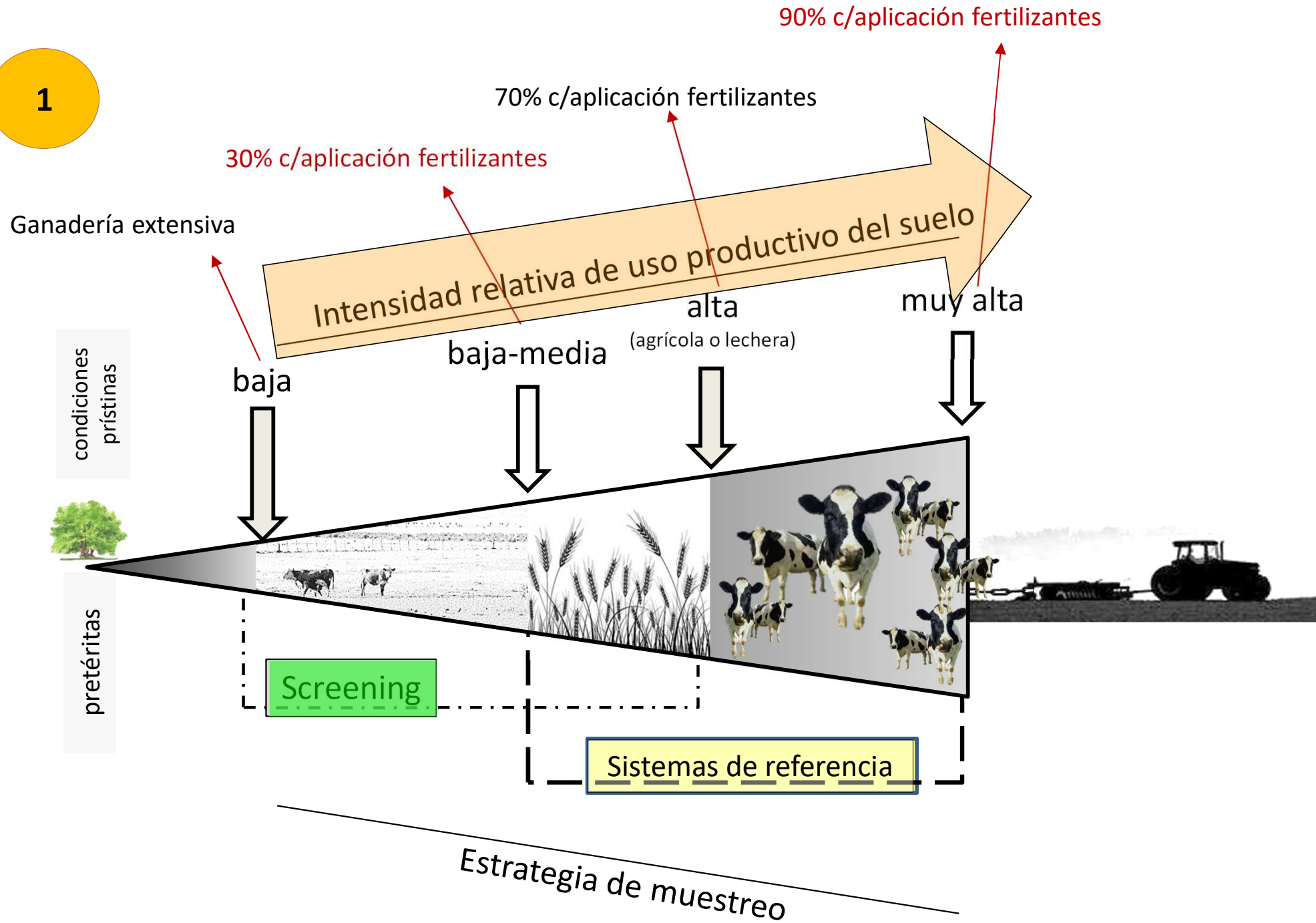


1

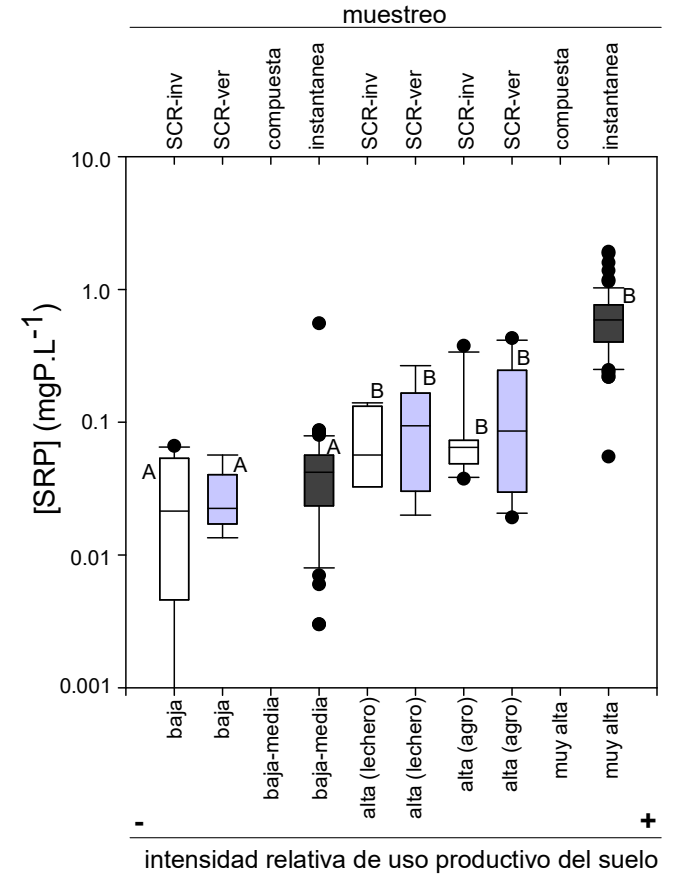
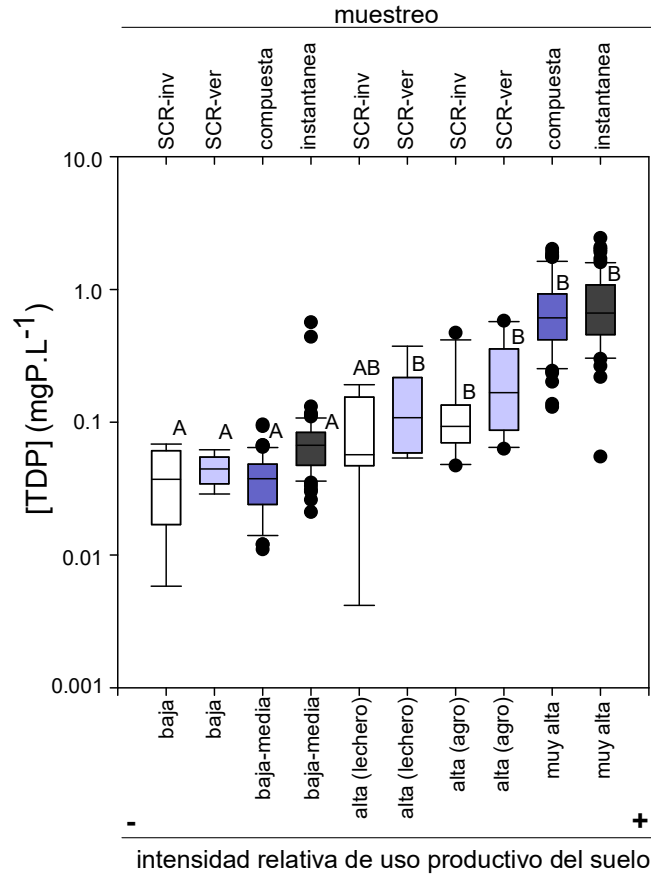
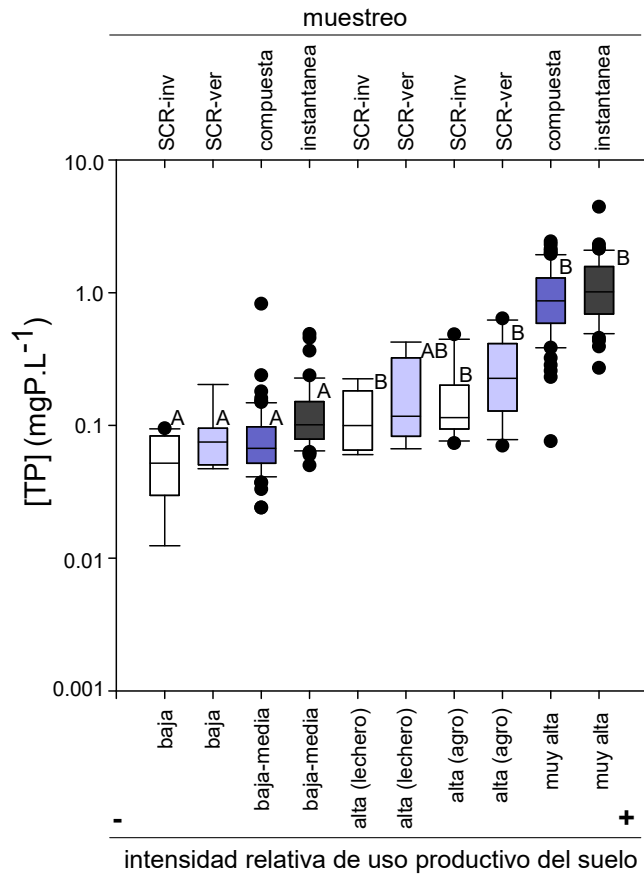




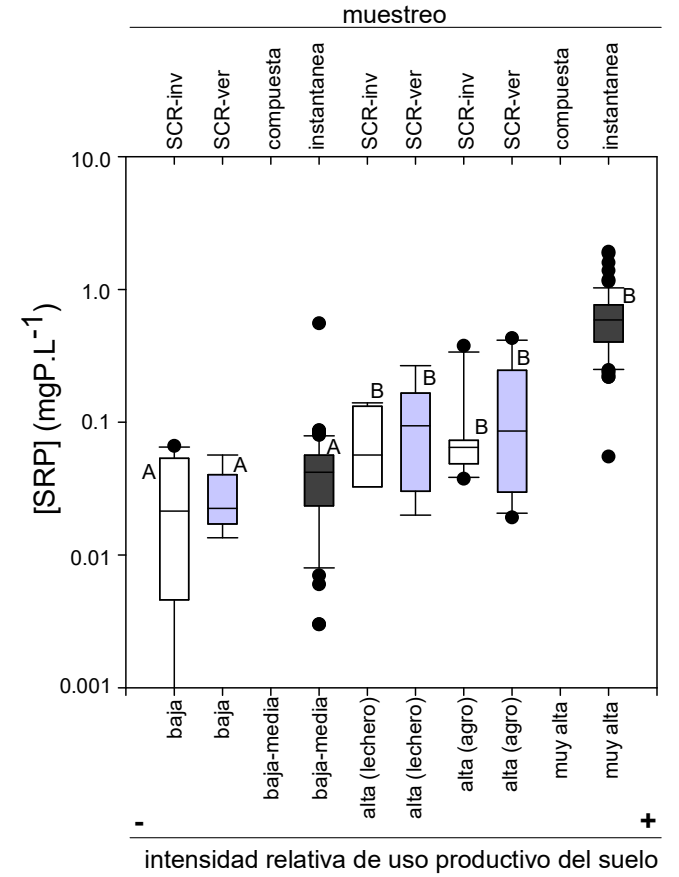
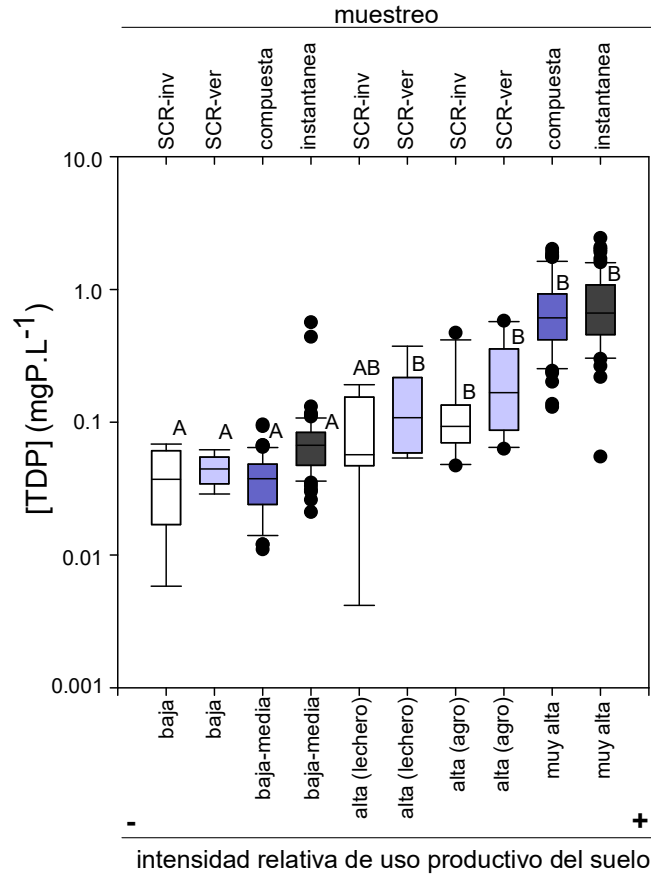
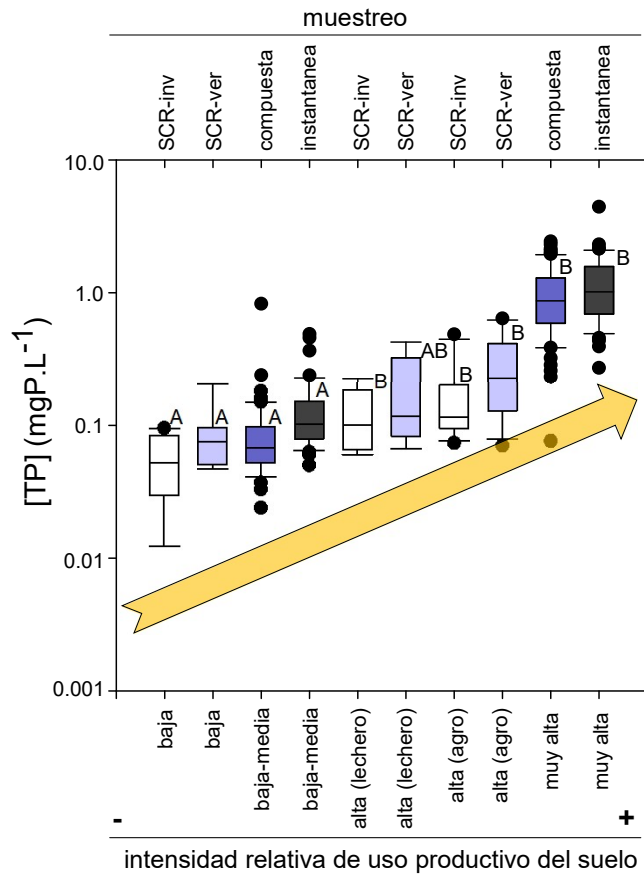
1



