

ESTADOS ALTERNATIVOS Y RECURRENTES EN SISTEMAS ACUATICOS



Grupo de Investigación en Ecología y Rehabilitación de Sistemas
Acuáticos

Departamento de Ecología
Facultad de Ciencias

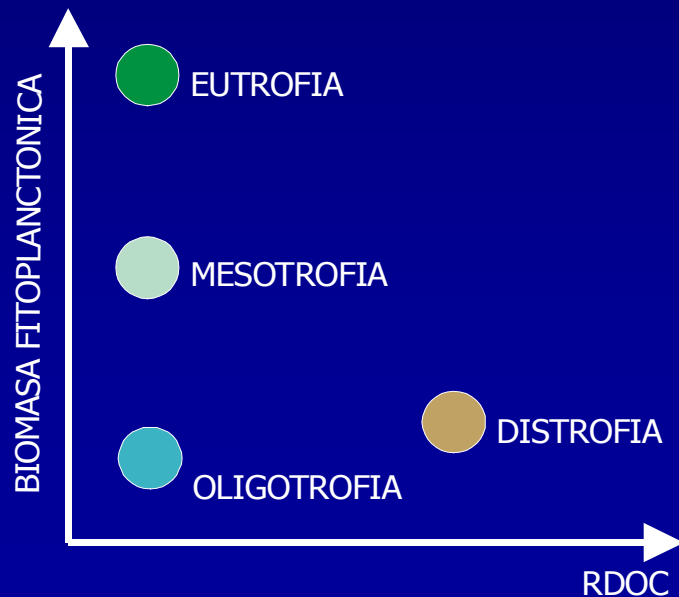
UDELAR

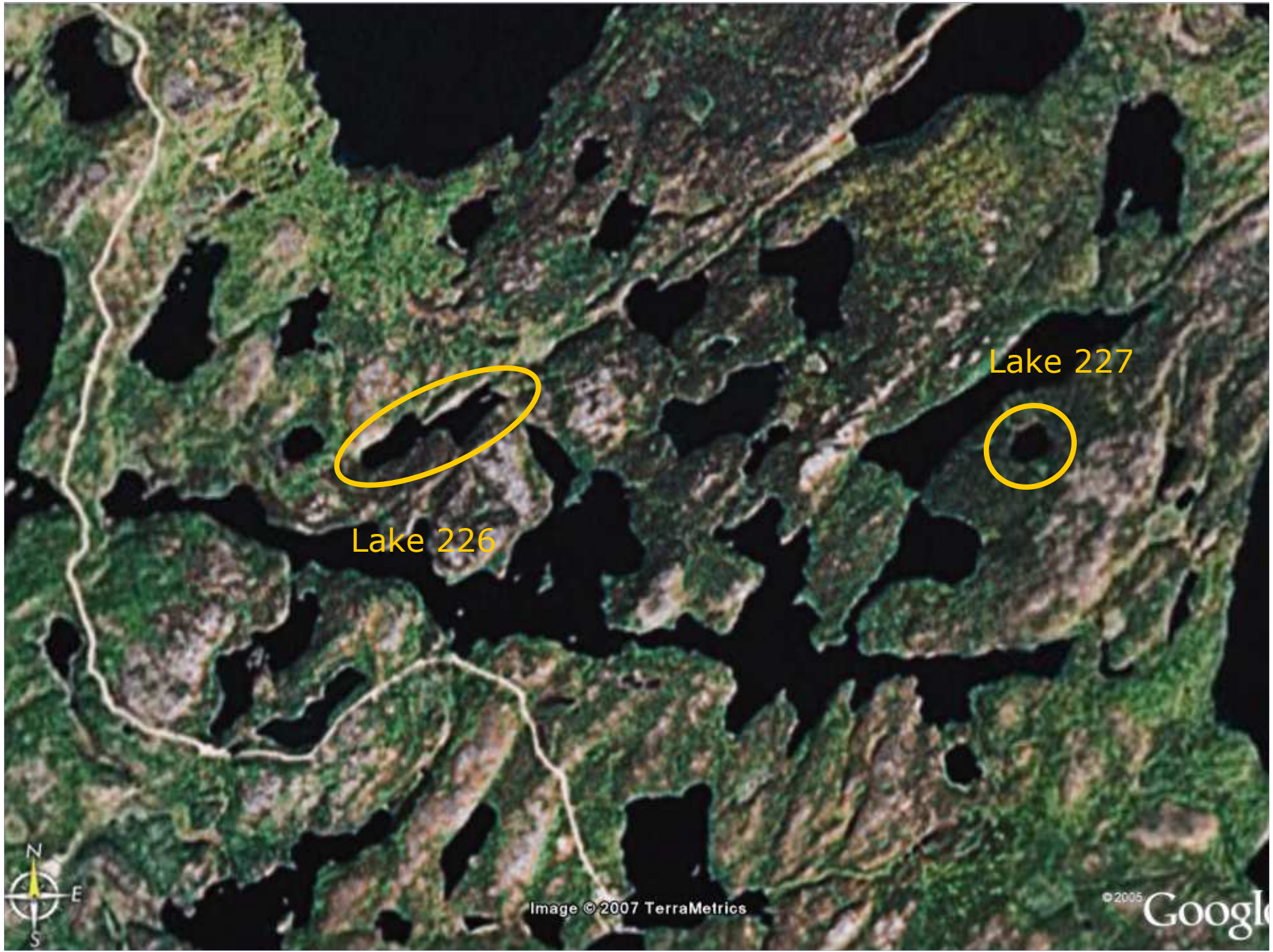
Existen dos contextos diferentes para el término de estados alternativos en la literatura ecológica:

- El ambiente es considerado como fijo (en términos generales) y el análisis ecológico se concentra en los umbrales y accesibilidad que las diferentes configuraciones comunitarias estables pueden adoptar.
- Una segunda aproximación estudia los efectos de los cambios ambientales en las diferentes configuraciones comunitarias o atributos ecosistémicos.



Eutrofización: Proceso de incremento del aporte externo de nutrientes que genera un aumento de biomasa de los productores primarios.





Lake 226

Lake 227



Image © 2007 TerraMetrics

©2005 Google



Lago 226

The image consists of two parts. On the left is a satellite view of a lake system with a yellow oval highlighting a specific area. On the right is an aerial photograph of the same lake, showing a large, bright green area of cyanobacteria bloom. A white arrow points from the yellow oval in the satellite view to the bloom in the aerial view. A blue box with white text is overlaid on the bottom left, and another blue box with white text is overlaid on the bottom right.

La adición de pequeñas cantidades de fósforo a una de las secciones del lago, causó un *bloom* superficial de cianobacterias.

(agosto 1973)





Año 1975

Lake 227



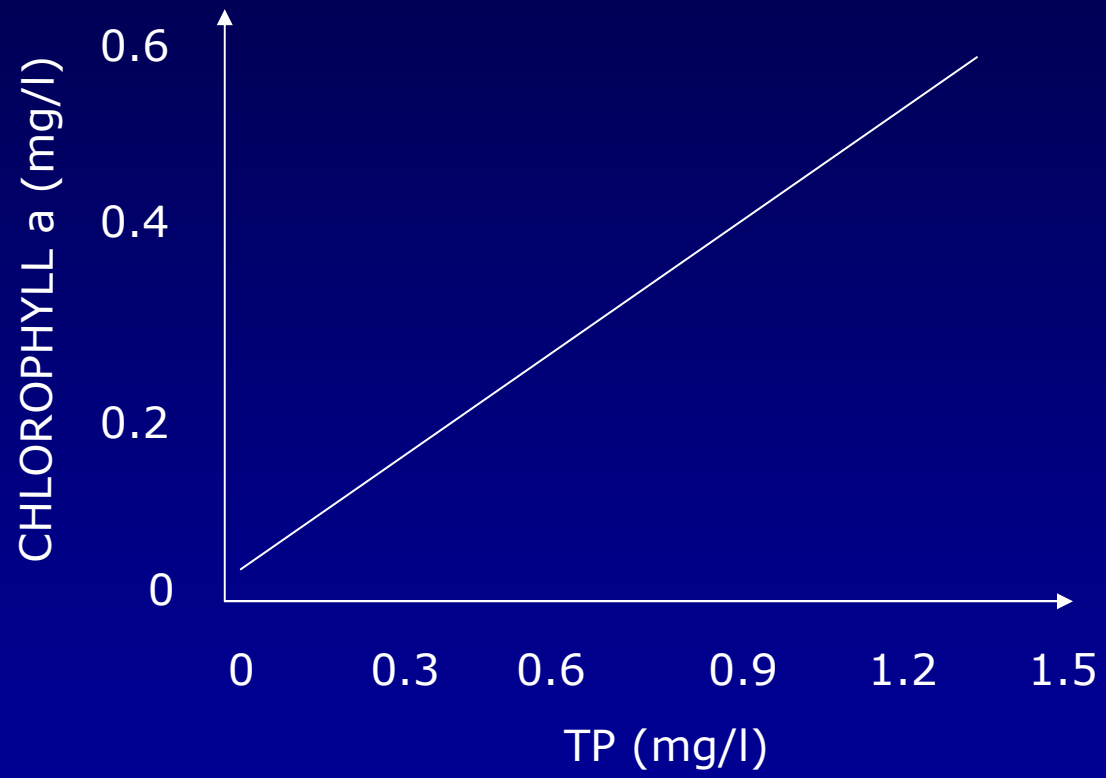
adición de fósforo

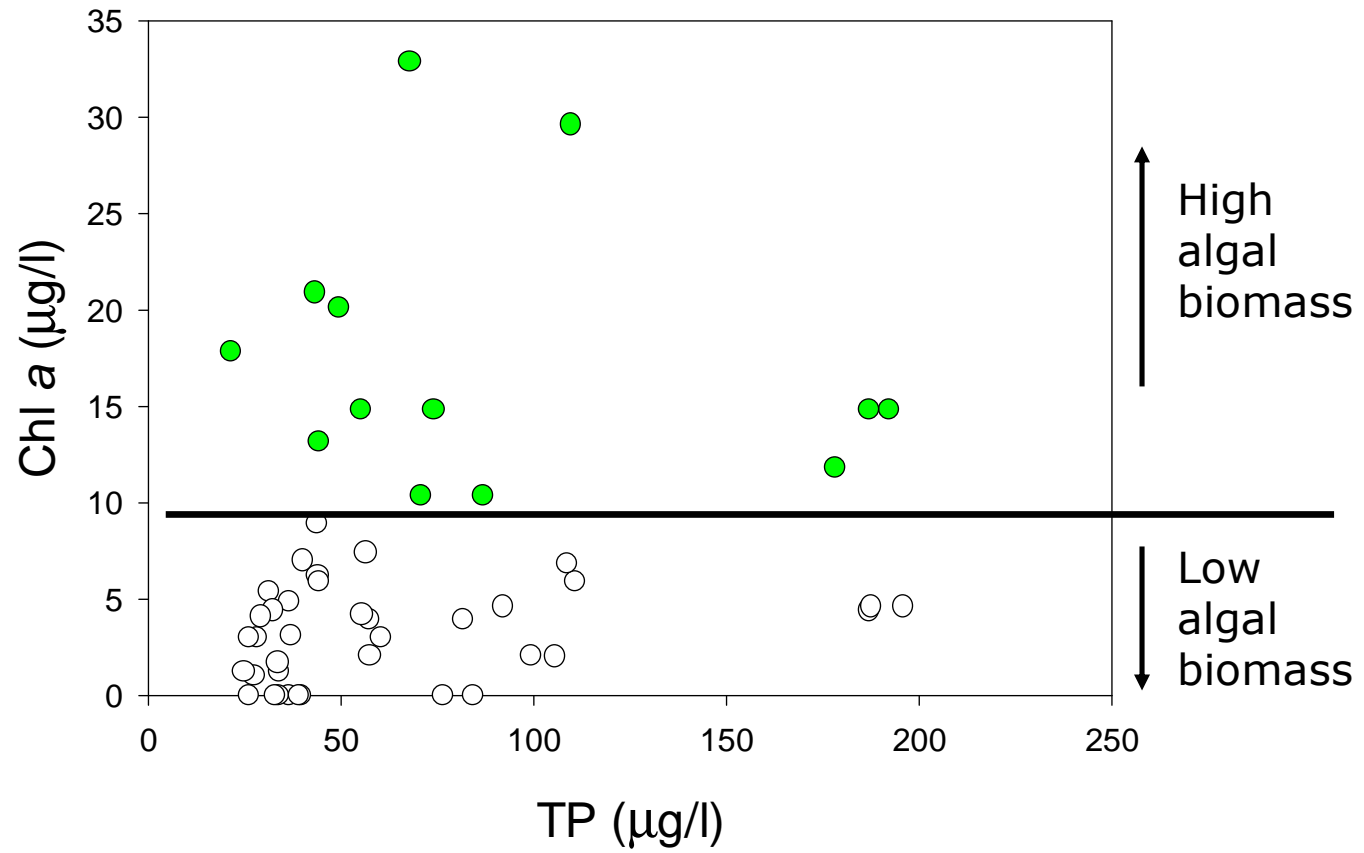


Año 1994

El color verde del agua es causado por la floración de microorganismos fotosintetizadores

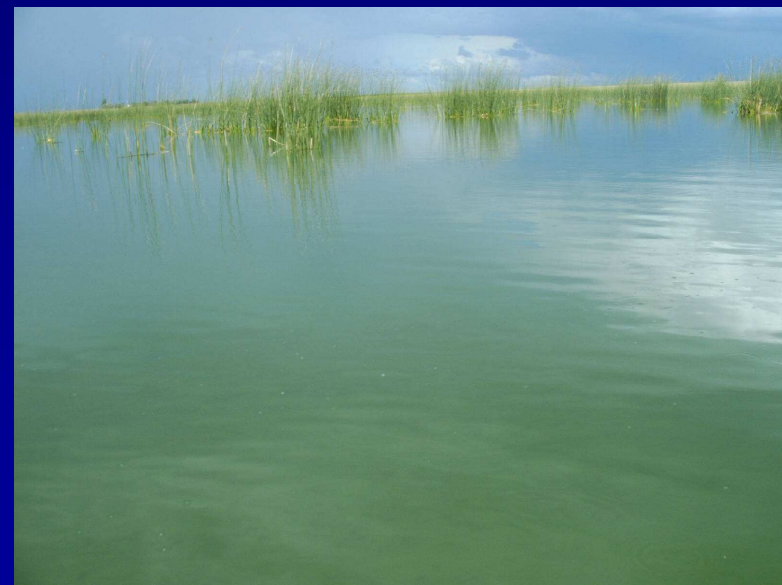


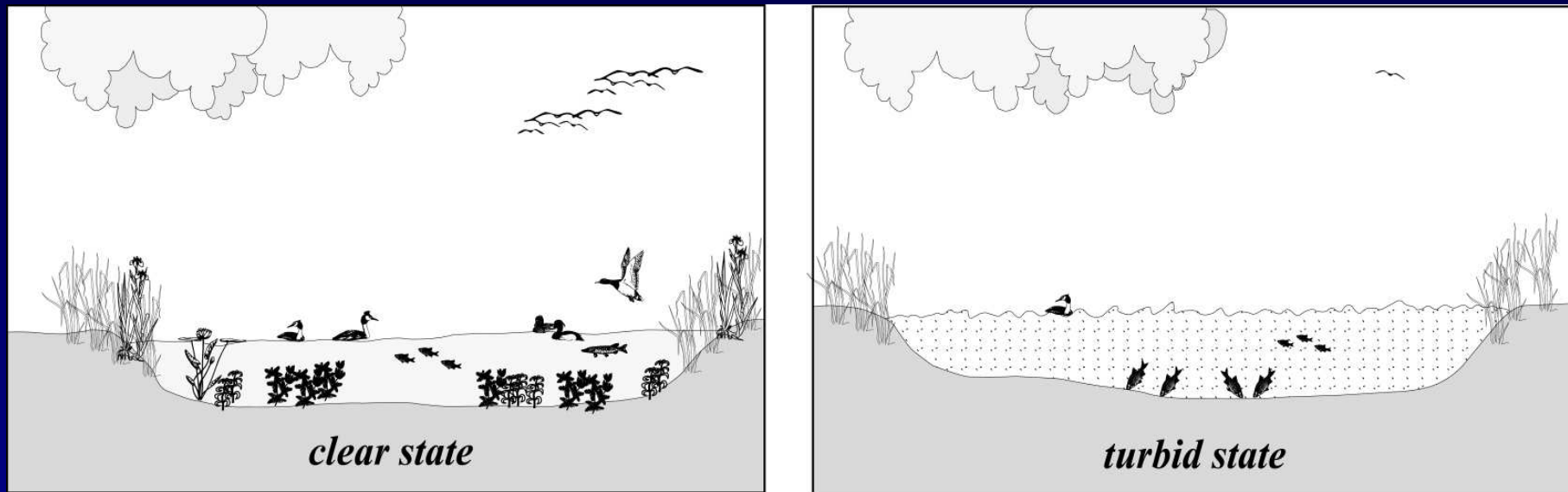




Los ambientes acuáticos someros (profundidad media < 4m) son uno de los ecosistemas mejor comprendidos en términos de estabilidad y dinámica de sus principales comunidades bióticas.

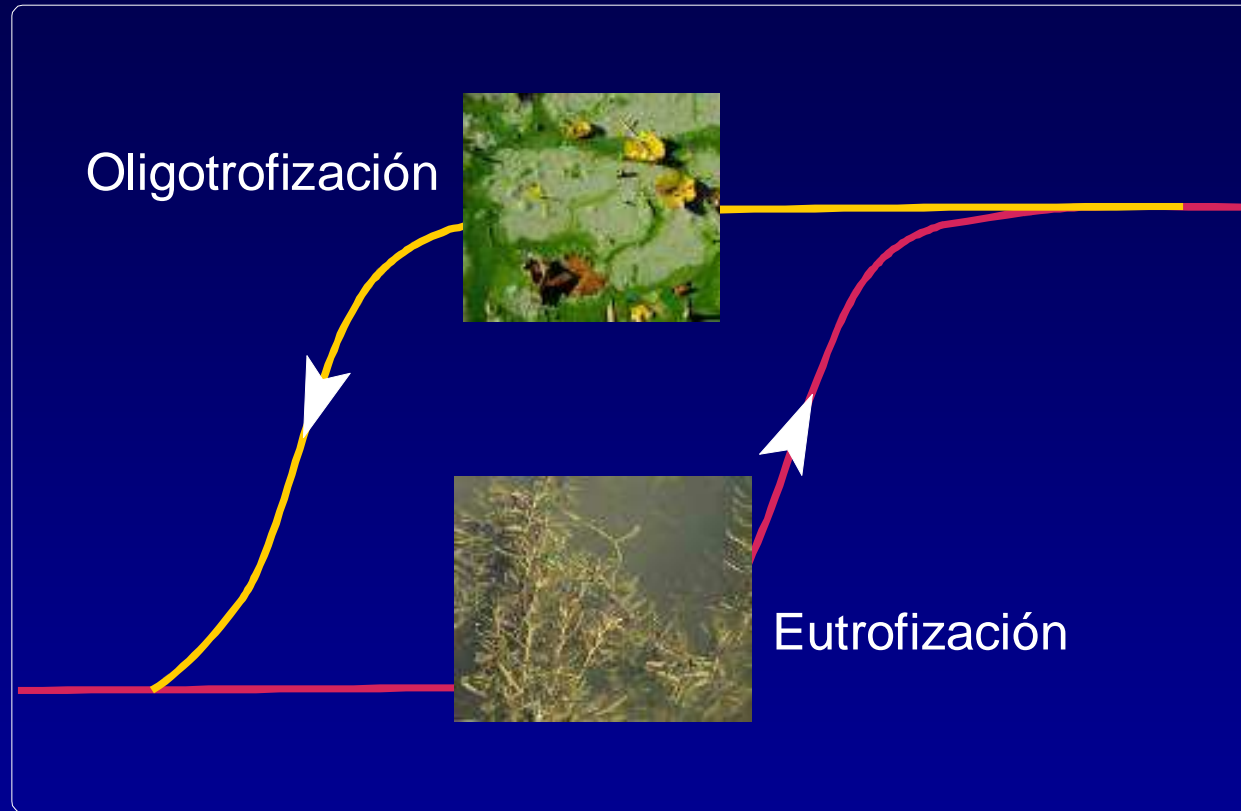
Una de las propiedades más destacables de estos ecosistemas es que presentan dos estados muy diferentes: un estado dominado por plantas acuáticas o un estado turbio debido a resuspensión del sedimento y/o aumento de la biomasa algal.



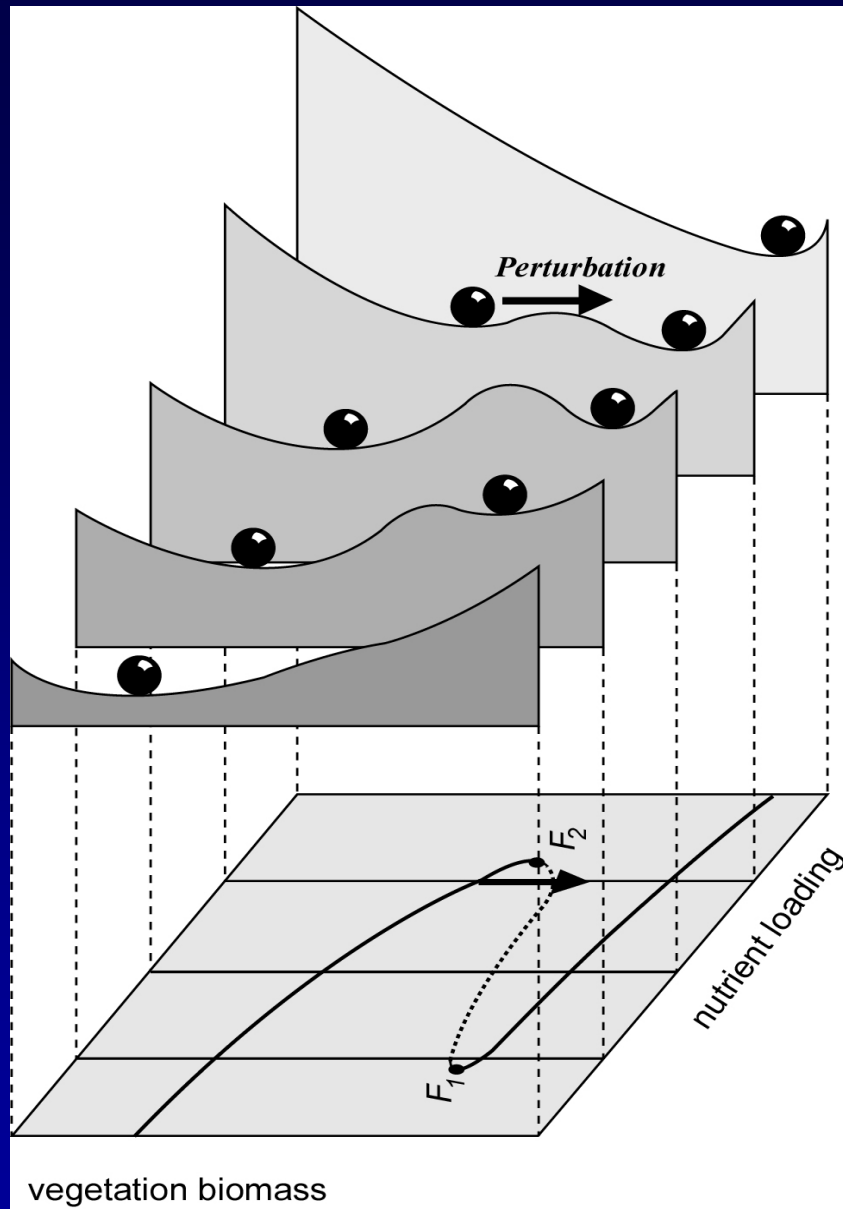


El estado turbio suele presentar una menor biodiversidad de aves, peces e invertebrados, y varios problemas de calidad del agua que reducen su utilidad. En particular, el crecimiento no controlado de cianobacterias en largo turbios provocan serios problemas de sabor y olor en el agua, y puede causar en algunas circunstancias toxicidad.