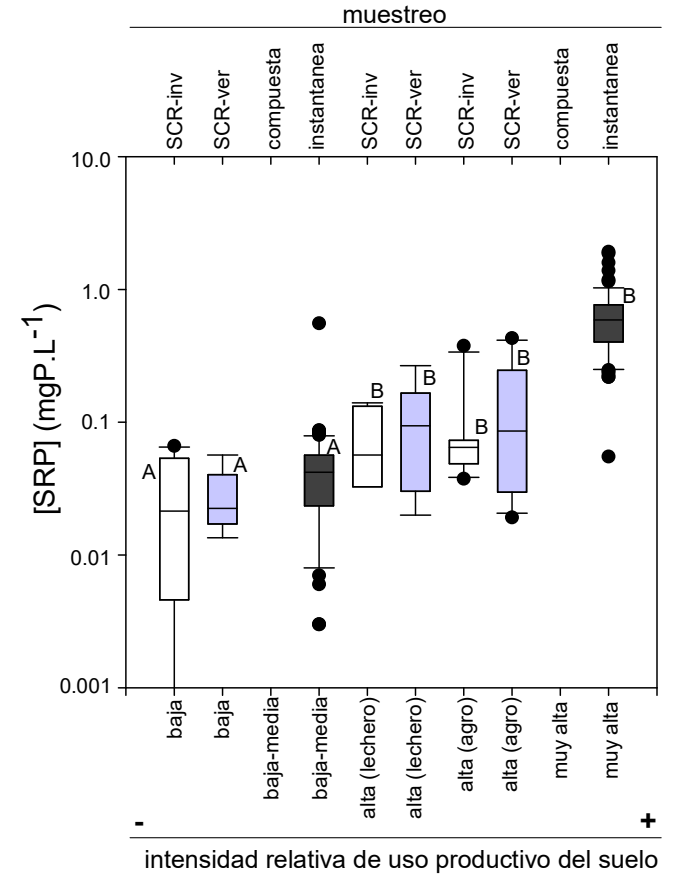
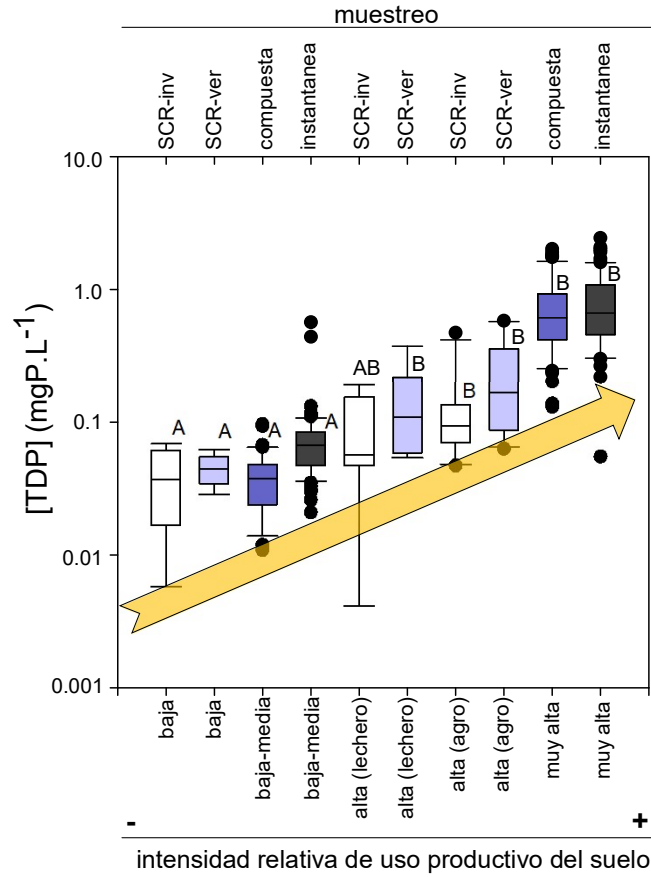
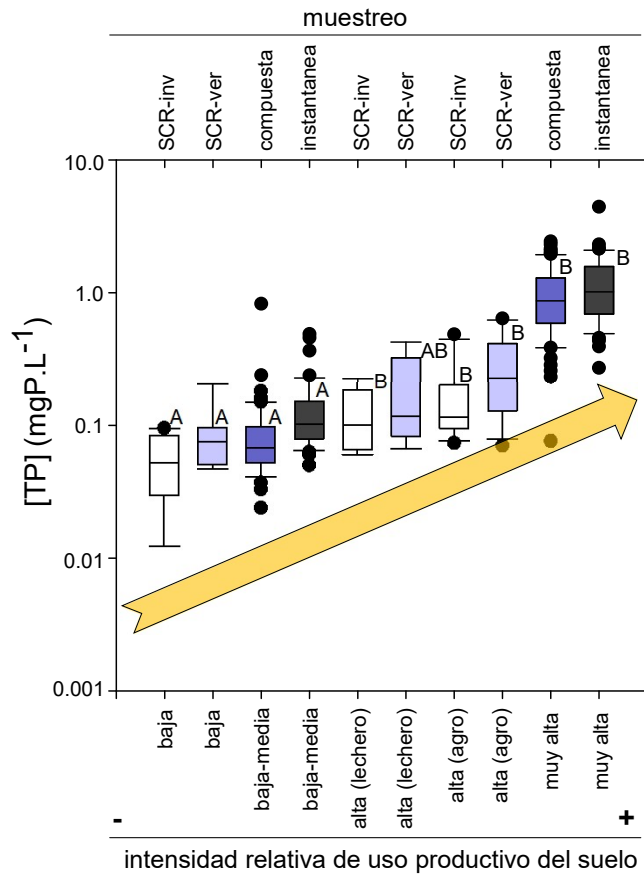
1



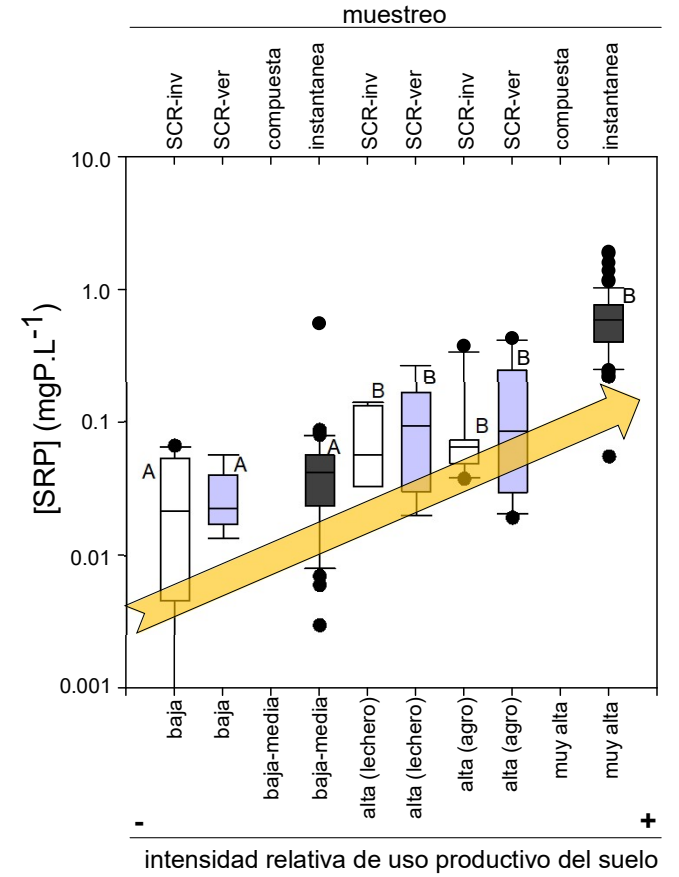
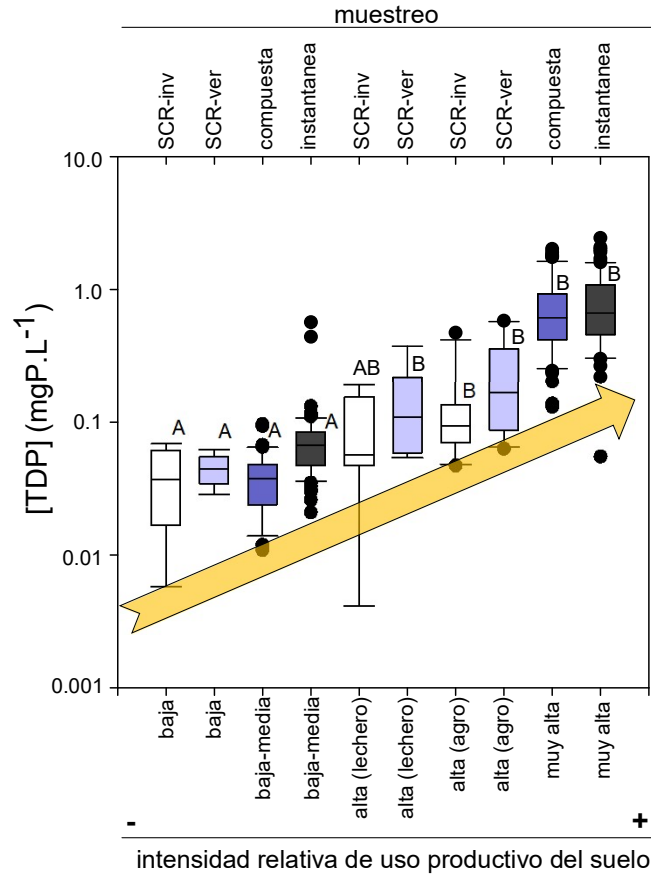
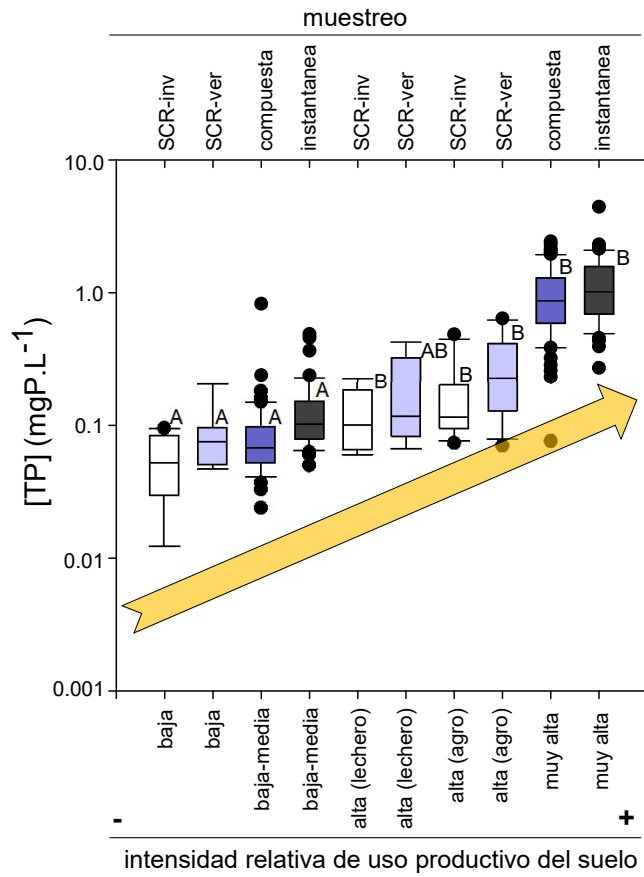
1



1



1



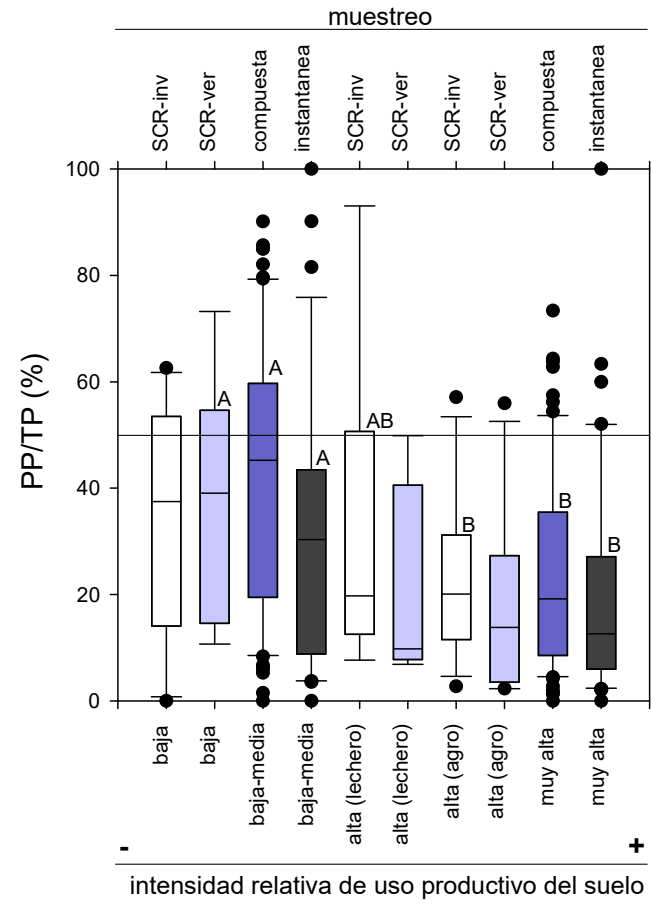
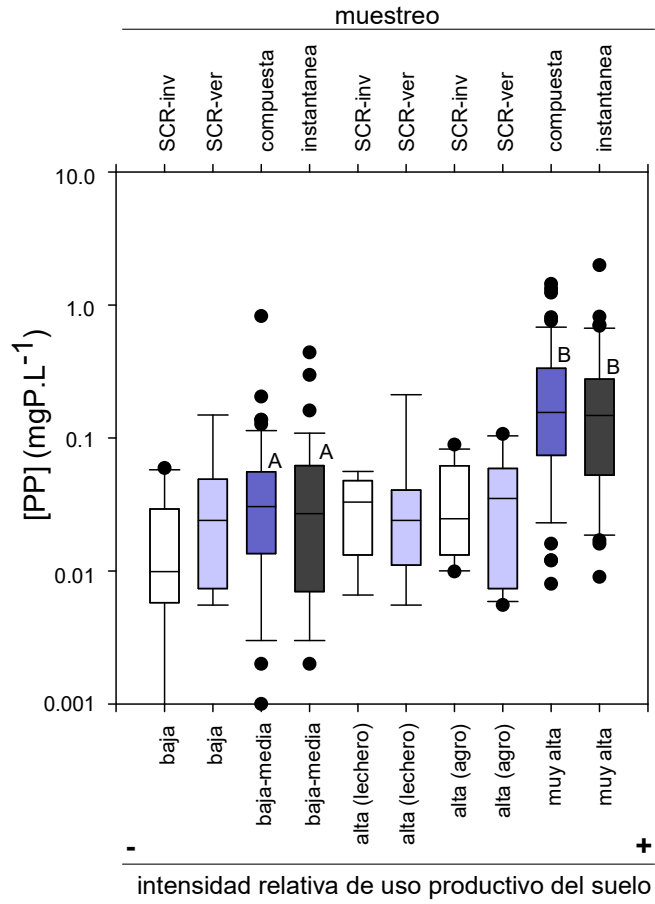
**Tabla 1.- Efecto de la intensidad de uso del suelo sobre el fósforo en arroyos de cabecera del Uruguay, de acuerdo a ANOVAs de 1-vía realizados para las concentraciones de TP, TDP, PP, SRP y la contribución relativa del PP al TP, asociadas a intensidades contrastantes de uso del suelo. Se indica la estrategia de muestreo seguida. Sistemas de referencia (arriba): factor intensidad de uso del suelo, 2 niveles. *Screening* (abajo): factor intensidad de uso del suelo, 3 niveles. Nivel de significancia:  $P < 0.05^*$ ,  $P < 0.01^{**}$ ,  $P < 0.001^{***}$ ,  $0.10 > P > 0.05 = ms$  (marginamente significativo),  $P > 0.10 ns$  (no significativo).**