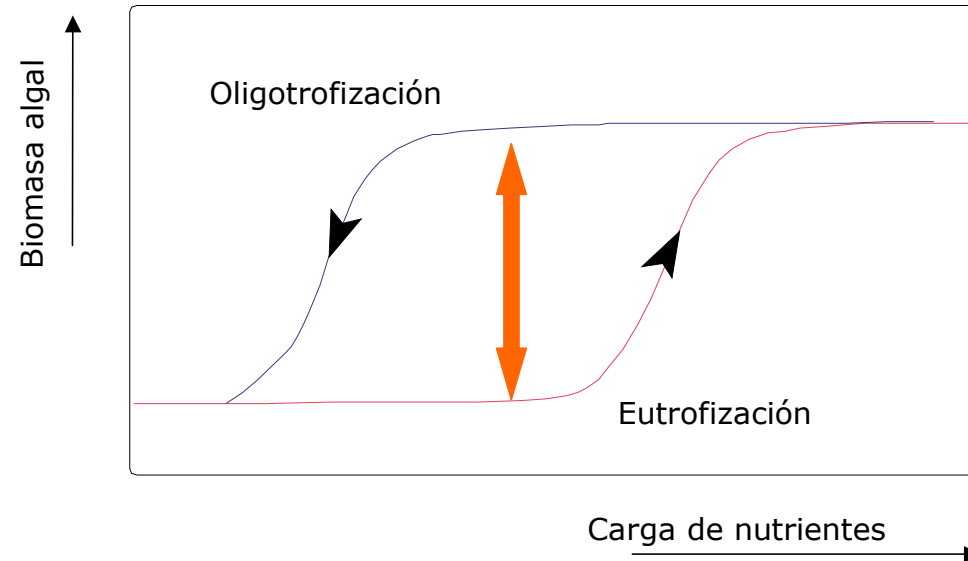
Biomasa algal ↑



Carga de nutrientes →



Los lagos someros pueden permanecer sin modificaciones si el aporte externo de nutrientes aumenta. Sin embargo, cuando se alcanza cierto nivel crítico estos pueden cambiar rápidamente de un estado a otro.



- **RESISTENCIA QUIMICA**

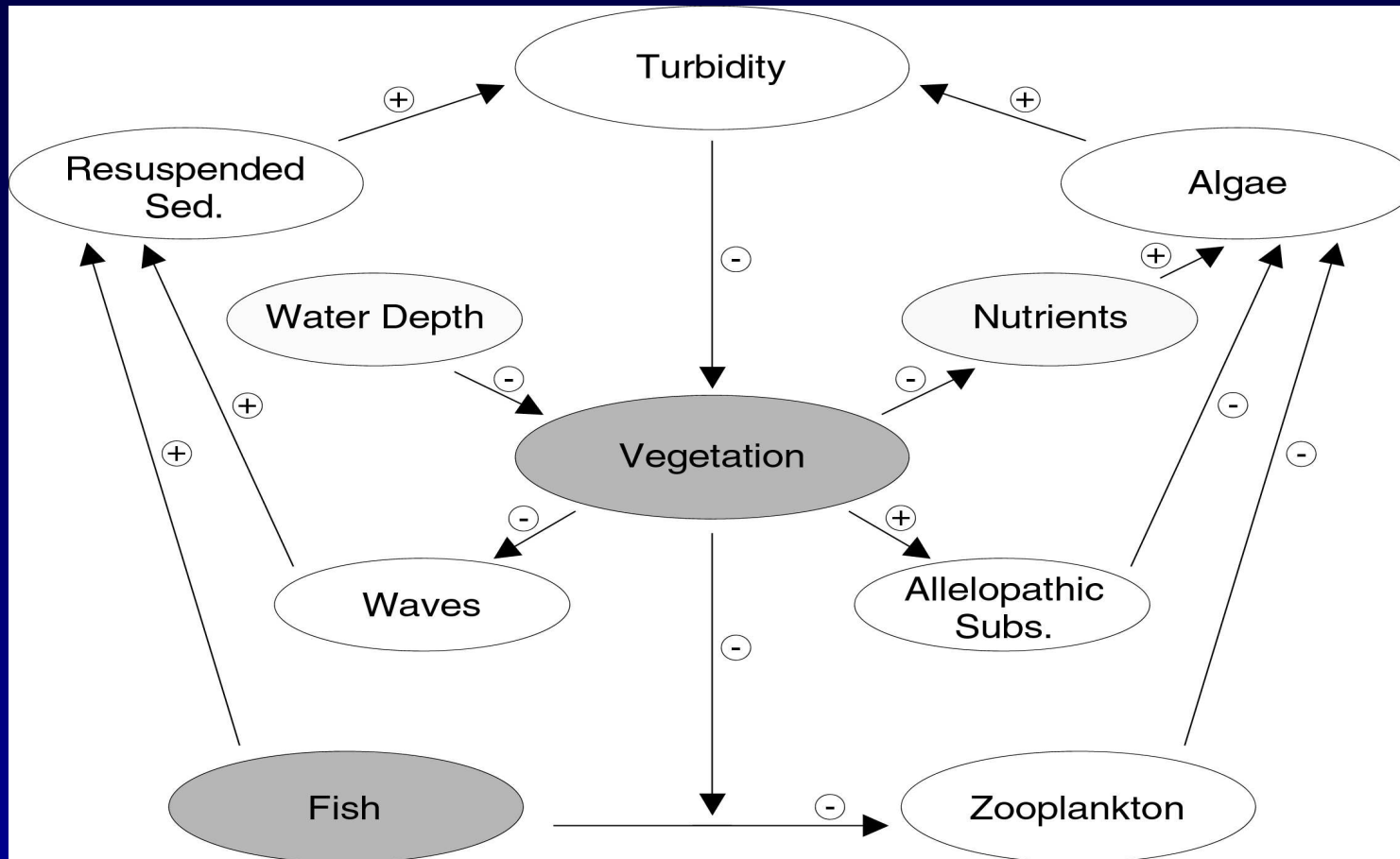
CAUSA: Alta carga interna de nutrientes.

ESTRATEGIA: Remoción de sedimentos, tratamientos químicos de los sedimentos con sales de aluminio e hierro, inyección de nitrógeno u oxígeno en el fondo en lagos estratificados.

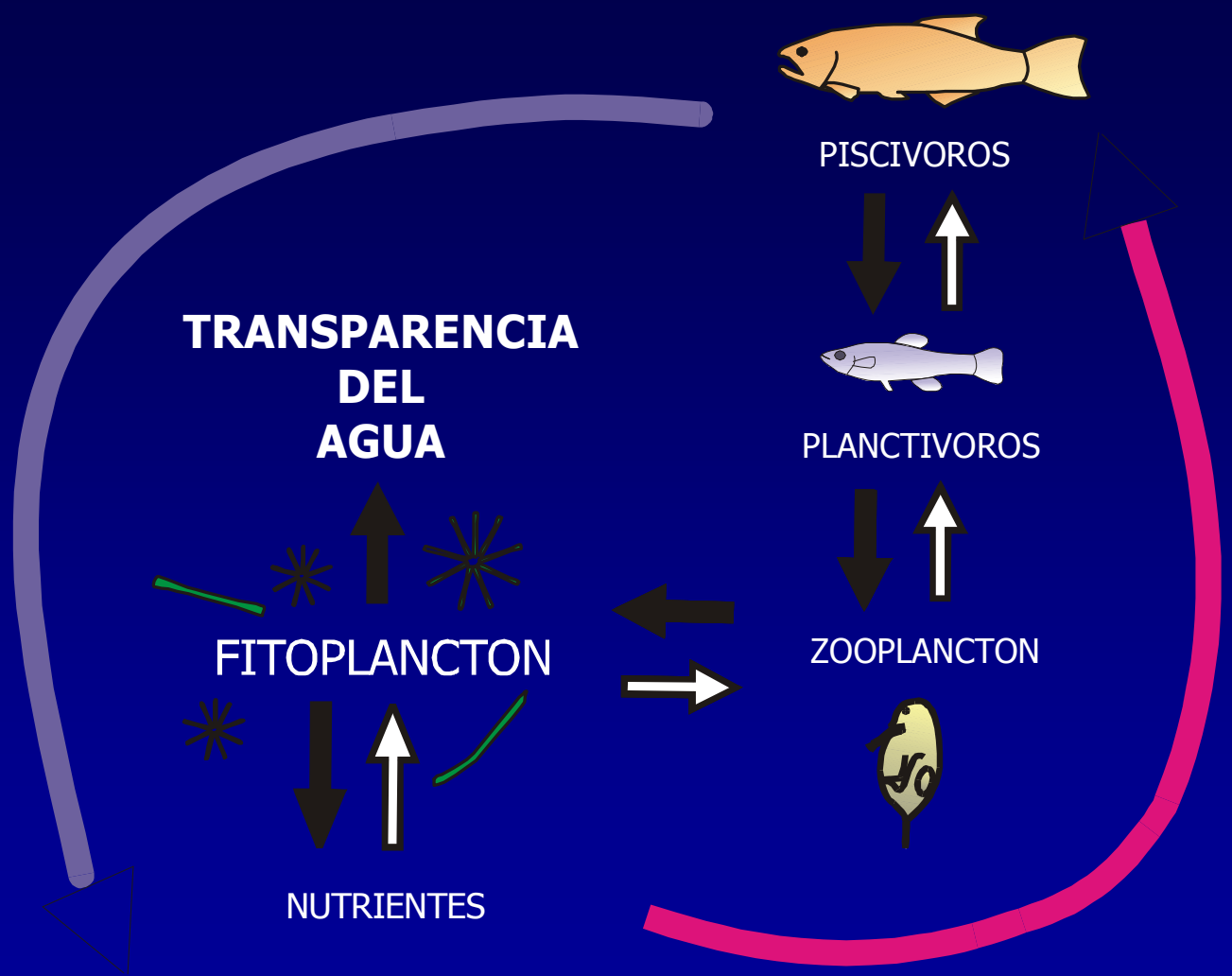
- **RESISTENCIA BIOLÓGICA**

CAUSA: Alta abundancia o biomasa de peces planctívoros y bentívoros.

ESTRATEGIA: Remoción de peces planctívoros e introducción de peces piscívoros.



Las plantas acuáticas reducen la disponibilidad de nutrientes para el fitoplancton, producen sustancias alelopáticas, reducen la resuspensión del sedimento y brindan refugio a los principales herbívoros del ecosistema. La reducida disponibilidad de luz en los sistemas turbios limita el crecimiento de las plantas sumergidas, sin embargo cuando esta logra establecerse reduce la turbidez a través de una serie de mecanismos.