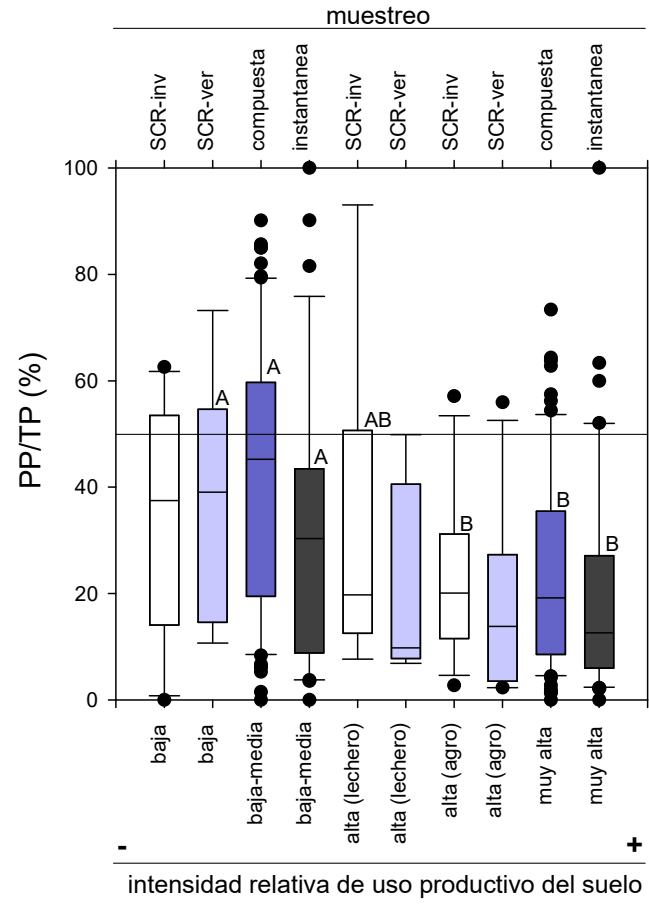
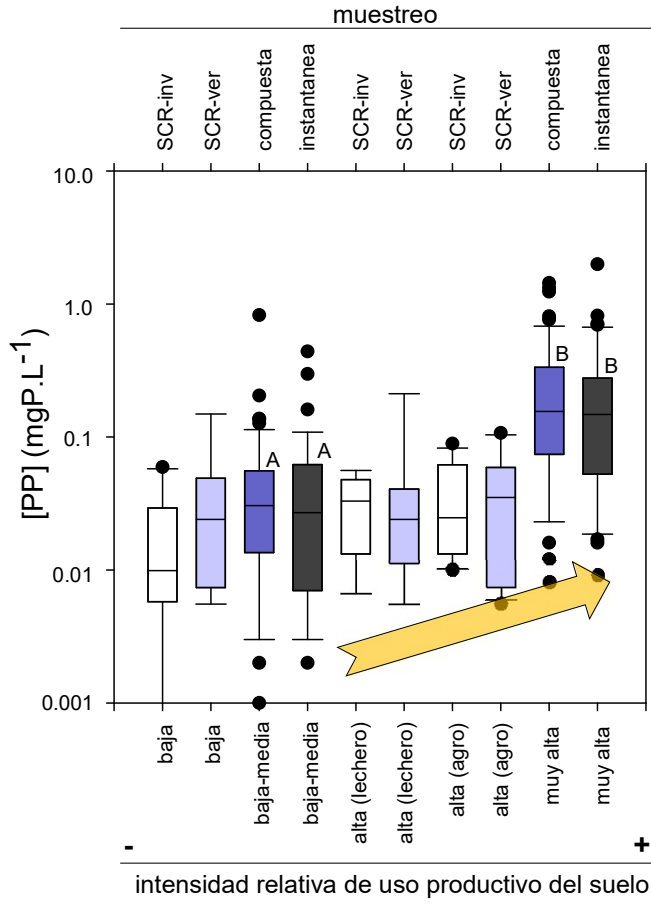
	Arroyos de referencia (n=2)					
	Compuestas (3 años)			Instantáneas (3 años; 2 años para TP)		
	baja-media	muy alta	ANOVA	baja-media	muy alta	ANOVA
<b>TP</b>	0.07	0.82	$F_{(1, 120)} = 477.62^{***}$	0.11	1.02	$F_{(1, 84)} = 360.43^{***}$
<b>TDP</b>	0.03	0.62	$F_{(1, 120)} = 151.63^{***}$	0.06	0.68	$F_{(1, 128)} = 505.2^{***}$
<b>PP</b>	0.03	0.15	$F_{(1, 117)} = 61.65^{***}$	0.02	0.11	$F_{(1, 75)} = 32.97^{***}$
<b>%PP/TP</b>	31.6%	15.8%	$F_{(1, 136)} = 22.31^{***}$	19%	11%	$F_{(1, 75)} = 4.86^*$
<b>SRP</b>	no se determinó			0.03	0.54	$F_{(1, 126)} = 451.40^{***}$

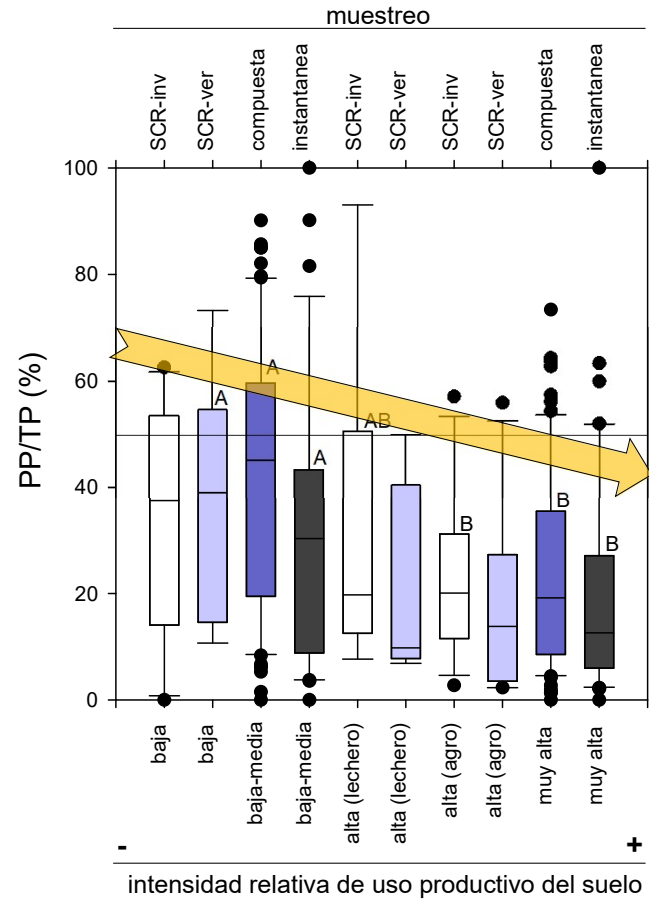
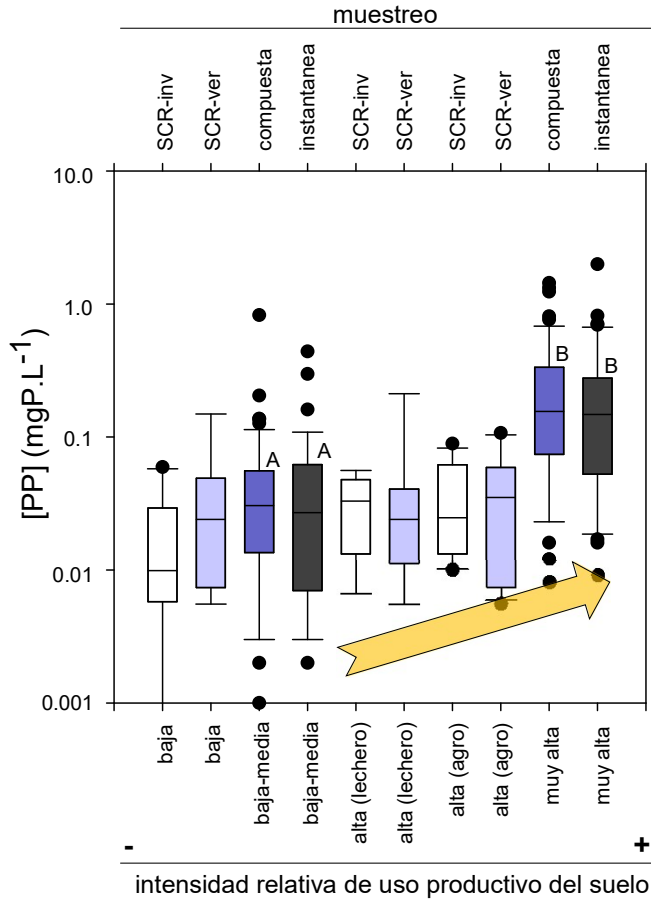
	Screening							
	Invierno				Verano			
	Baja (n=10)	Alta (n=9) (lechera)	Alta (n=12) (agro)	ANOVA	baja (n=9)	alta (n=9) (lechera)	alta (n=11) (agro)	ANOVA
<b>TP</b>	0.04	0.11	0.14	$F_{(2, 28)} = 9.78^{***}$	0.09	0.15	0.22	$F_{(2, 26)} = 4.11^*$
<b>TDP</b>	0.03	0.06	0.10	$F_{(2, 28)} = 5.78^{**}$	0.04	0.12	0.18	$F_{(2, 26)} = 12.01^{**}$
<b>SRP</b>	0.01	0.07	0.07	$F_{(2, 28)} = 7.76^{**}$	0.02	0.07	0.10	$F_{(2, 26)} = 6.51^{**}$
<b>SRP</b>	0.01	0.07	0.07	$F_{(2, 28)} = 7.76^{**}$	0.02	0.07	0.10	$F_{(2, 26)} = 6.51^{**}$
<b>PP</b>	8.5%	24.5%	29.4%	$F_{(2, 27)} = 2.05 ns$ $p=0.15$	0.02	0.02	0.03	$F_{(2, 26)} = 0.05 ns$ $p=0.95$
<b>%PP/TP</b>	17.5%	23.2%	20.4%	$F_{(2, 27)} = 1.01 ns$ $p=0.38$	30.7%	15.7%	11.6%	$F_{(2, 26)} = 2.90 ms$ $p=0.07$

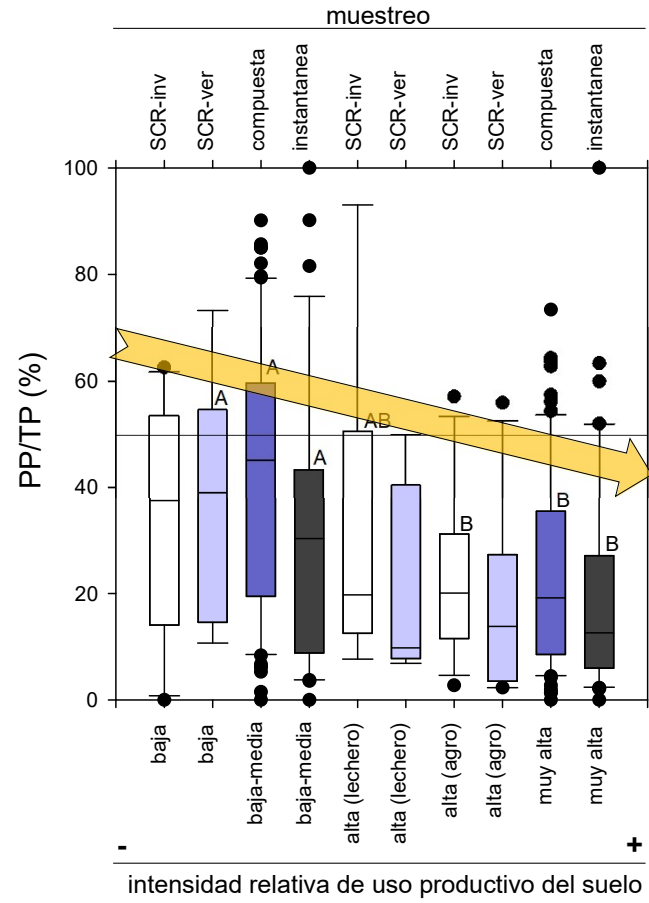
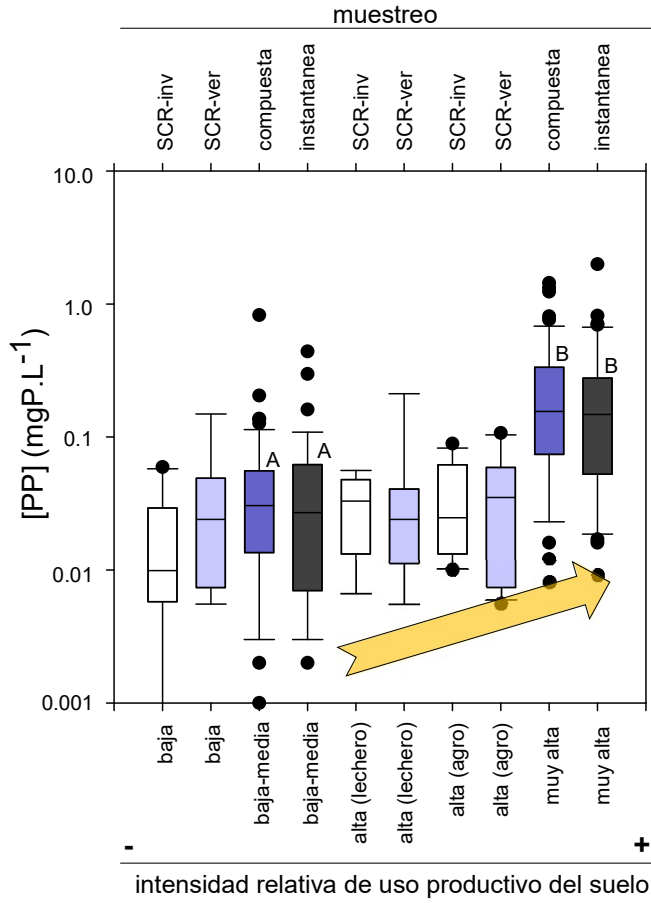
La intensidad de uso productivo del suelo es el factor determinante de la concentración de especies fosforadas en los sistemas acuáticos ubicados cuenca abajo.



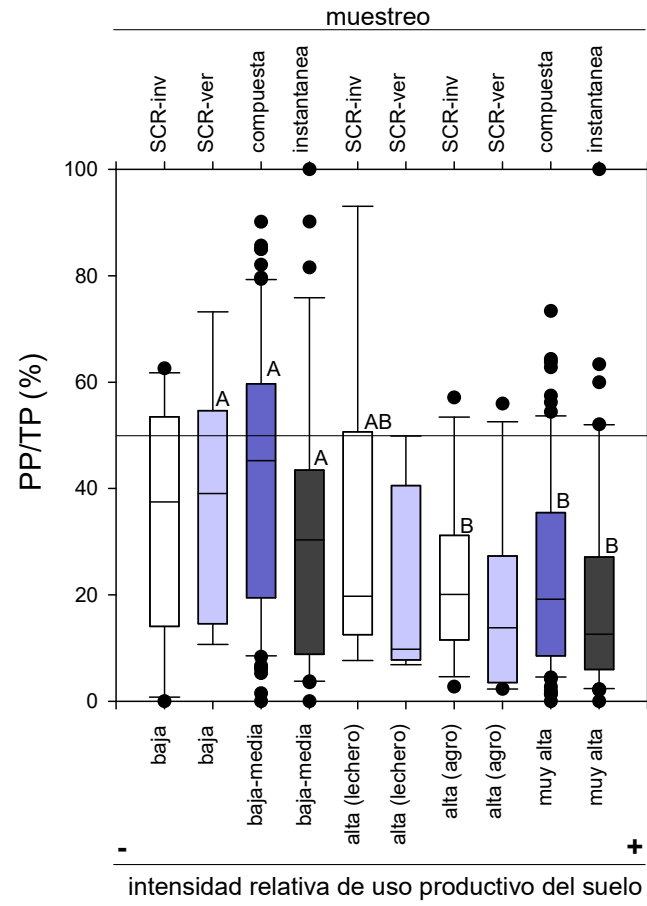


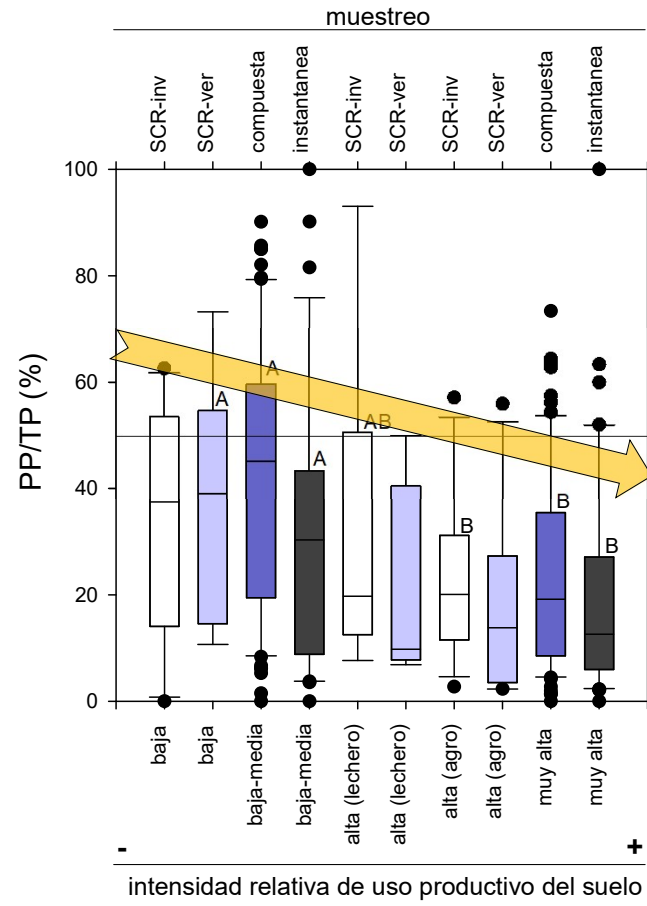


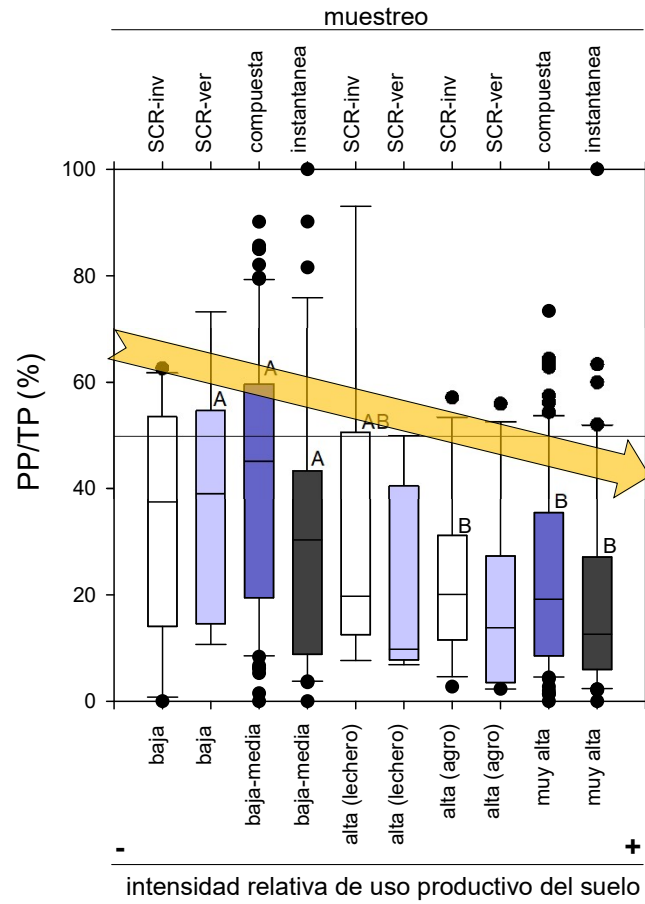




particulado vs. disuelto



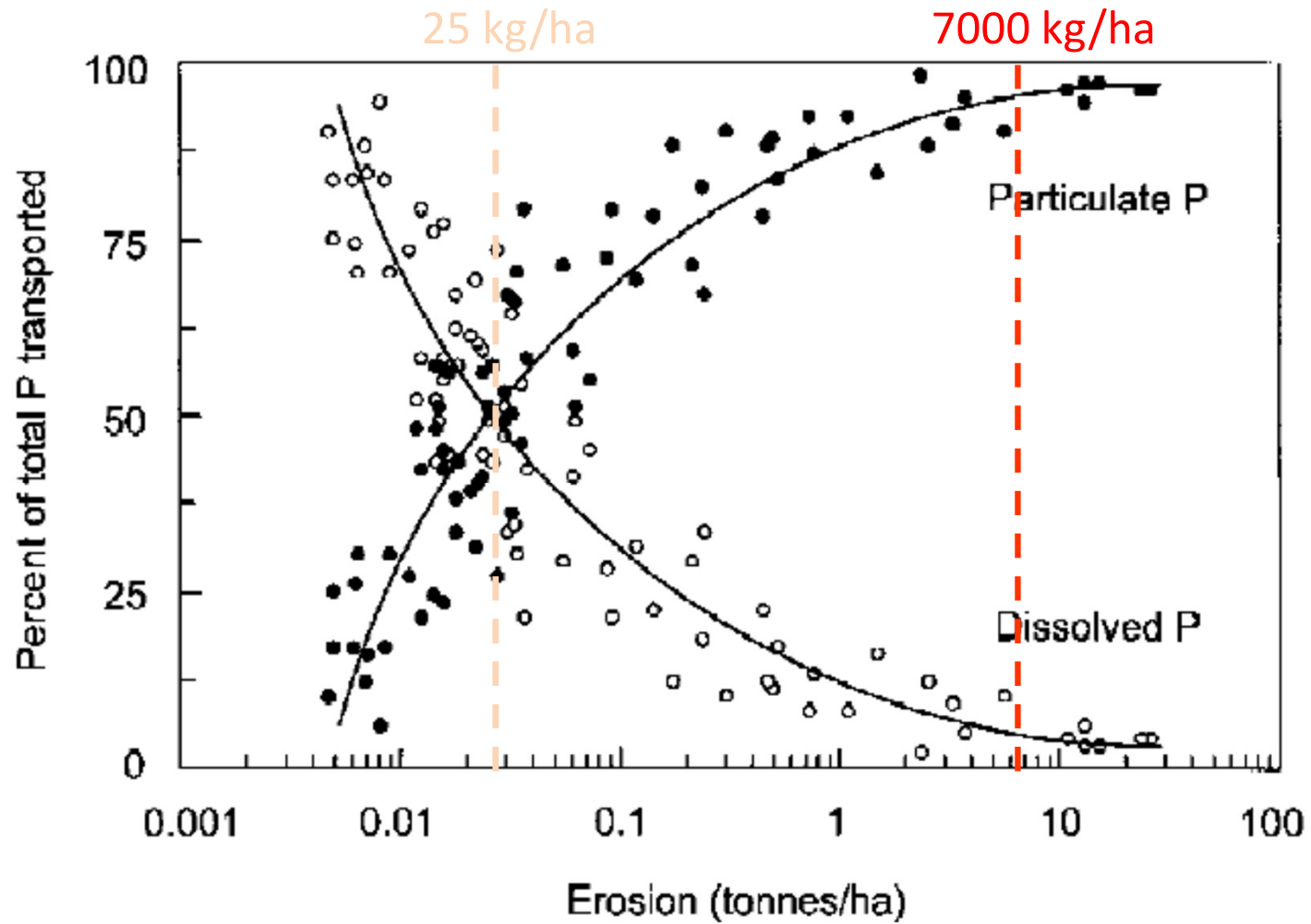




particulado vs. disuelto



2



particulado vs. disuelto

(Sharpley *et al.*, 2001)

Published January 12, 2017

Journal of Environmental Quality

TECHNICAL REPORTS

SURFACE WATER QUALITY

## Increased Soluble Phosphorus Loads to Lake Erie: Unintended Consequences of Conservation Practices?

Helen P. Jarvie,\* Laura T. Johnson, Andrew N. Sharpley, Douglas R. Smith, David B. Baker, Tom W. Bruulsema,  
and Remegio Confesor

Dr. Guillermo Goyenola [goyenola@gmail.com](mailto:goyenola@gmail.com)



P disuelto por doquier.

¿Erosión?

Published January 12, 2017

Journal of Environmental Quality

TECHNICAL REPORTS

SURFACE WATER QUALITY

## Increased Soluble Phosphorus Loads to Lake Erie: Unintended Consequences of Conservation Practices?

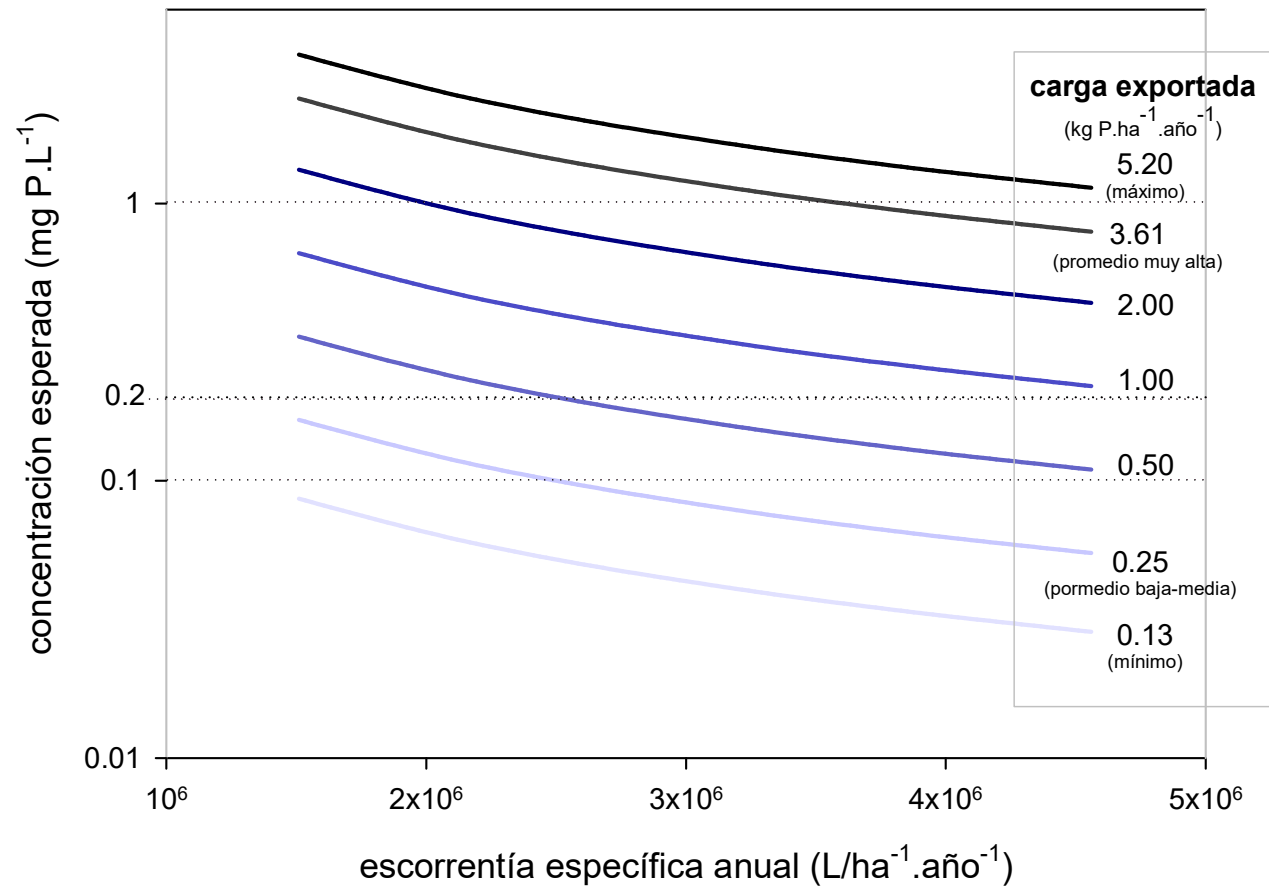
Helen P. Jarvie,\* Laura T. Johnson, Andrew N. Sharpley, Douglas R. Smith, David B. Baker, Tom W. Bruulsema,  
and Remegio Confesor

Dr. Guillermo Goyenola [goyenola@gmail.com](mailto:goyenola@gmail.com)