**TRANSPARENCIA
DEL
AGUA**

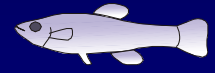
FITOPLANCTON

NUTRIENTES

PISCIVOROS

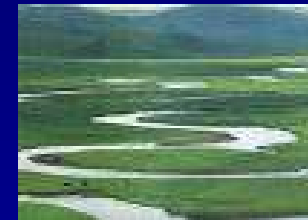
PLANCTIVOROS

ZOOPLANCTON



PRODUCCION PRIMARIA NETA/ TASA DE HERBIVORIA

- ECOSISTEMAS DE AGUA DULCE HASTA UN 80%.
- HUMEDALES ENTRE UN 30-50%.
- ECOSISTEMAS TERRESTRES, PROMEDIO 25%.



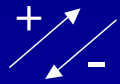
→
Interacciones
tróficas
directas
(herbivoría,
depredación).

→
Interacciones
tróficas
indirectas
(cascada
trófica).

CONTROL
ASCENDENTE



LUZ



FITOPLANCTON

+



+



+



PECES
PLANCTIVOROS

+



PECES
PISCIVOROS

-



-



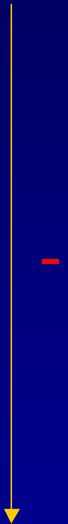
-



+

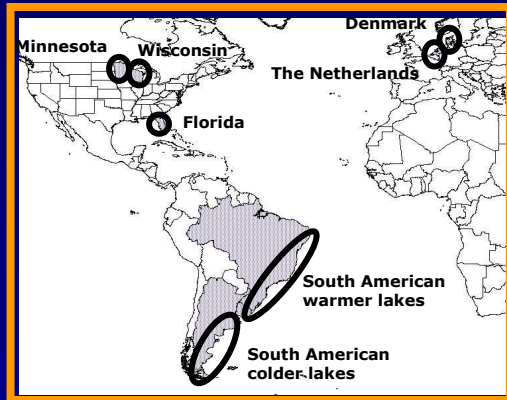


NUTRIENTES



CONTROL
DESCENDENTE

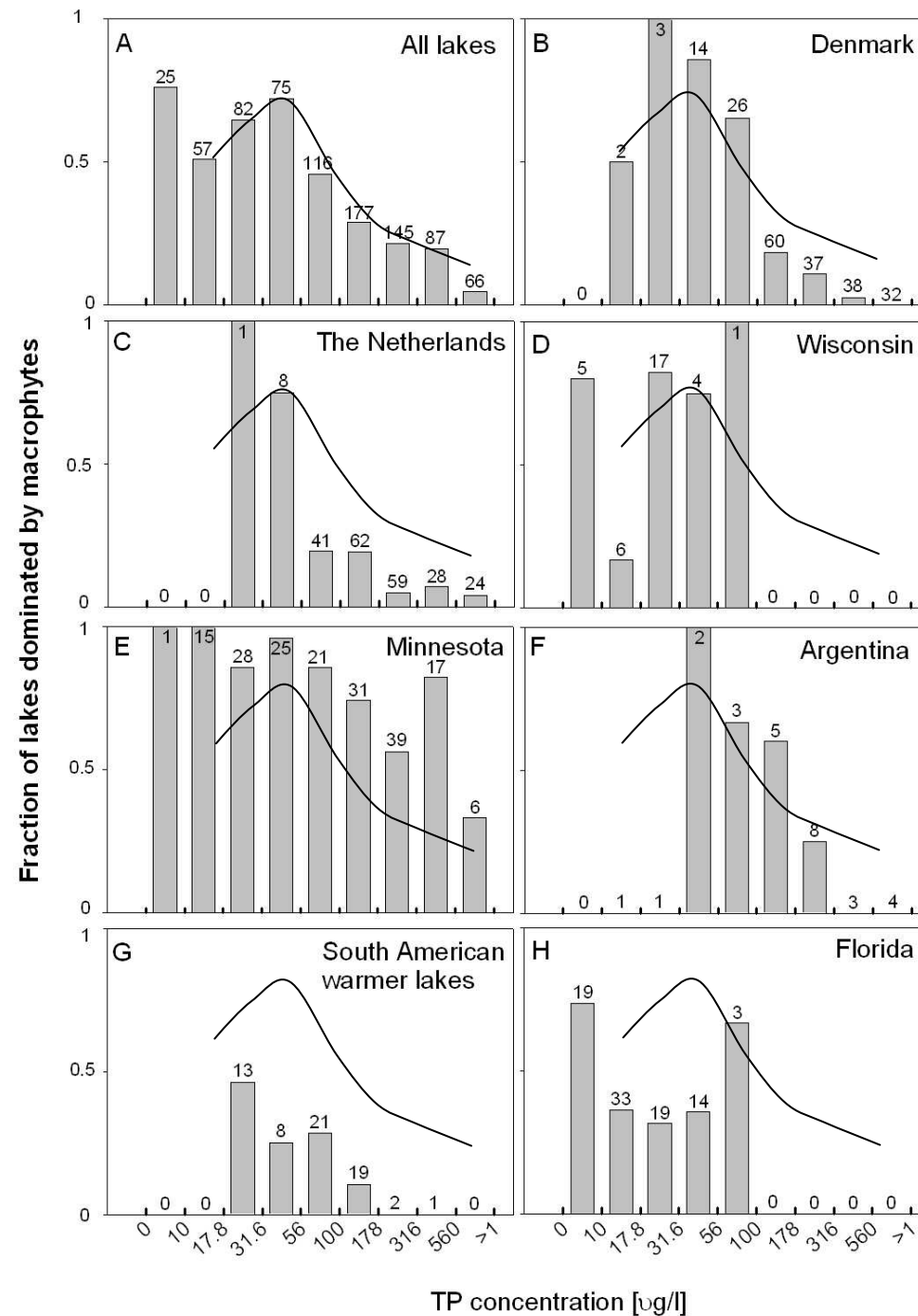




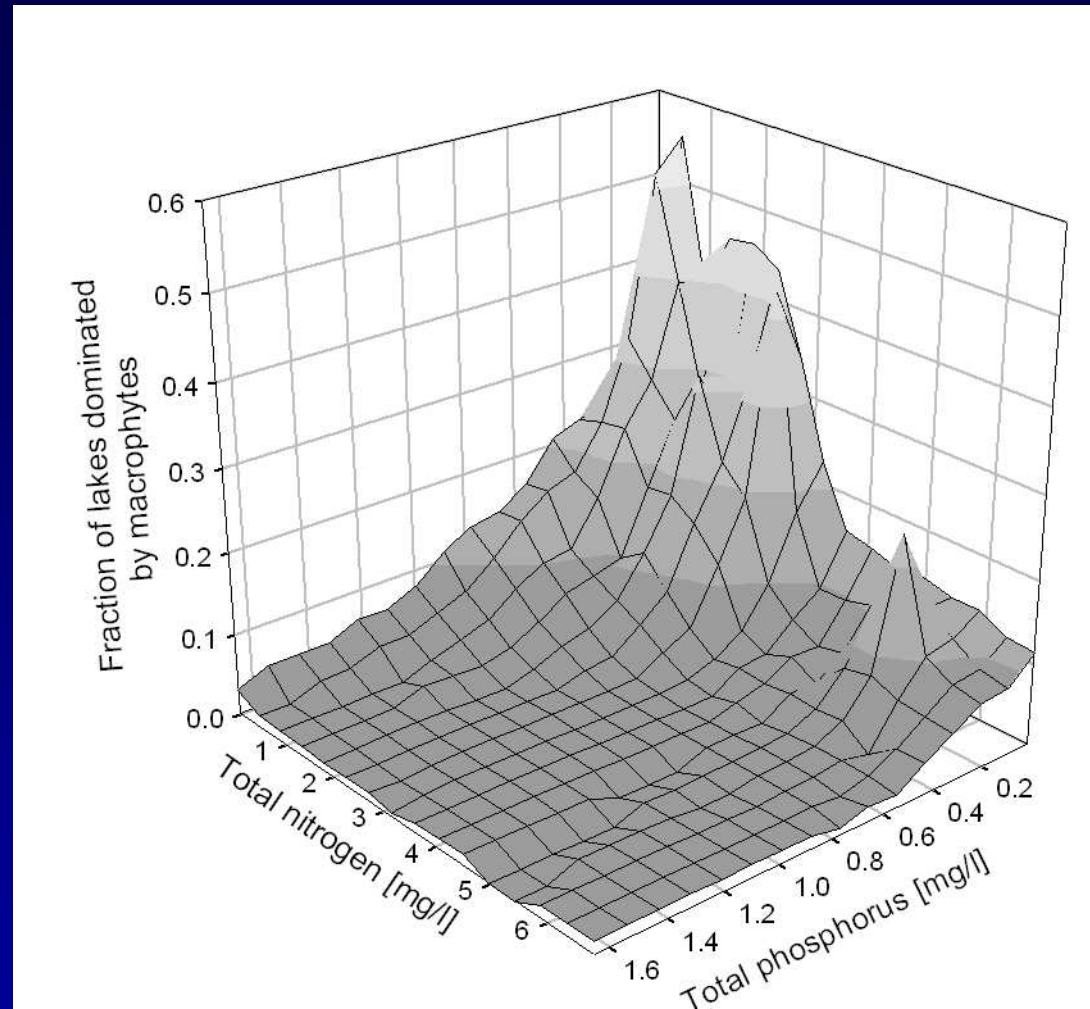
Are there universal nutrient limits to macrophyte dominance in shallow lakes?

Critical nutrient concentrations for submerged plants dominance decrease from the temperate to tropical regions?

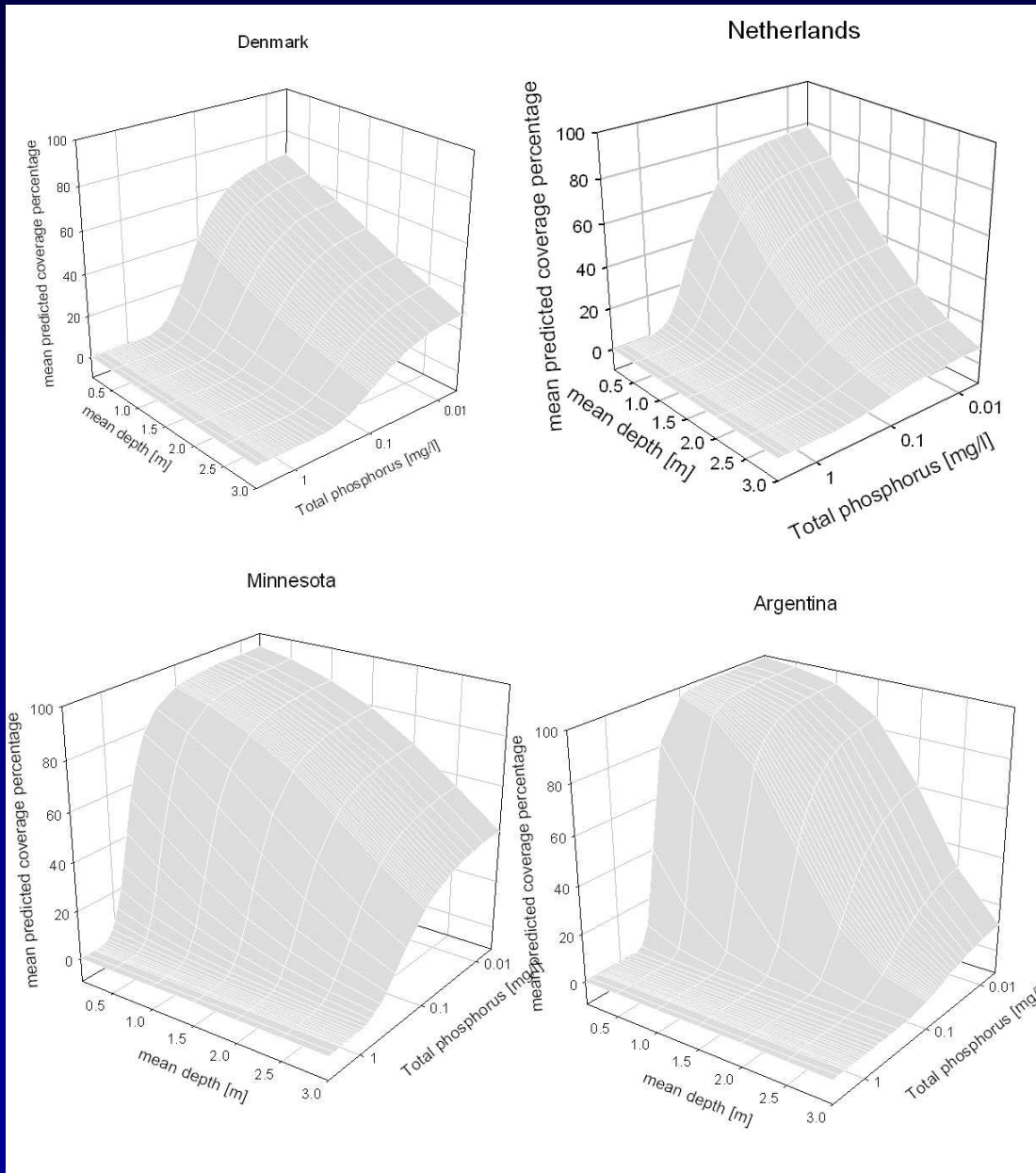
Fraction of lakes dominated by macrophytes (e.i lakes where coverage percentage >25%) at different total phosphorus concentrations. Class widths are equal on a logarithmic scale. The curve represents the probability of macrophyte dominance when lakes from all countries are pooled together and is reproduced in the other graphs to facilitate comparison only. The number of lakes in a certain TP class are represented on top of the bars.