## Escenarios de calidad de agua

### Capacidad de dilución de las cargas exportadas

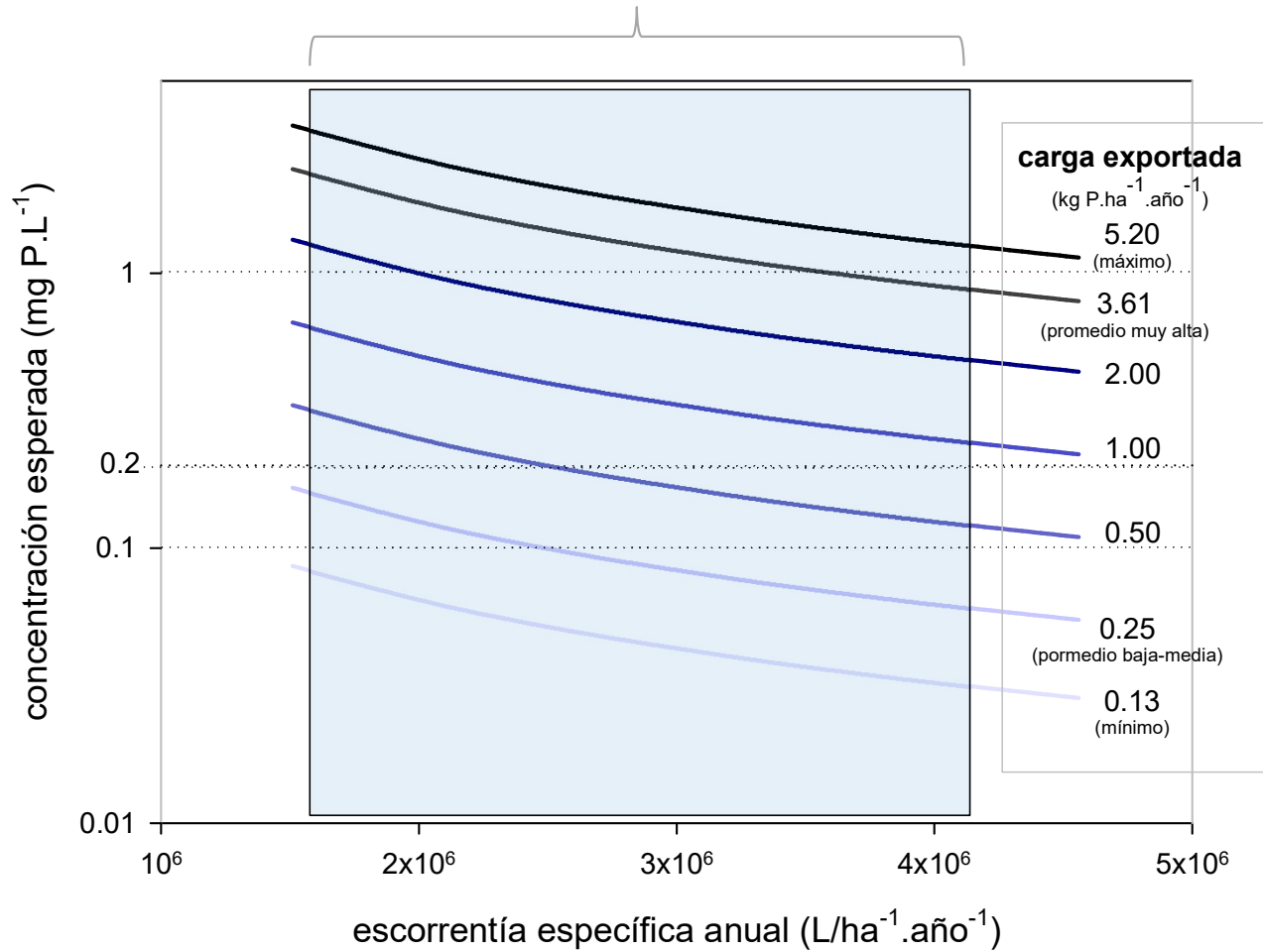


## Escenarios de calidad de agua

### Capacidad de dilución de las cargas exportadas



### Producción de agua medida (rango)

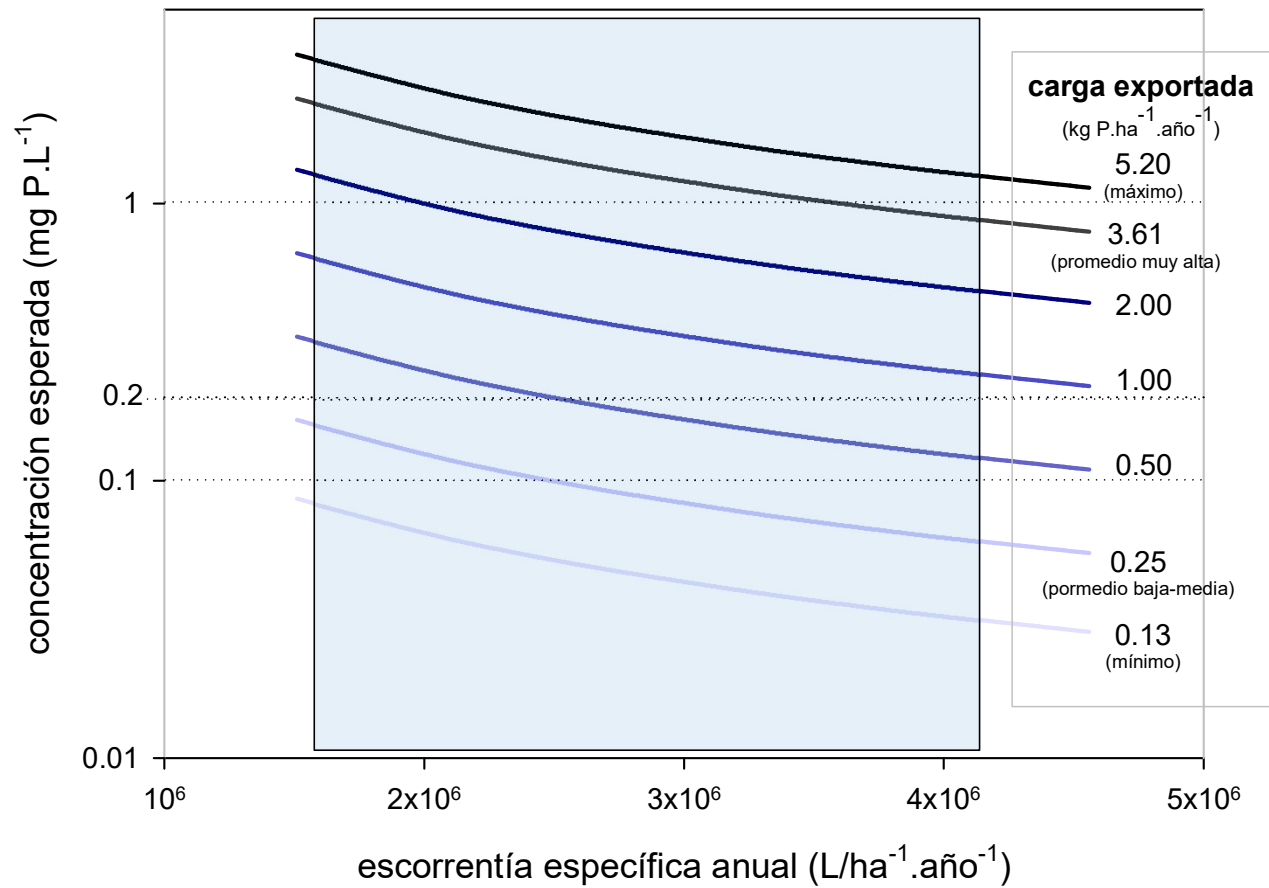


## Escenarios de calidad de agua

### Capacidad de dilución de las cargas exportadas



### Producción de agua medida (rango)



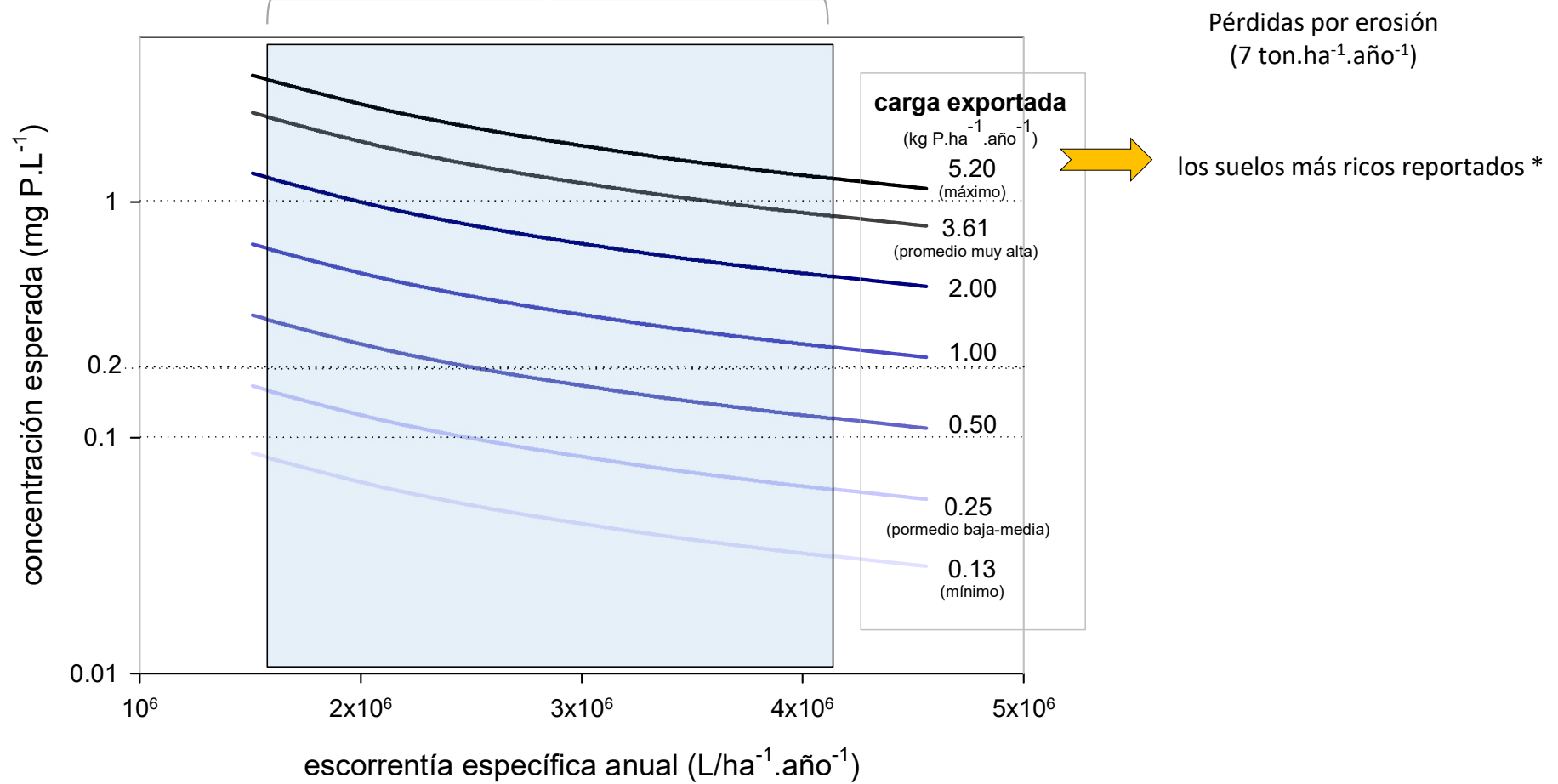
Pérdidas por erosión  
(7 ton.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>)

## Escenarios de calidad de agua

### Capacidad de dilución de las cargas exportadas



#### Producción de agua medida (rango)



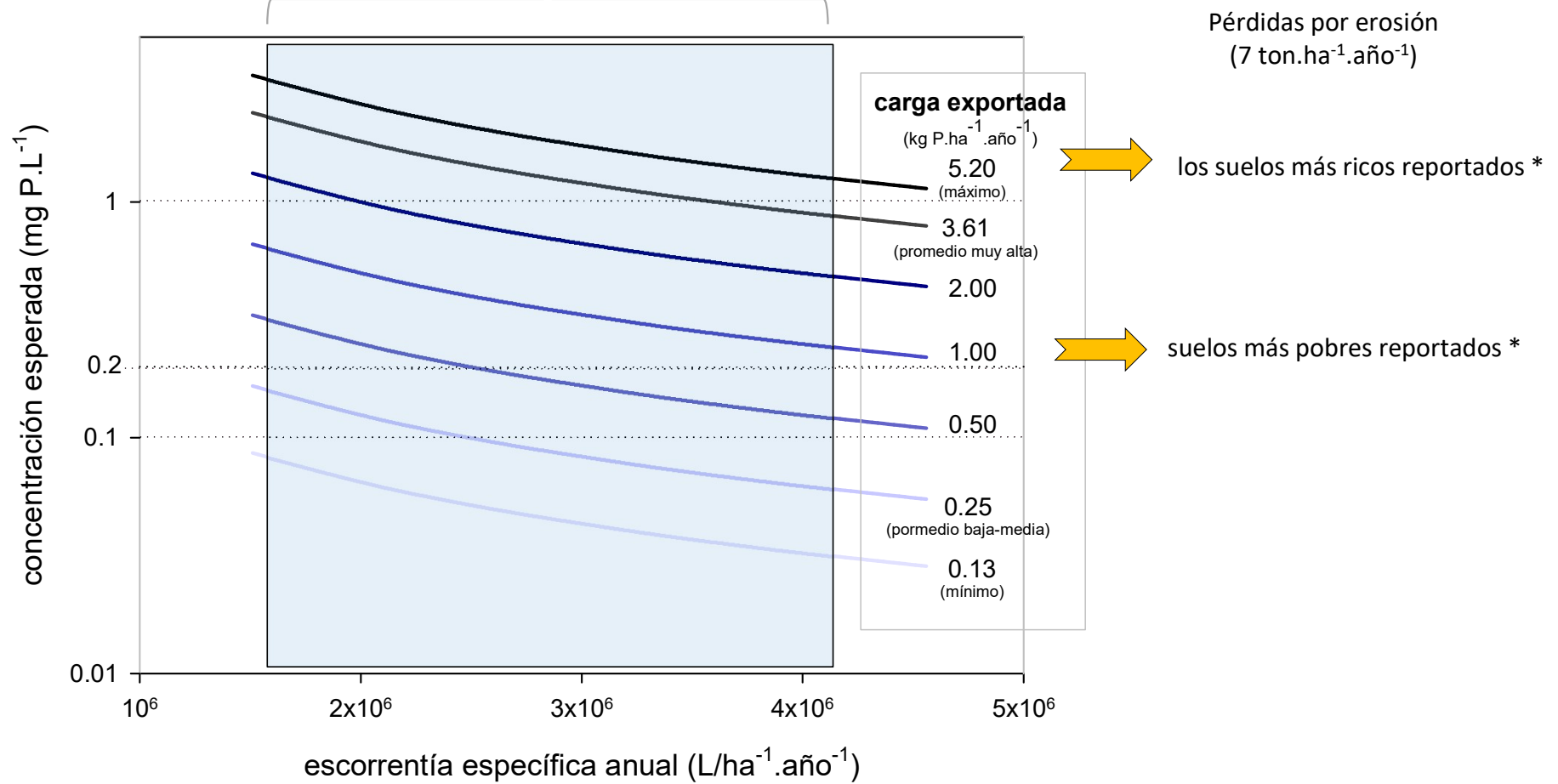


## Escenarios de calidad de agua

### Capacidad de dilución de las cargas exportadas



### Producción de agua medida (rango)

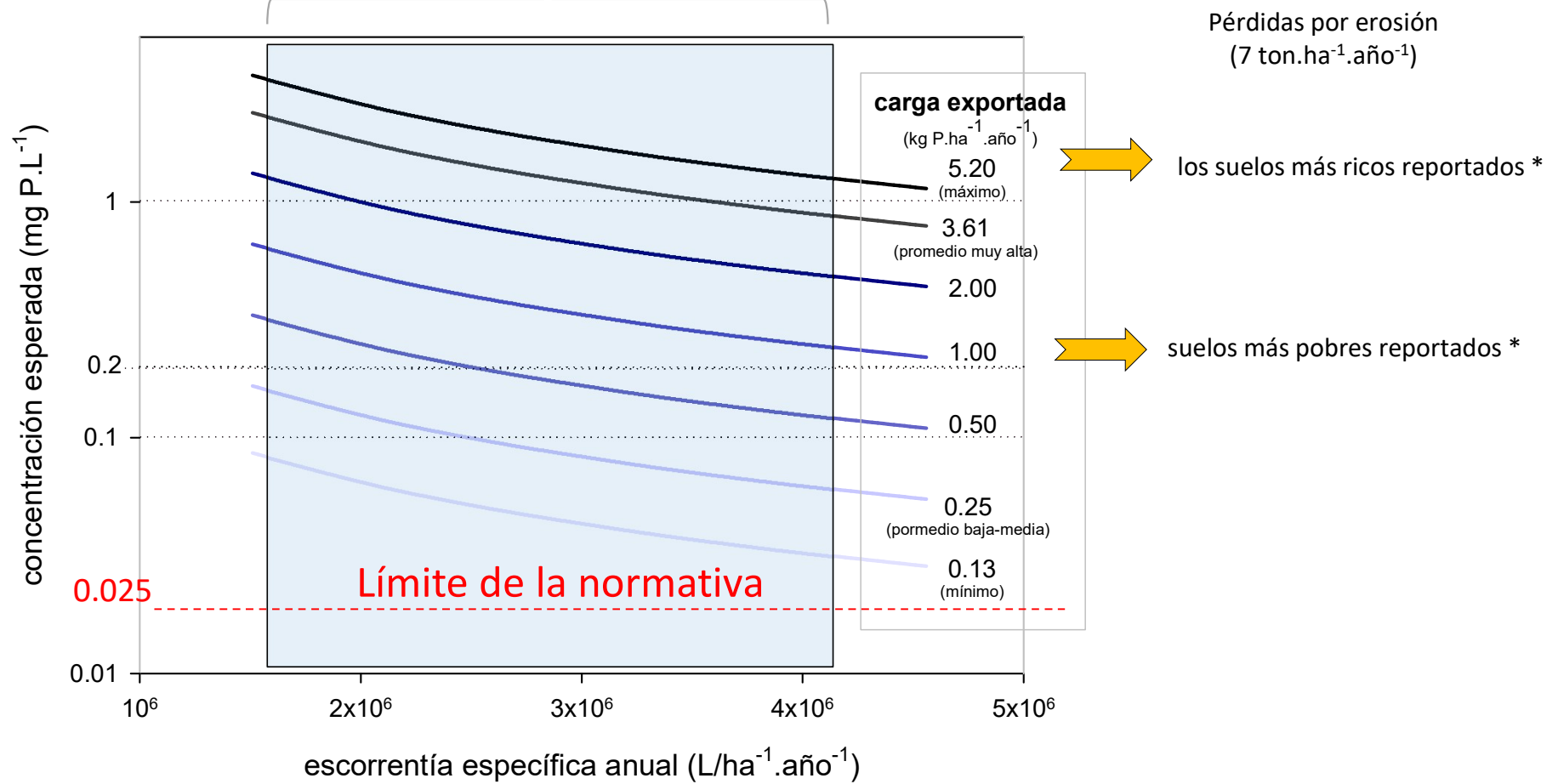


## Escenarios de calidad de agua

### Capacidad de dilución de las cargas exportadas



### Producción de agua medida (rango)

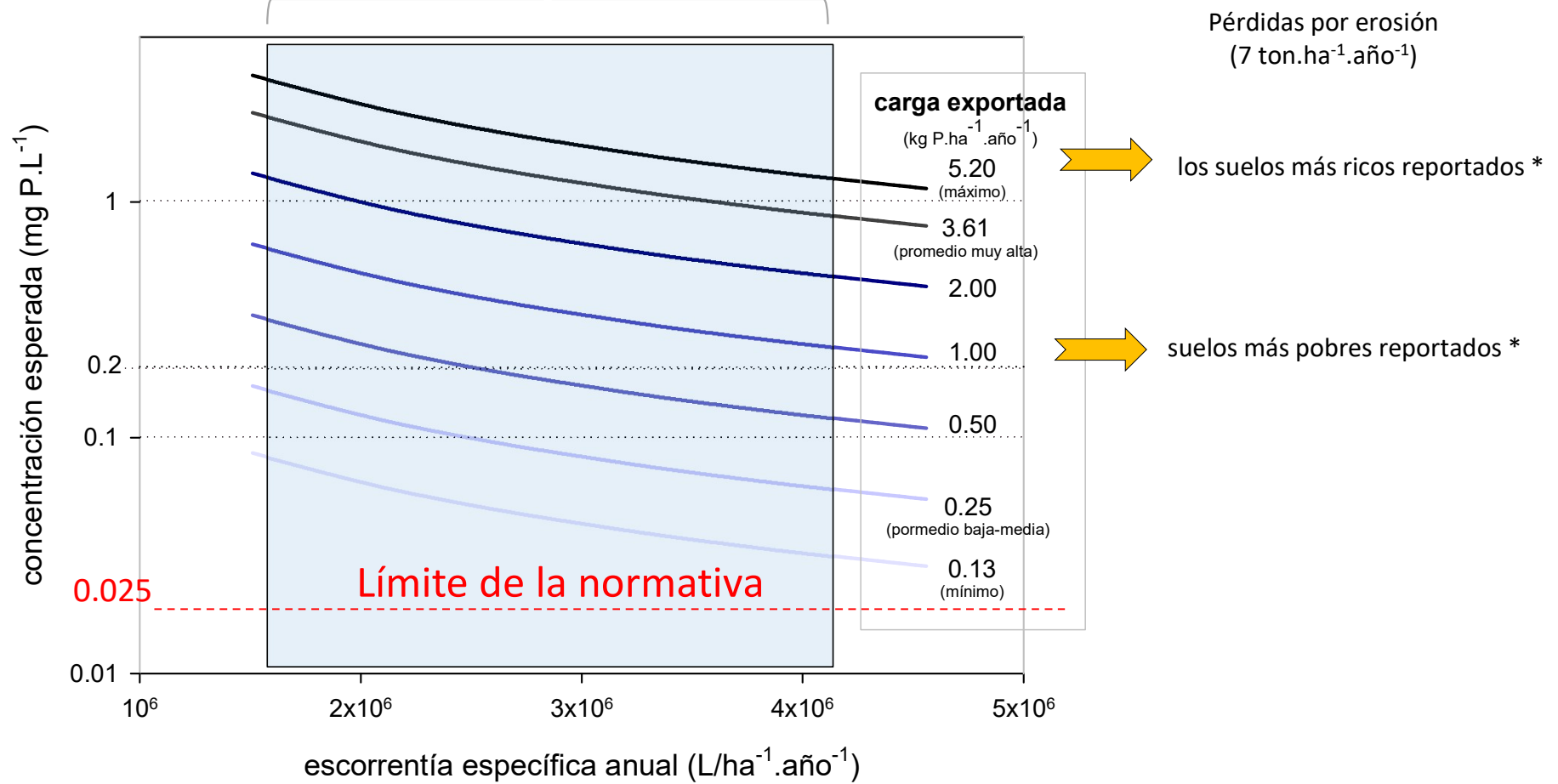


## Escenarios de calidad de agua

### Capacidad de dilución de las cargas exportadas



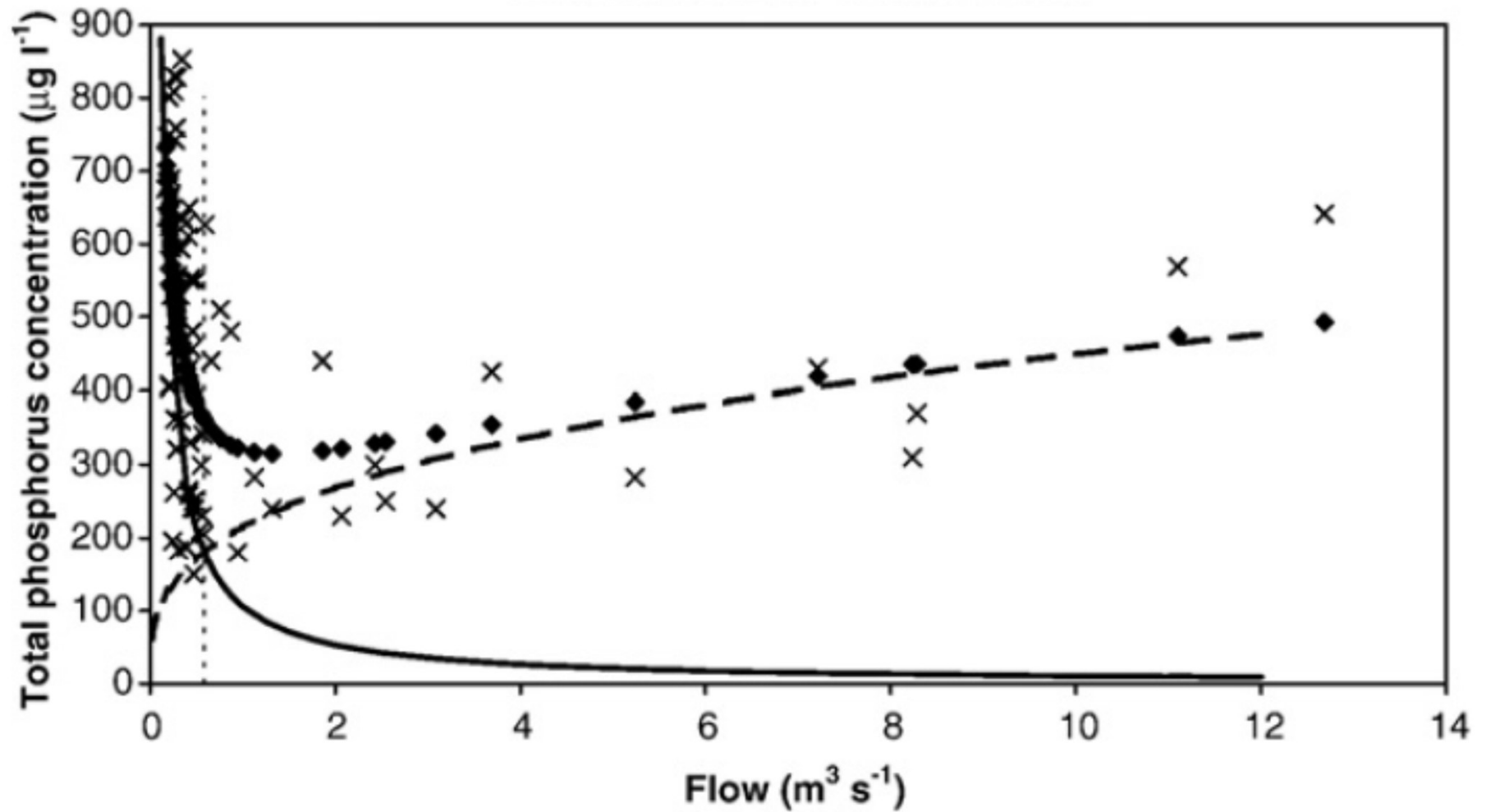
### Producción de agua medida (rango)



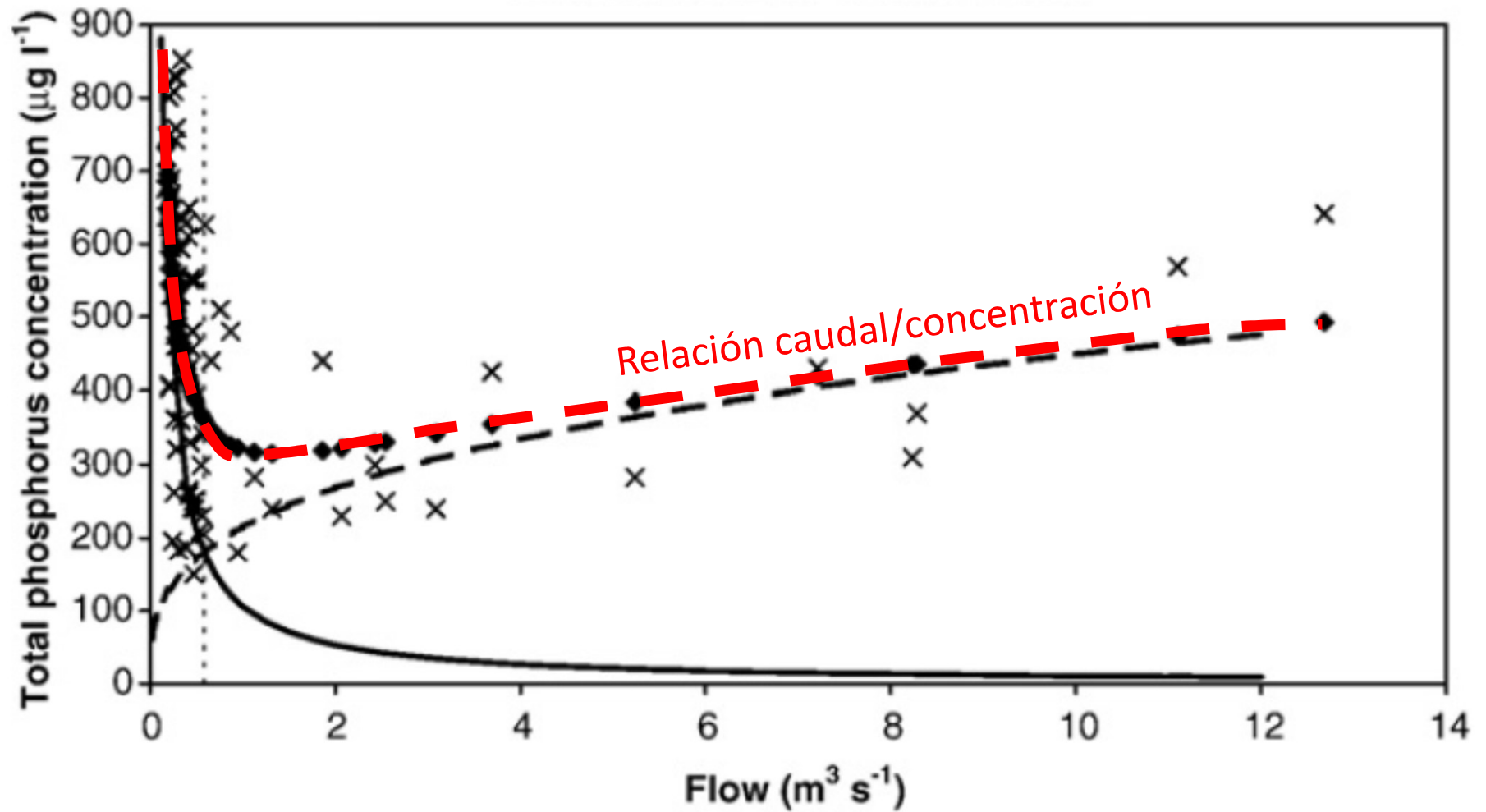
¡particulado vs. disuelto!

Lo tolerable agrónomicamente  
(i.e.: pérdida de suelo y costo de fertilización)  
VS.  
lo tolerable desde la perspectiva de calidad de agua

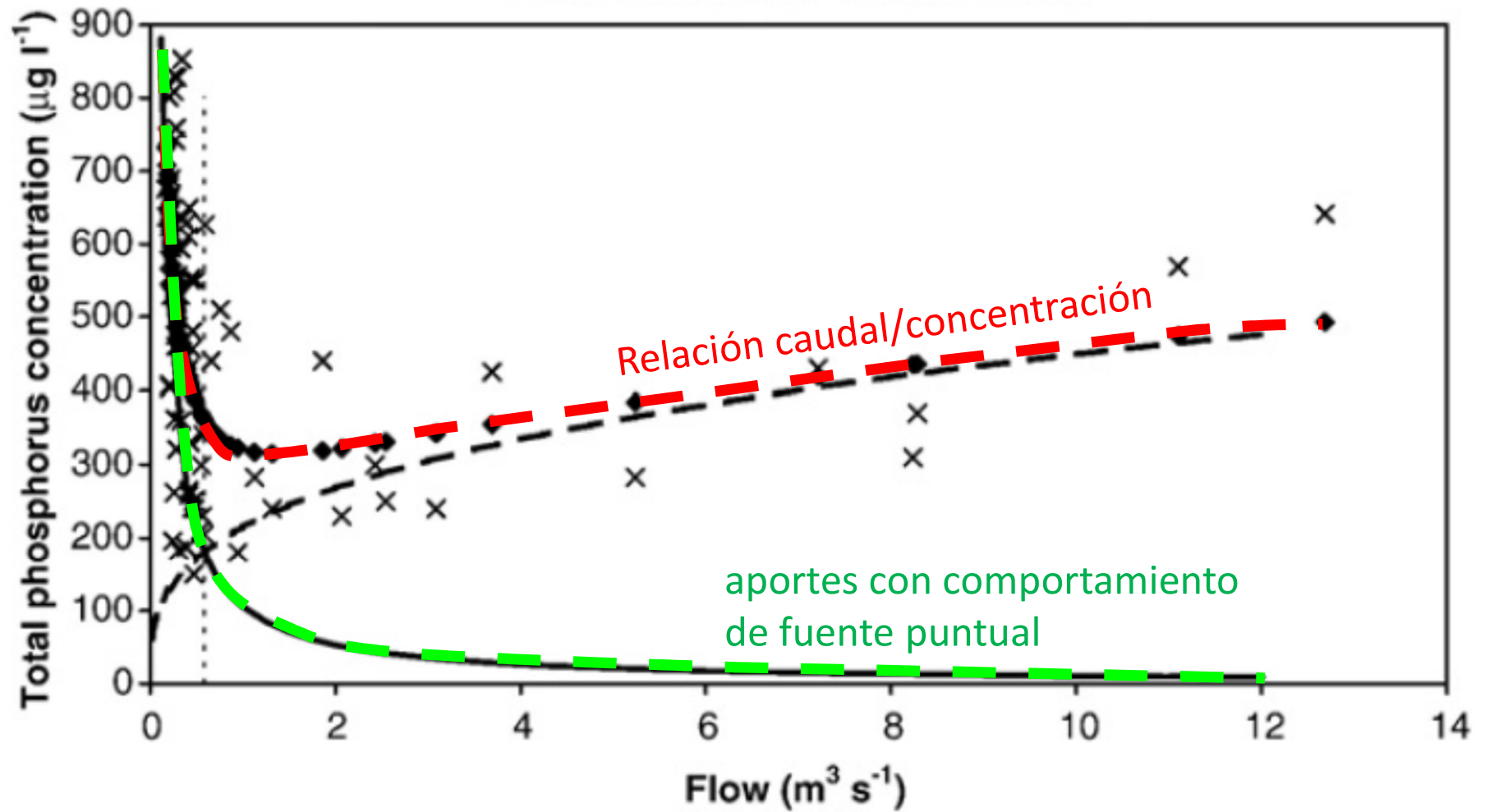
## Asignación a fuentes puntuales y difusas