Fraction of lakes dominated by macrophytes at different total nitrogen and total phosphorus concentrations.



Predicted macrophyte coverage percentage along a total phosphorus and mean depth gradient. Only countries in which both parameters contributed significantly to the model are shown.



- La ocurrencia de macrófitas está relacionada con las concentraciones de fósforo y nitrógeno con un patrón ampliamente universal, con excepciones como Wisconsin.
- La evidencia no permite verificar que las concentraciones críticas de fósforo decrece con el incremento de la temperatura.

Alternative states in 18 subtropical shallow lakes: role of bottom-up and top-down controls

Journal of Great Lakes Research 38 (2012) 1–11
 Contents lists available at ScienceDirect
 Journal of Great Lakes Research
 journal homepage: www.elsevier.com/locate/jglr

Journal homepage:

www.elsevier.com/locate/jglr
 ScienceDirect
 Journal of Great Lakes Research

Theoretical Framework and Questions

Shallow lakes usually present two alternative states: turbid (due to suspended matter or phytoplankton) or dominated by sub-

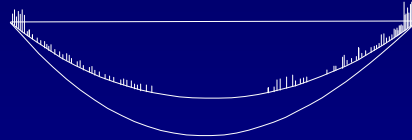
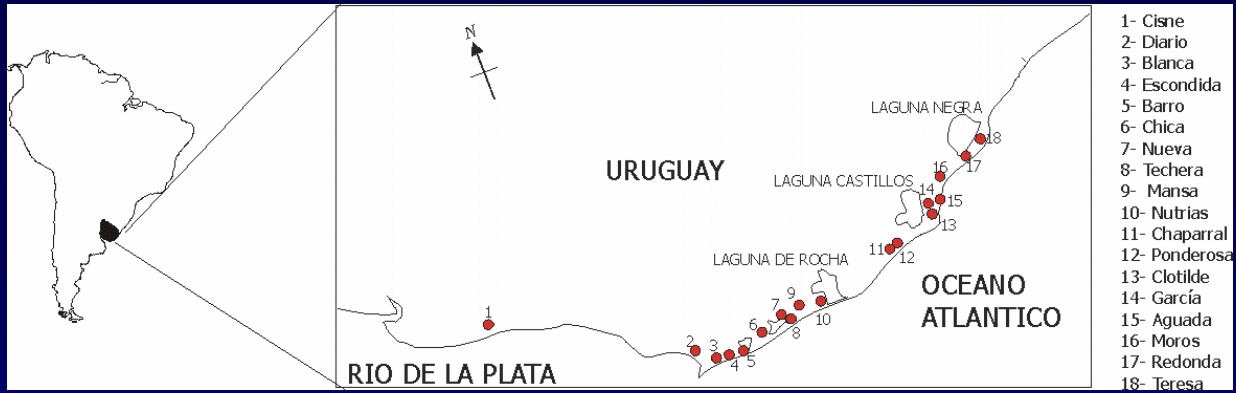


Scientific Approach

We sampled 18 shallow lakes on the coastal area of Uruguay (Fig. 1) in summer 2007 (Fig. 2), integrating samples taken from the entire ecosystem. We sampled main physical-chemical variables, phytoplankton, zooplankton, fish (by catchment nets and electrofishing), and submerged plant volume (%TME).

TOP-DOWN

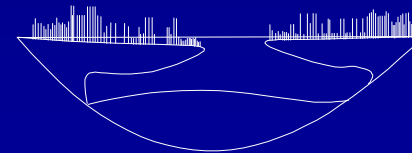
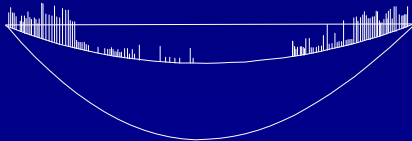
As expected, percentage of microzooplankton was higher in lakes with higher SP and fish biomass, and total chlorophyll density decreased with fish density (by electrofishing).