## Asignación a fuentes puntuales y difusas

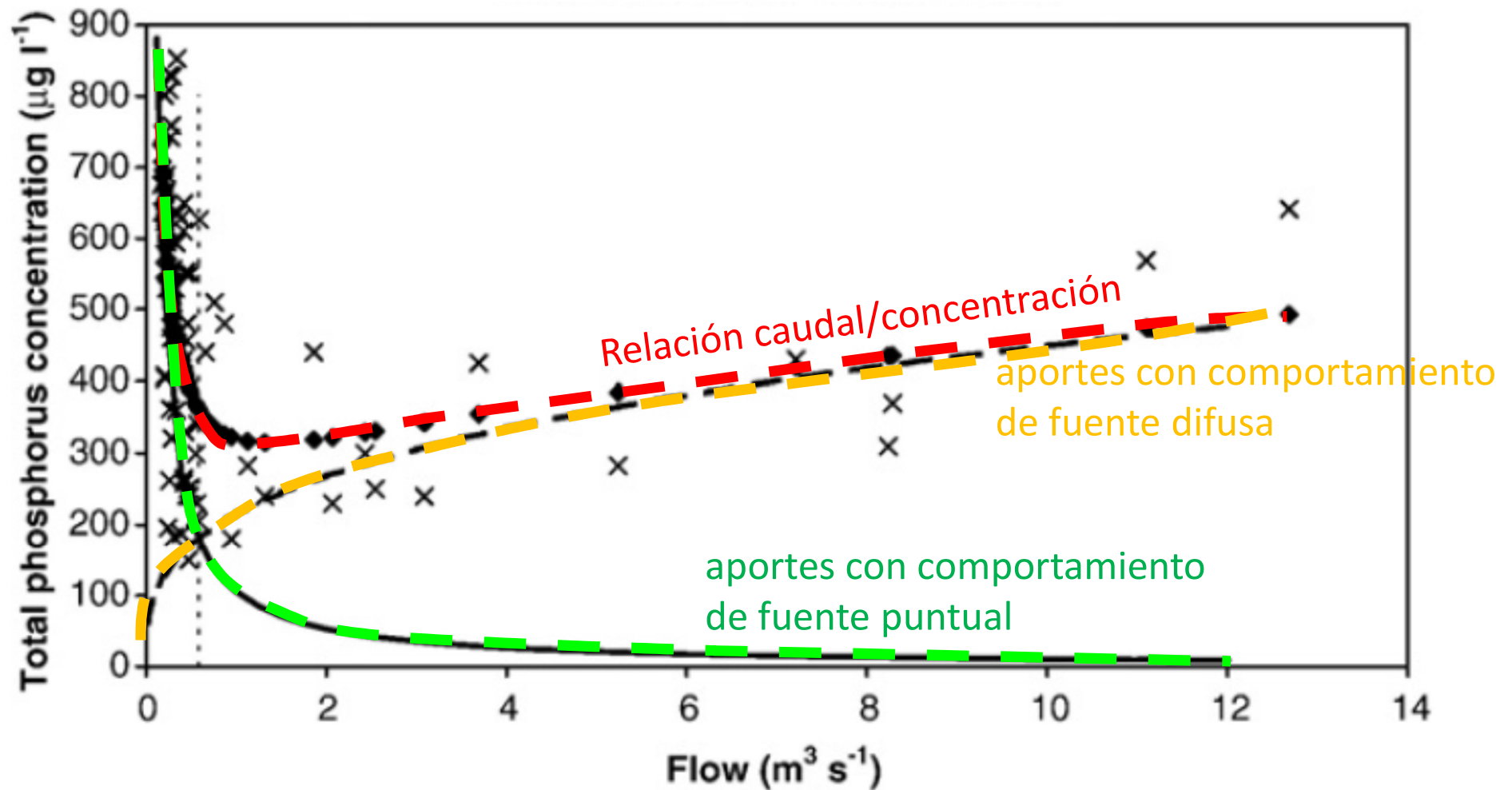


## Asignación a fuentes puntuales y difusas





## Asignación a fuentes puntuales y difusas



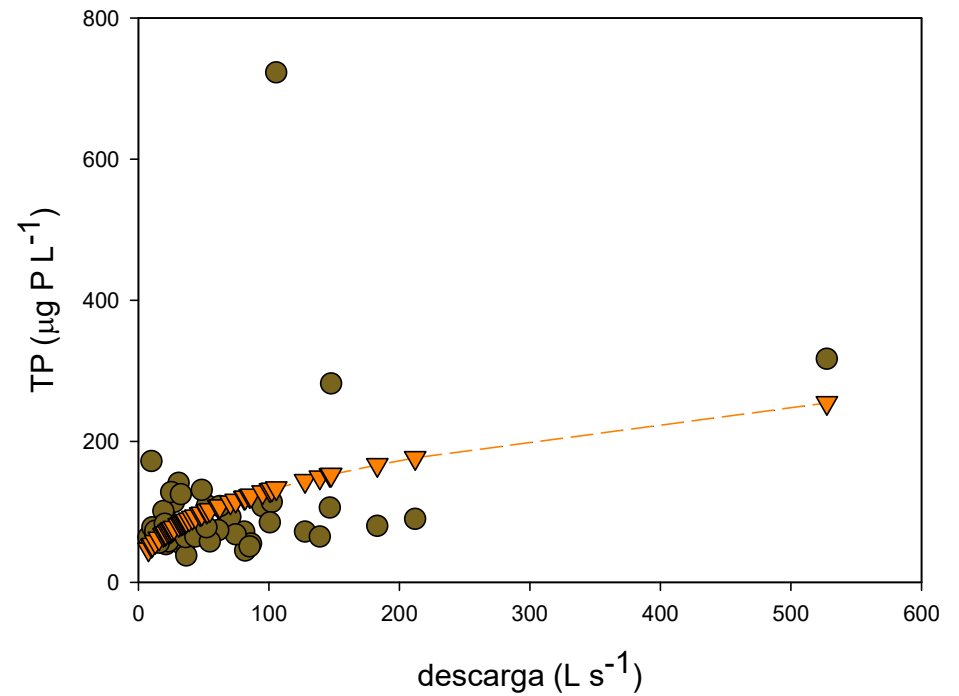
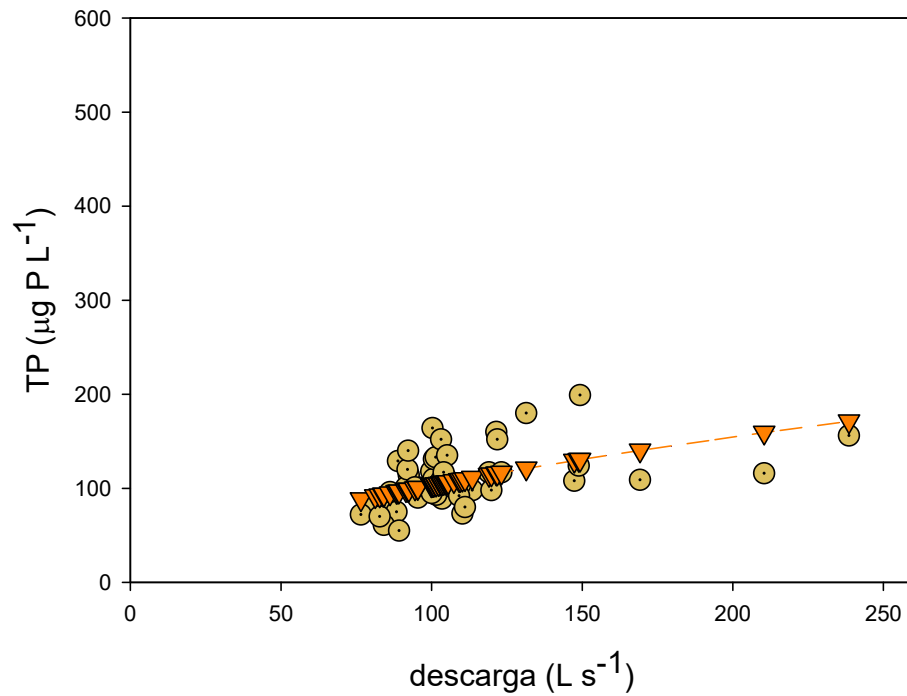
## Asignación a fuentes puntuales y difusas



Baja intensidad de uso

Muy alta intensidad de uso

Dinamarca



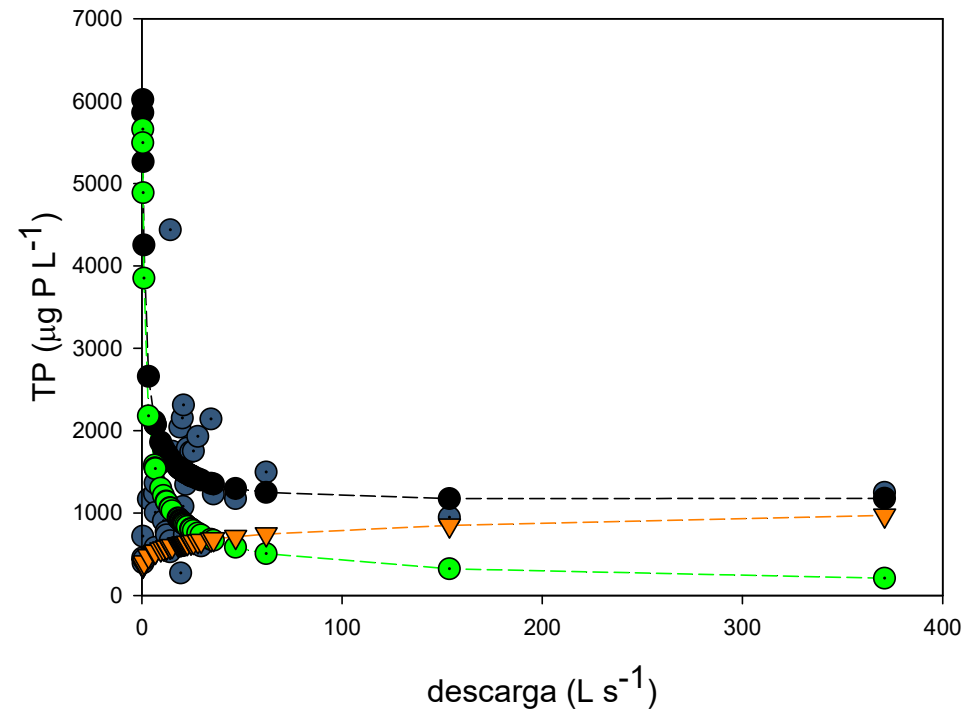
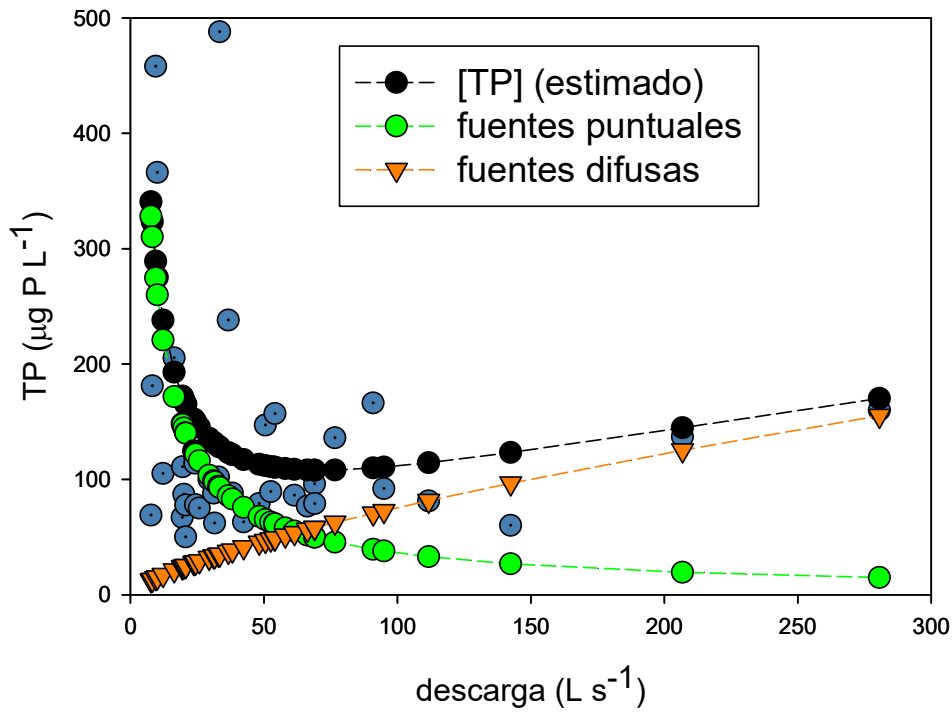
## Asignación a fuentes puntuales y difusas



Baja intensidad de uso

Muy alta intensidad de uso

Uruguay



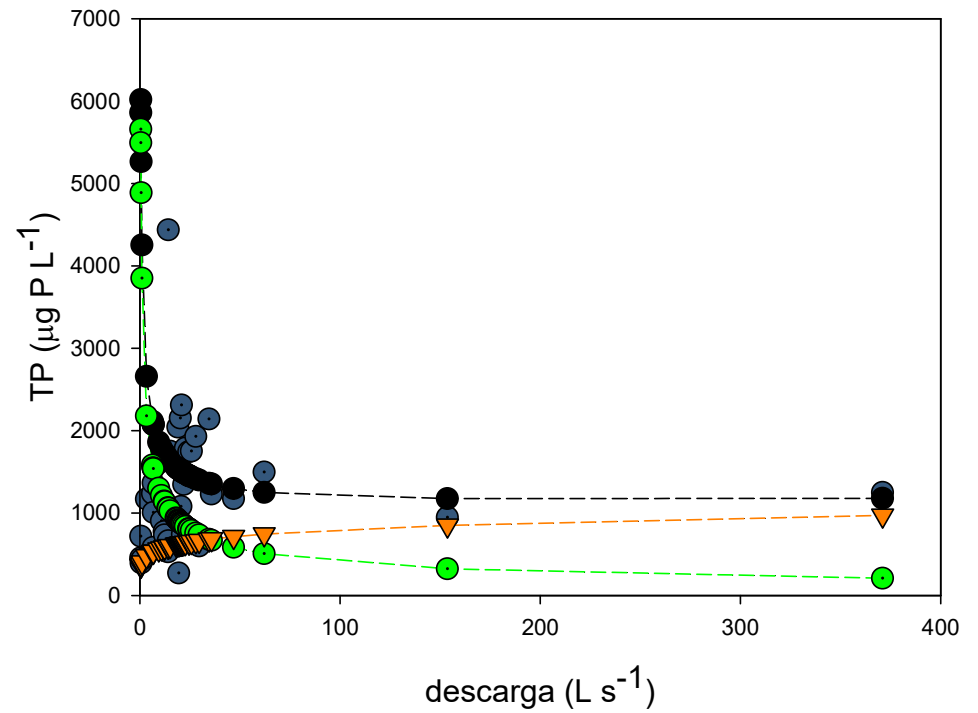
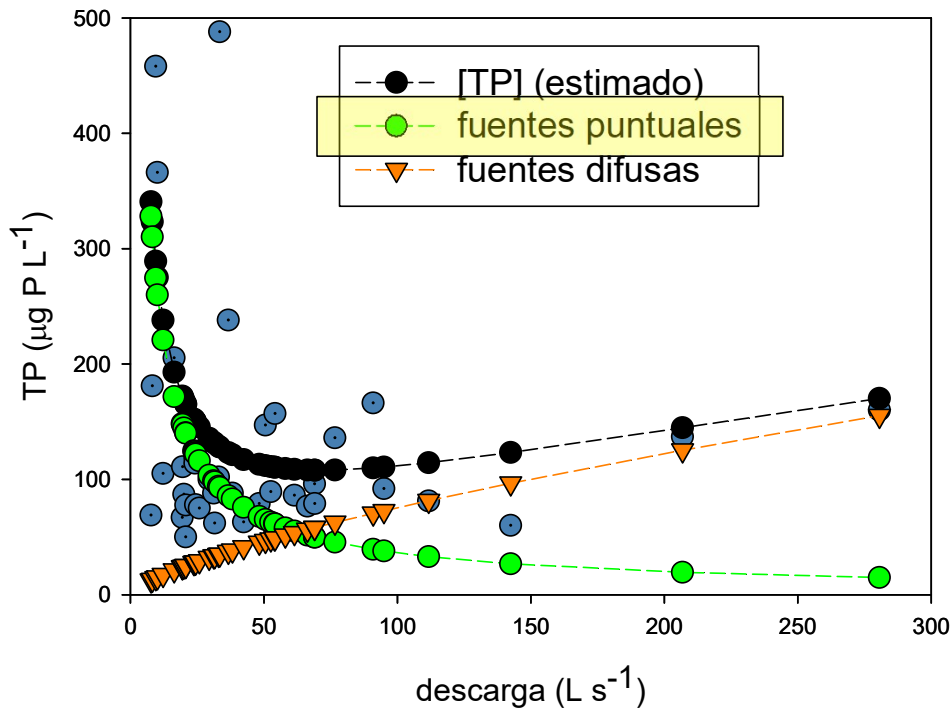
## Asignación a fuentes puntuales y difusas



Baja intensidad de uso

Muy alta intensidad de uso

Uruguay



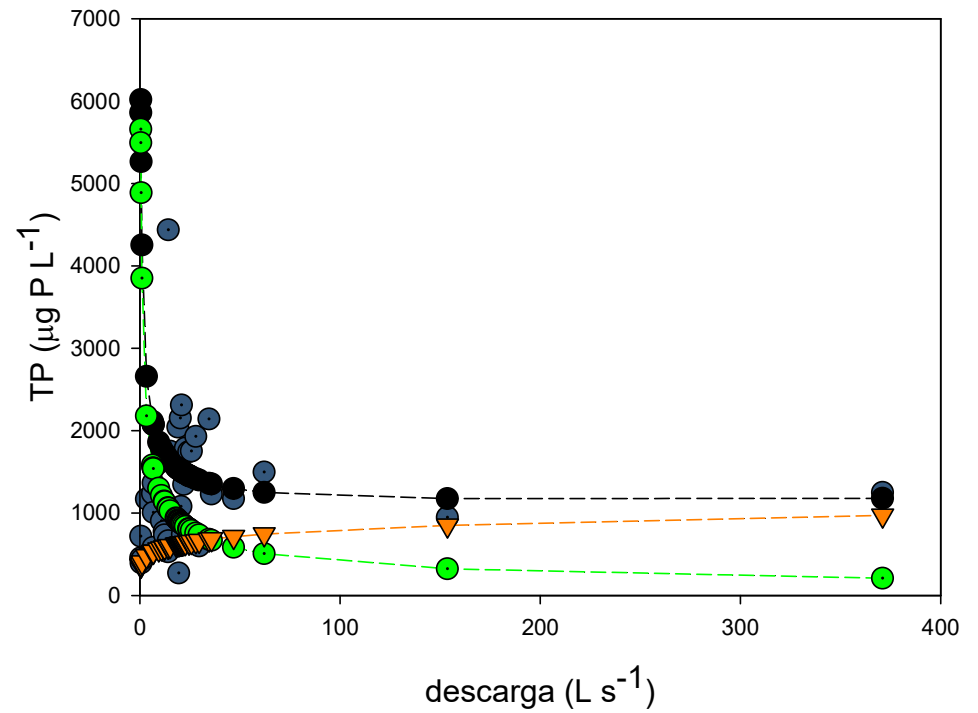
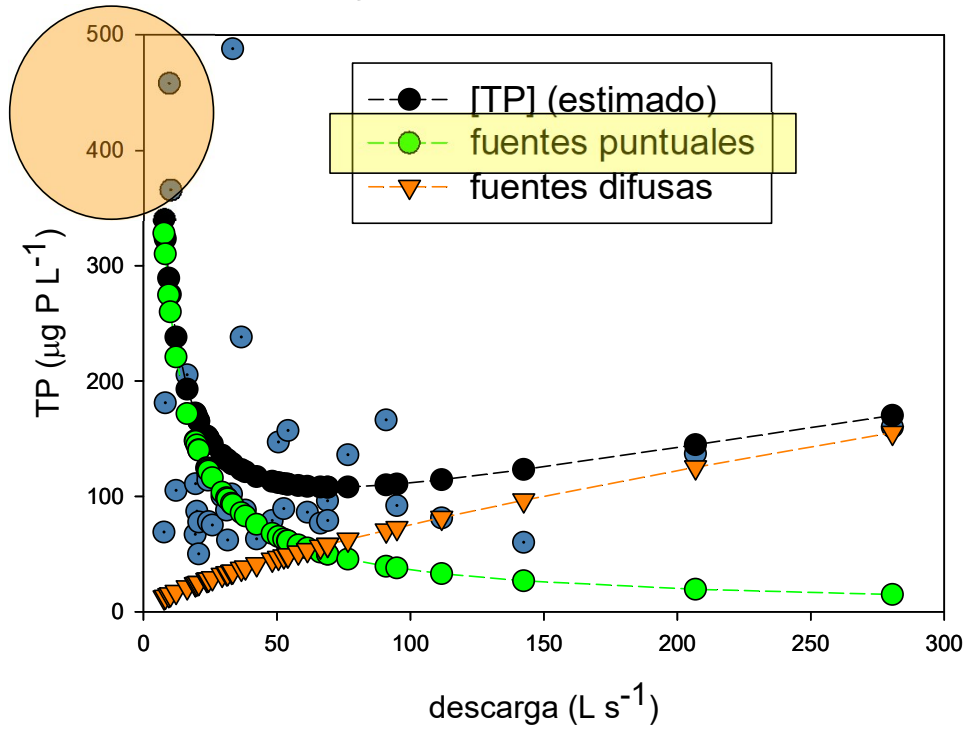
## Asignación a fuentes puntuales y difusas



Baja intensidad de uso

Muy alta intensidad de uso

Uruguay



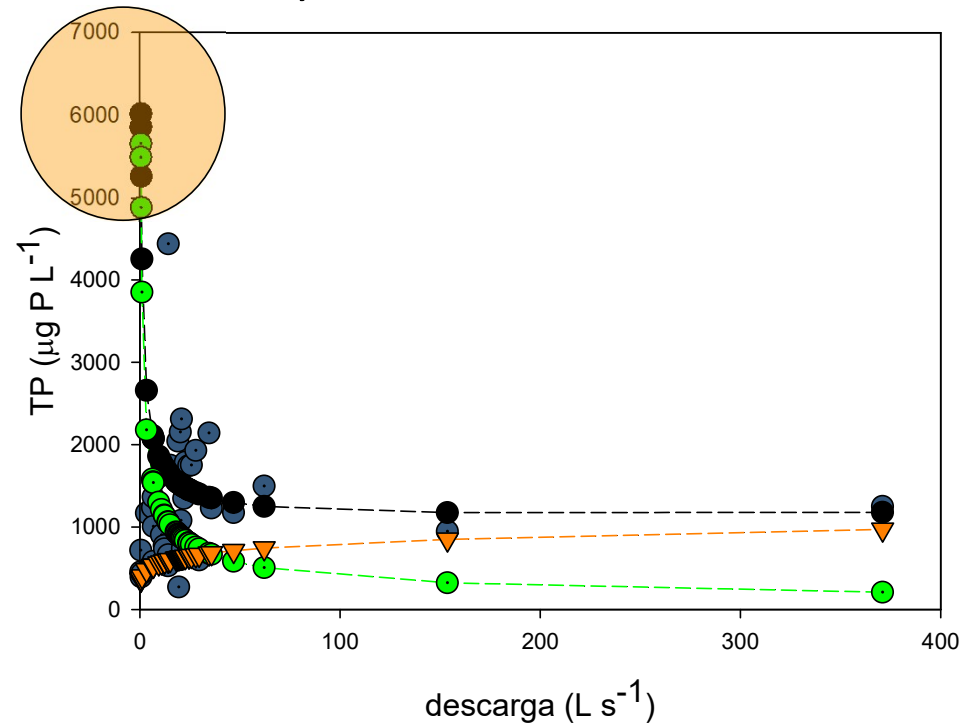
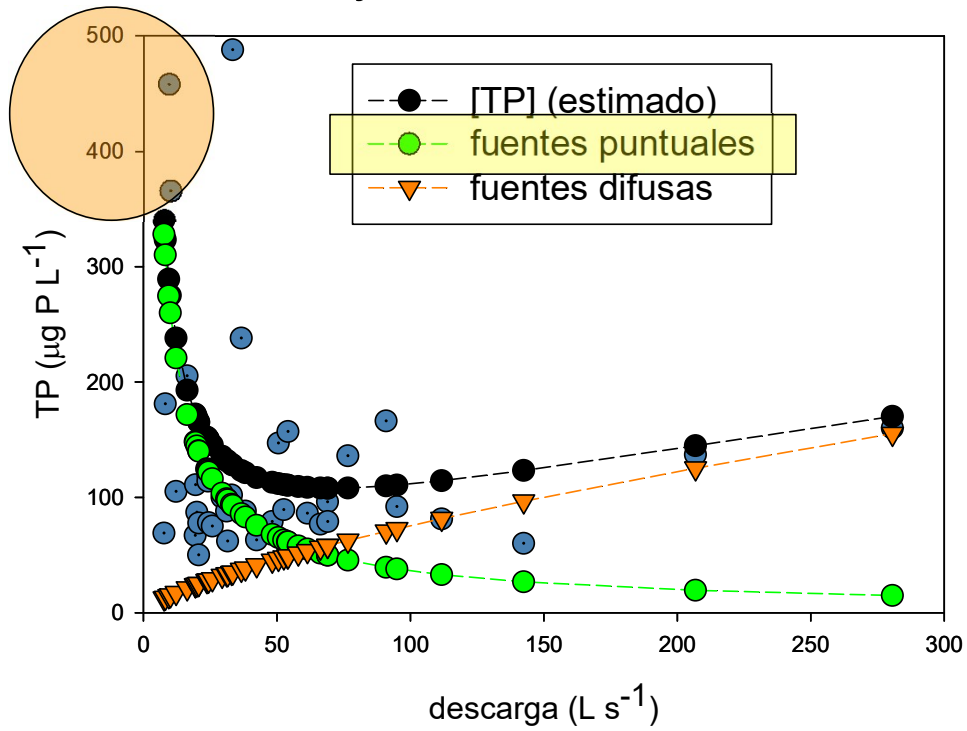
## Asignación a fuentes puntuales y difusas



Baja intensidad de uso

Muy alta intensidad de uso

Uruguay



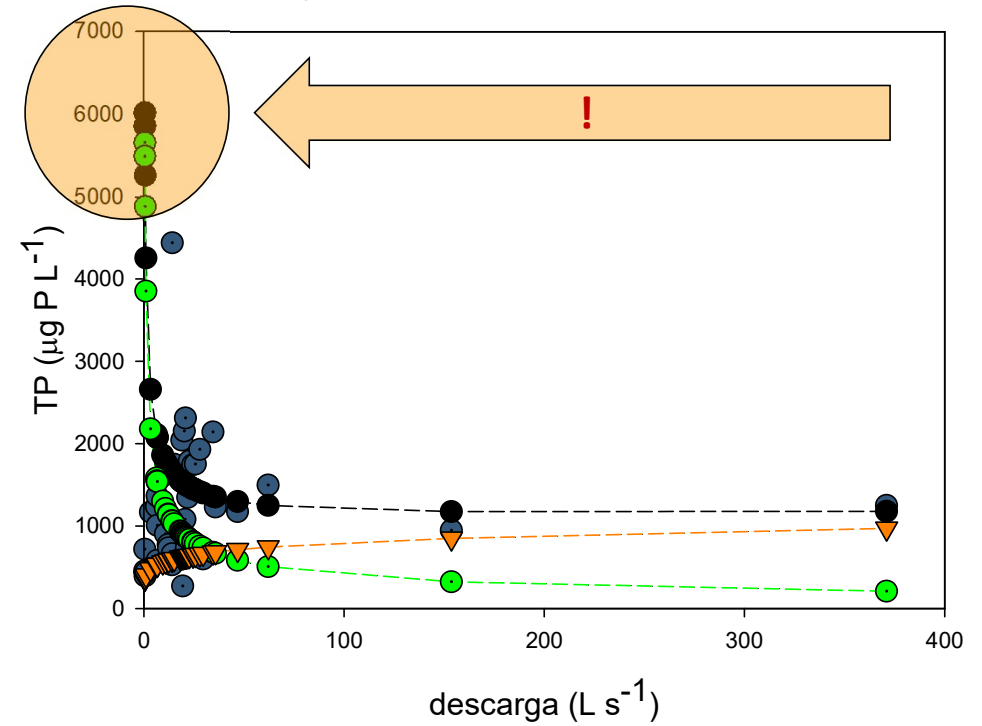
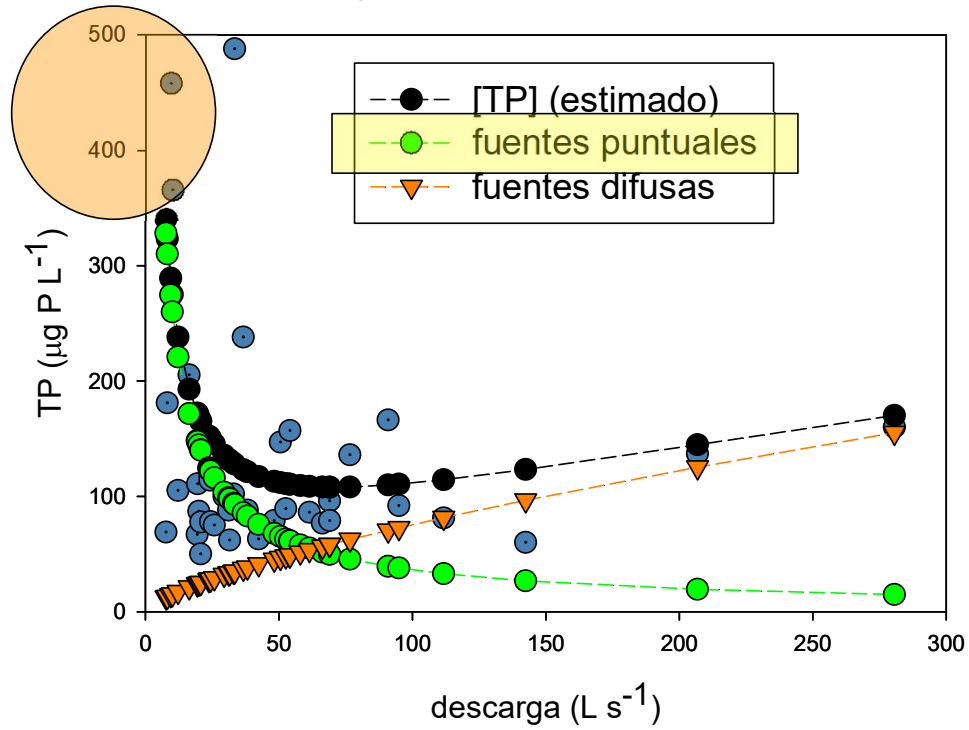
## Asignación a fuentes puntuales y difusas



Baja intensidad de uso

Muy alta intensidad de uso

Uruguay





Dr. Guillermo Goyenola [goyenola@gmail.com](mailto:goyenola@gmail.com)



Aún lo considerado cómo baja intensidad de uso (ganadería extensiva), genera impacto significativo sobre la calidad de agua.

La señal de fuente con comportamiento puntual es intensa en sistemas con baja y alta carga.

Dr. Guillermo Goyenola [goyenola@gmail.com](mailto:goyenola@gmail.com)



Existe suficiente evidencia científica para asegurar que en Uruguay la eutrofización es una externalidad causada por la actividad agrícola-ganadera y las carencias de los sistemas de tratamiento de efluentes.



...encontrar el compromiso adecuado entre la producción de alimentos y la generación de divisas, por un lado, y la conservación de los ecosistemas y disponer de agua adecuada para potabilizar, por otro, es uno de los mayores retos que enfrenta nuestra sociedad actualmente...

Dr. Guillermo Goyenola [goyenola@gmail.com](mailto:goyenola@gmail.com)



Presentación recomendada:

# Manejo de fósforo en sistemas agrícola ganaderos: algunas ideas para integrar aspectos agronómicos y ambientales

Proyecto Dinámica de Nutrientes en Sistemas Agrícola Ganaderos.

Agustín Núñez, Andrés Quincke  
Taller Alternativas para la fertilización de fósforo  
AUSID  
Julio 29, 2023







Dr. Guillermo Goyenola [goyenola@gmail.com](mailto:goyenola@gmail.com) 04/2024







“IMPACT” (2016)

Erik Johansson <https://www.erikjo.com/>

#### Un poco de autoreferenciación:

- Goyenola, G., M. Meerhoff, F. Teixeira-de Mello, I. González-Bergonzoni, D. Graeber, C. Fosalba, N. Vidal, N. Mazzeo, N. B. Ovesen, E. Jeppesen and B. Kronvang (2015). "Monitoring strategies of stream phosphorus under contrasting climate-driven flow regimes." *Hydrology and Earth System Sciences* 19: 4099-4111.
- Goyenola, G. (2016). Efectos de la intensidad productiva agrícola sobre la dinámica de macronutrientes en arroyos de cabecera: Una evaluación bajo condiciones climáticas/hidrológicas contrastantes. PhD, Facultad de Ciencias, UDELAR.
- Goyenola, G., D. Graeber, M. Meerhoff, E. Jeppesen, F. Teixeira-De Mello, N. Vidal, C. Fosalba, N. B. Ovesen, J. Gelbrecht, N. Mazzeo and B. Kronvang (2020). "Influence of Farming Intensity and Climate on Lowland Stream Nitrogen." *Water* 12(4): 1021.
- Goyenola, G., C. Kruk, N. Mazzeo, A. Nario, C. Perdomo, C. Piccini and M. Meerhoff (2021). "Producción, nutrientes, eutrofización y cianobacterias en Uruguay: armando el rompecabezas." *INNOTEC* 22(e558): 1-33.