A

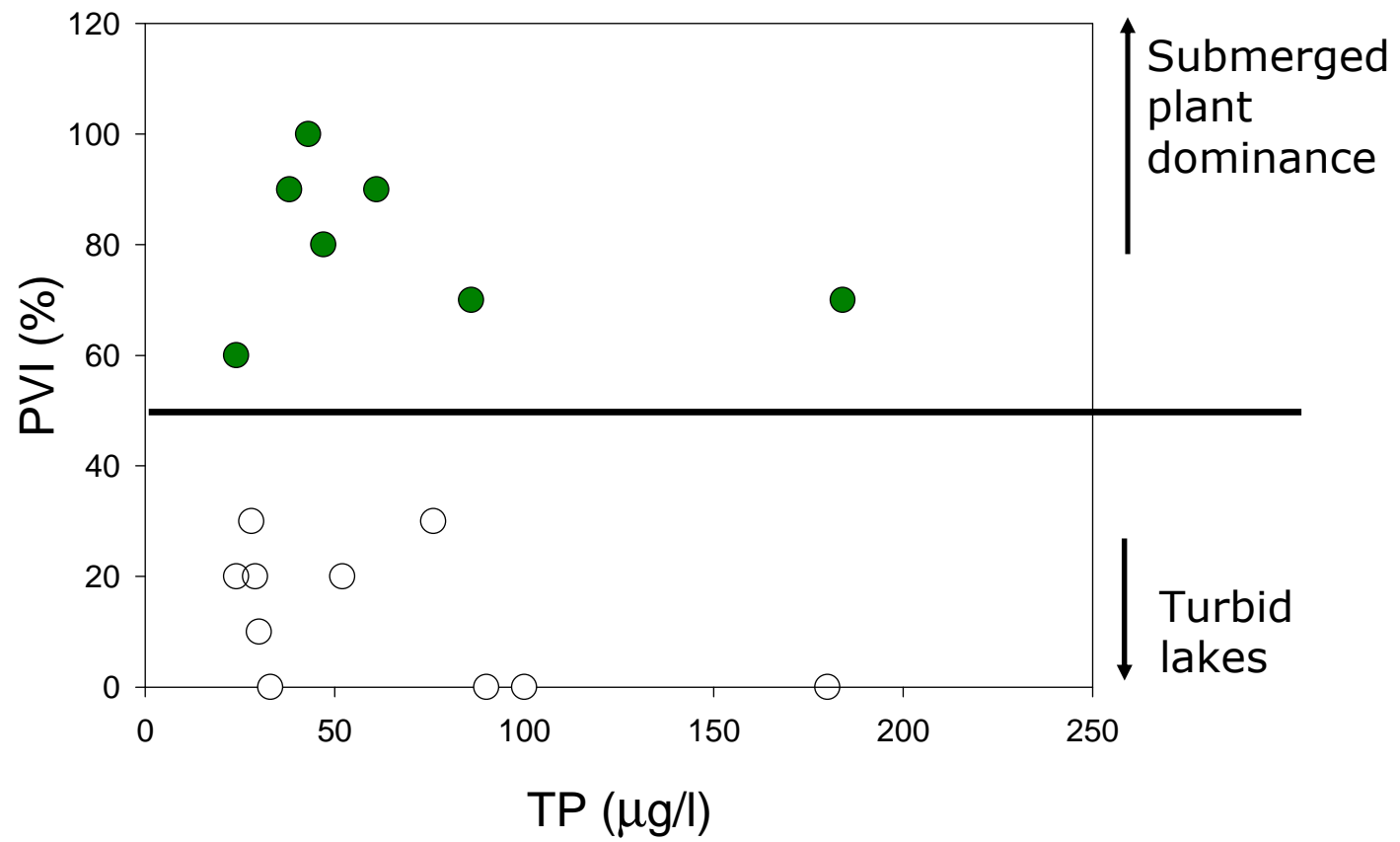


B



C



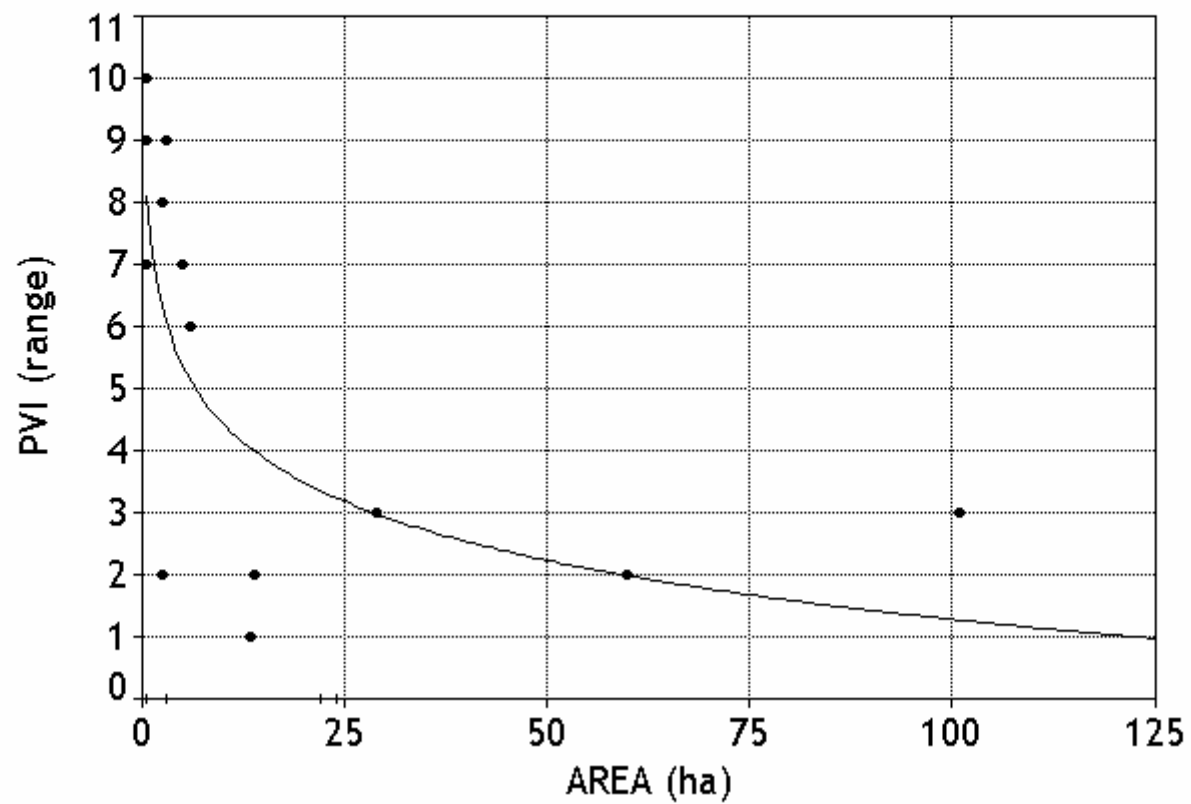


Rank 1 Eqn 13 $y=a+blnx$

$r^2=0.565771211$ DF Adj $r^2=0.478925453$ FitStdErr=2.21930358 Fstat=14.3322679

$a=7.5851228$

$b=-1.3724894$

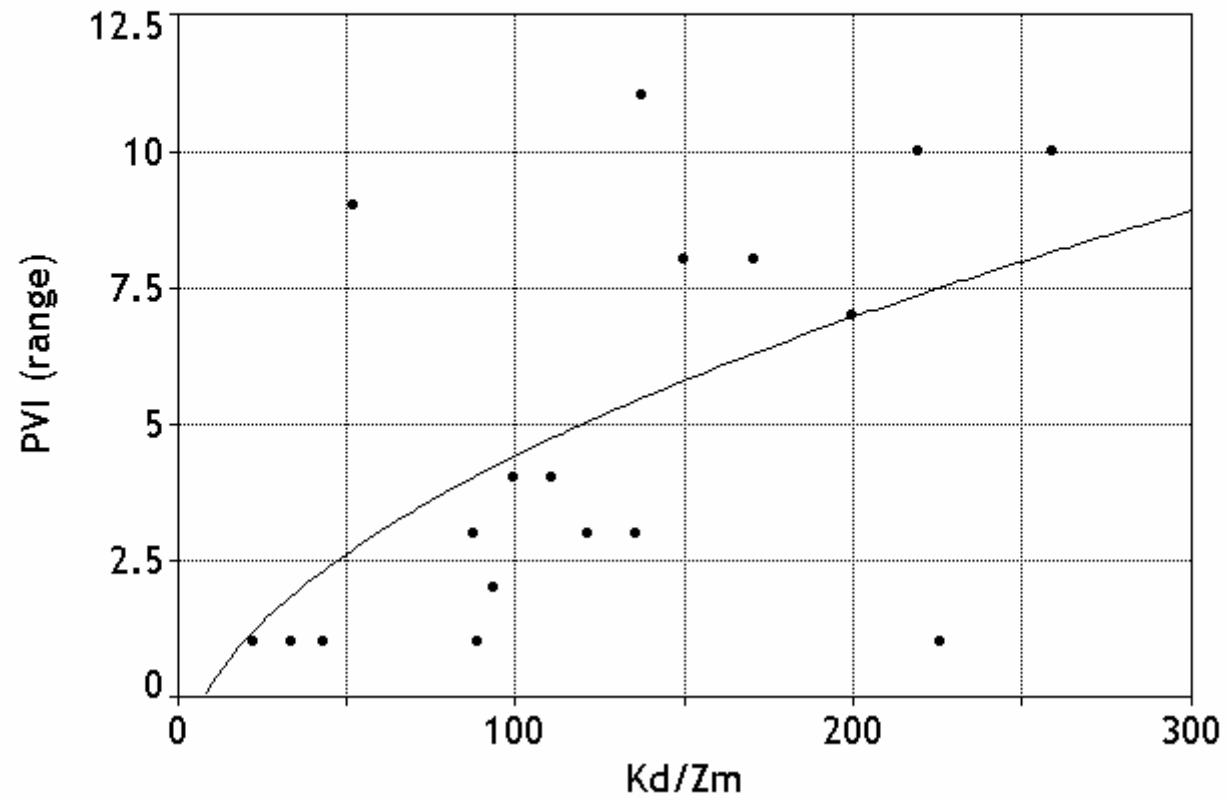


Rank 2 Eqn 12 $y=a+bx^{0.5}$

$r^2=0.298259407$ DF Adj $r^2=0.204693995$ FitStdErr=3.15182729 Fstat=6.80044815

$a=-1.7279798$

$b=0.61226392$

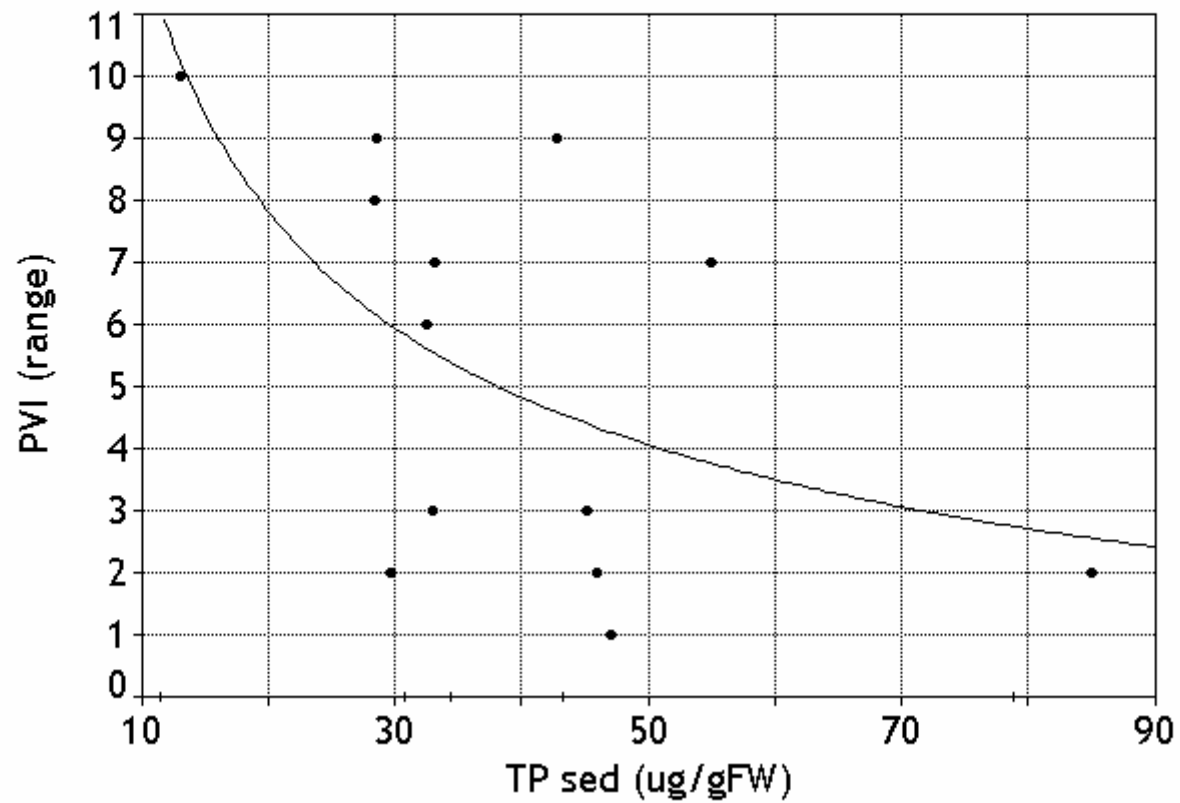


Rank 1 Eqn 15 $y=a+b/x^{0.5}$

$r^2=0.321445773$ DF Adj $r^2=0.185734927$ FitStdErr=2.77427614 Fstat=5.21093726

a=-2.4159107

b=45.699794

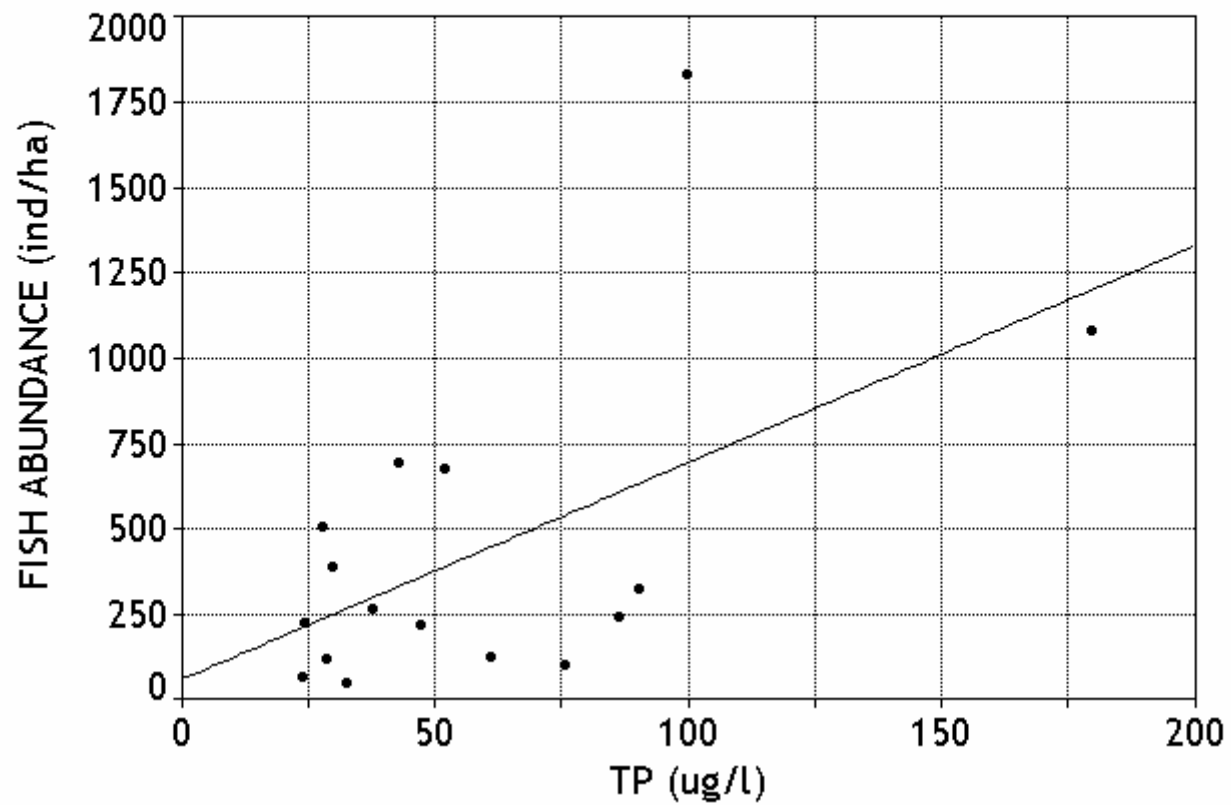


Rank 2 Eqn 1 $y=a+bx$

$r^2=0.309713274$ DF Adj $r^2=0.203515316$ FitStdErr=401.23608 Fstat=6.28142721

$a=53.654951$

$b=6.3519011$

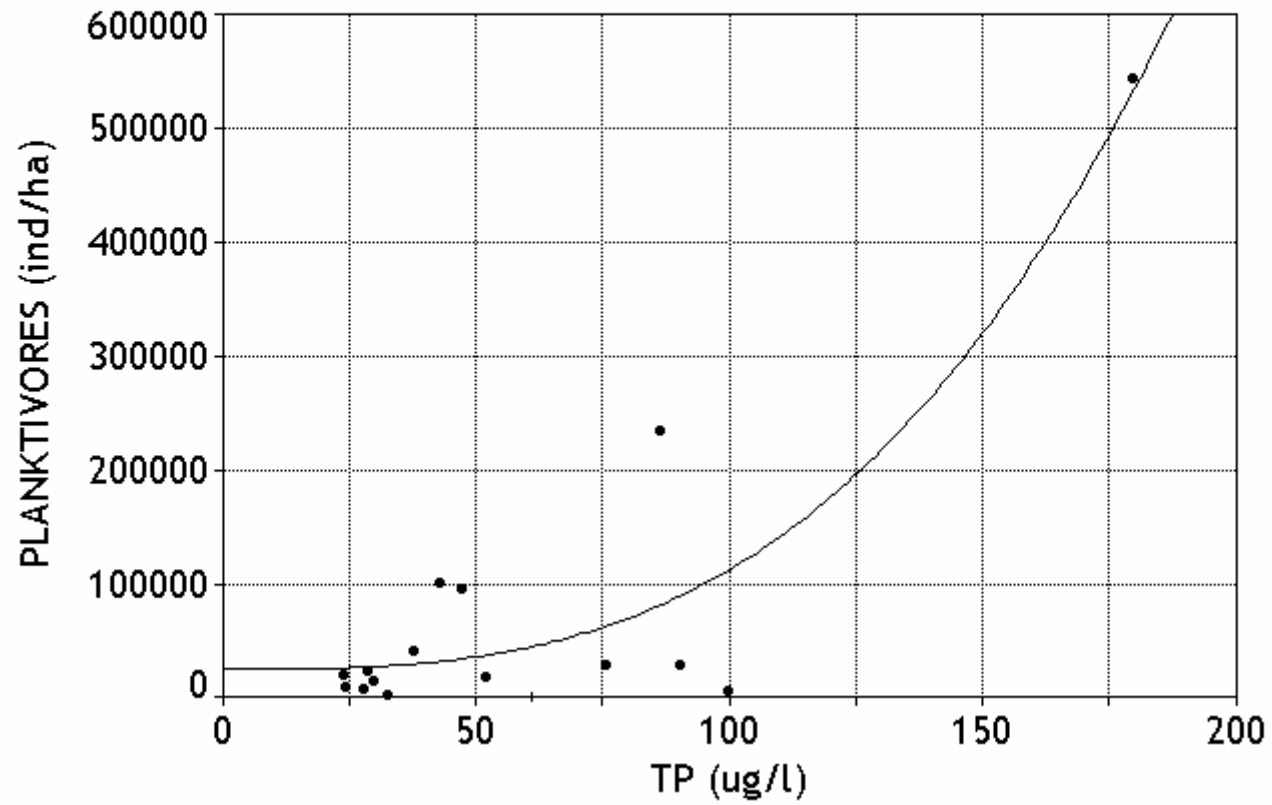


Rank 1 Eqn 7 $y=a+bx^3$

$r^2=0.82364707$ DF Adj $r^2=0.794254915$ FitStdErr=62006.2314 Fstat=60.7158151

a=23214.623

b=0.087582553

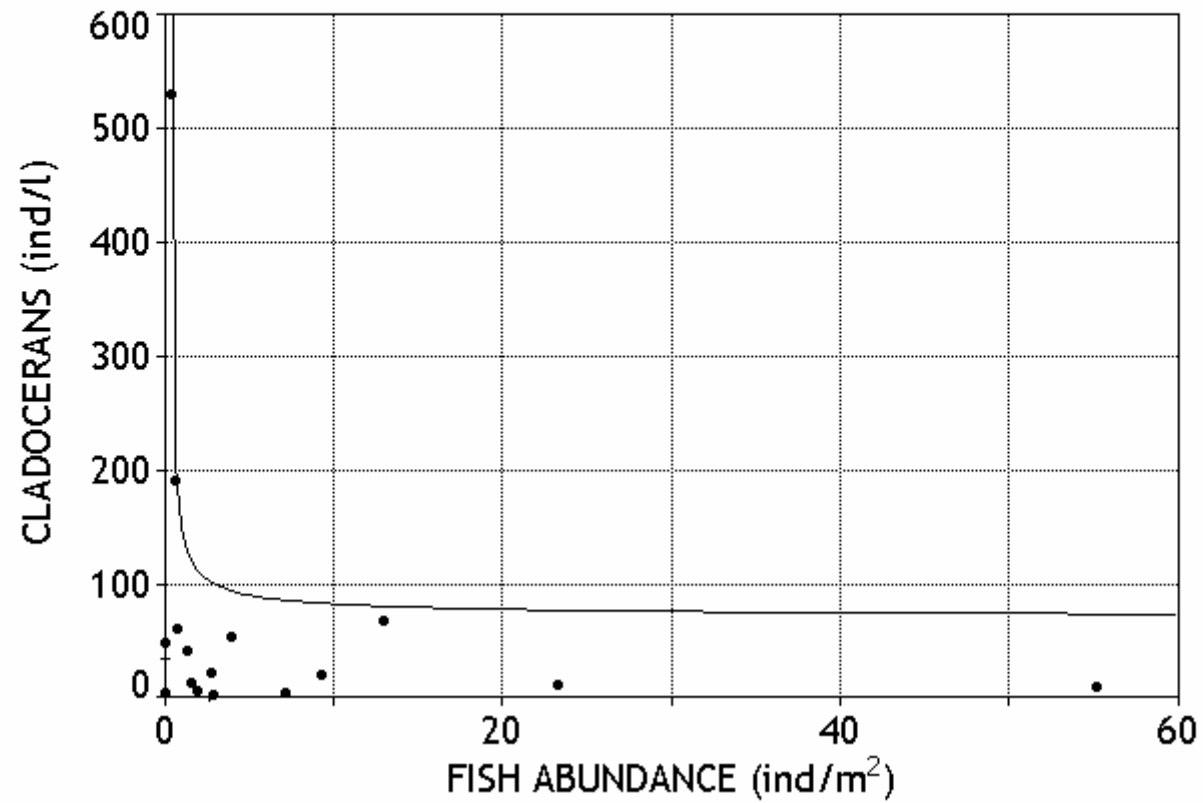


Rank 1 Eqn 57 $y^{-1}=a+b/x^{0.5}$

$r^2=0.620967531$ DF Adj $r^2=0.562654843$ FitStdErr=83.9132719 Fstat=22.9361496

a=0.014991807

b=-0.0082530201

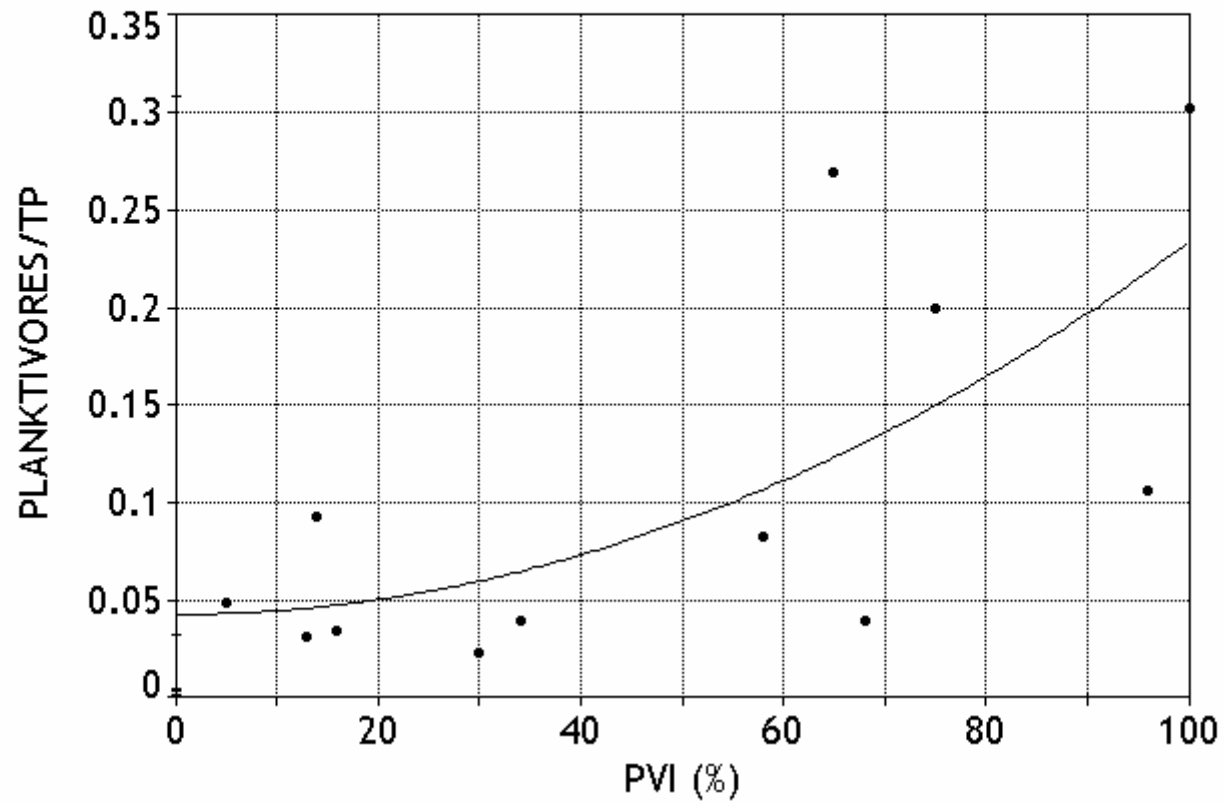


Rank 1 Eqn 4 $y=a+bx^2$

$r^2=0.478300393$ DF Adj $r^2=0.362367147$ FitStdErr=0.0738454904 Fstat=9.16811873

$a=0.041707487$

$b=1.9055061e-05$



- La concentración de nutrientes afecta la estructura de la trama trófica de acuerdo al modelo conceptual actualmente vigente, la abundancia de planctívoros aumenta sustancialmente con la carga de nutrientes (TP). Los efectos en cascada de los peces sobre el zooplancton son muy notorios.
- Contrariamente a los estudios de los sistemas templados, las plantas sumergidas no promueven la abundancia de los herbívoros, por el contrario facilitan una mayor abundancia de consumidores primarios, independientemente de la carga de nutrientes.
- El rol de las plantas sumergidas sobre la transparencia del agua en zonas más cálidas parece ser más complejo que en zonas templadas frías.

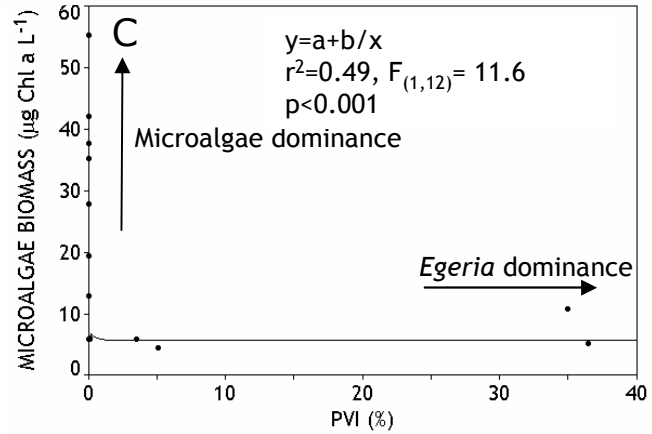
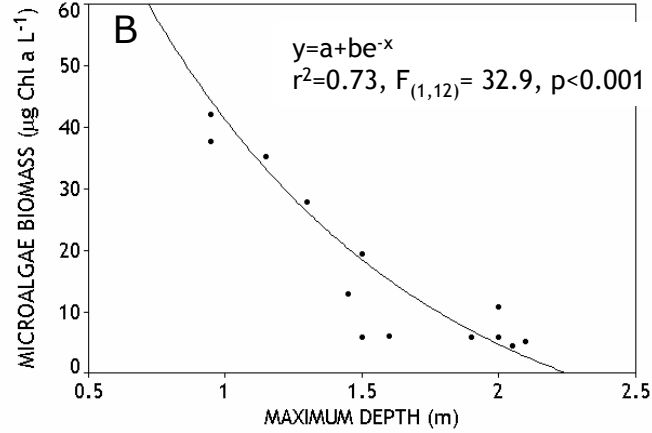
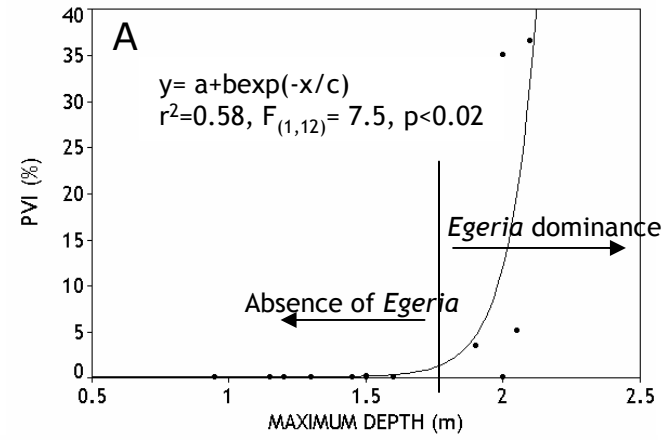
Recurrent regime shift in a shallow lake from Pantanal floodplain (Brazil): the hydroperiod role.

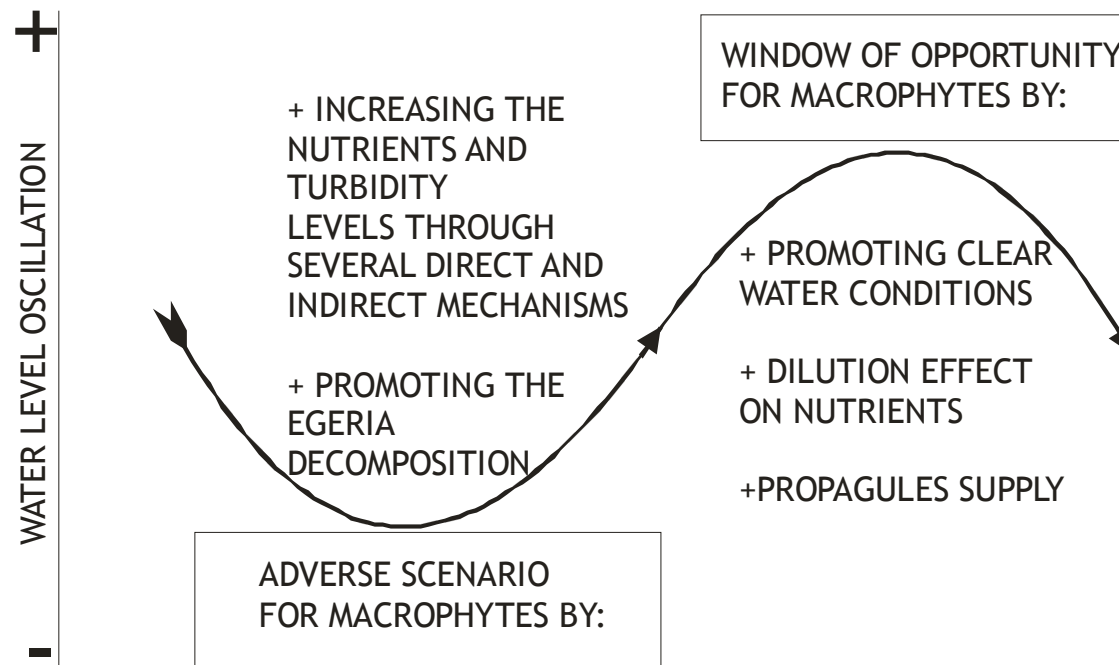


Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil
Universidad de la Republica, Uruguay
University of Wageningen, Netherland



Recurrent regime shift can occur if a slow control variable(s), like hydroperiod, interact with a fast variable internally coupled (i.e submerged plant coverage), and the last one respond discontinuously (Schröder et al. 2005).



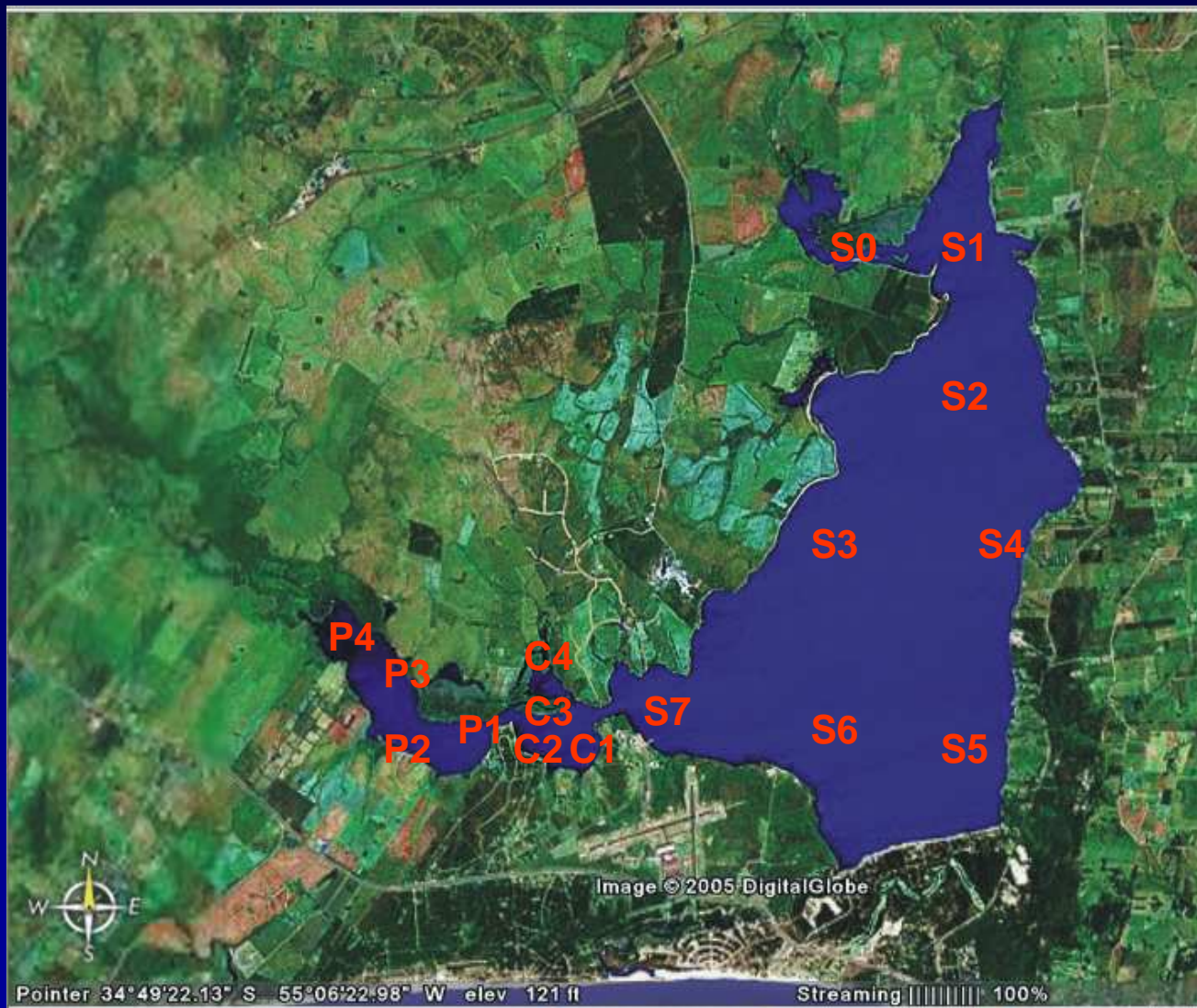


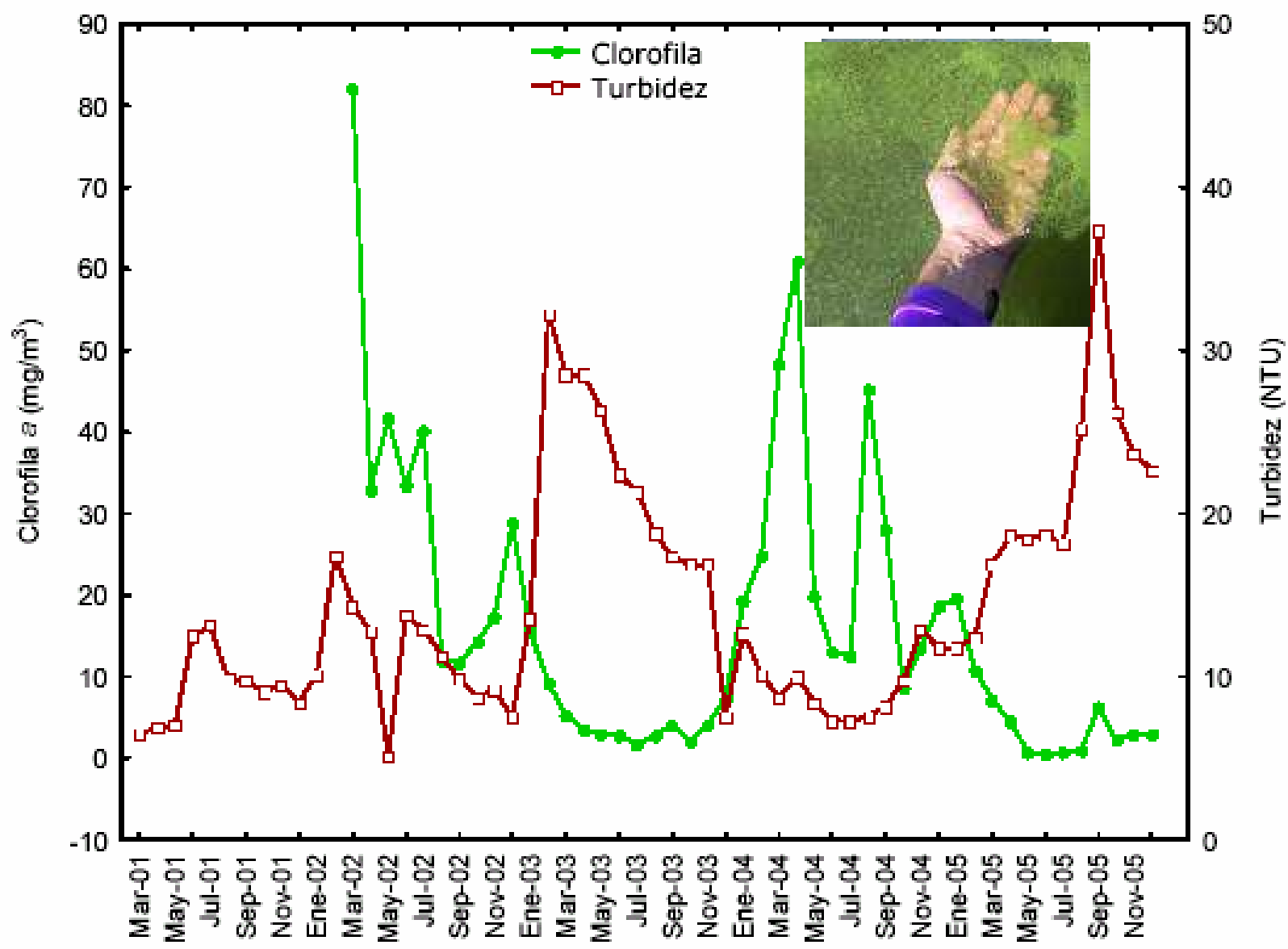
The recurrent regime shift between both states was associated to the regular cycle of water level variation in the Pantanal region. The macrophyte abundance (estimated by PVI) responds discontinuously to the water level.

LAGUNA DEL SAUCE
ESTADO ACTUAL Y ALTERNATIVAS DE USO DE
SU CUENCA COMPATIBLES CON EL
SUMINISTRO DE AGUA POTABLE

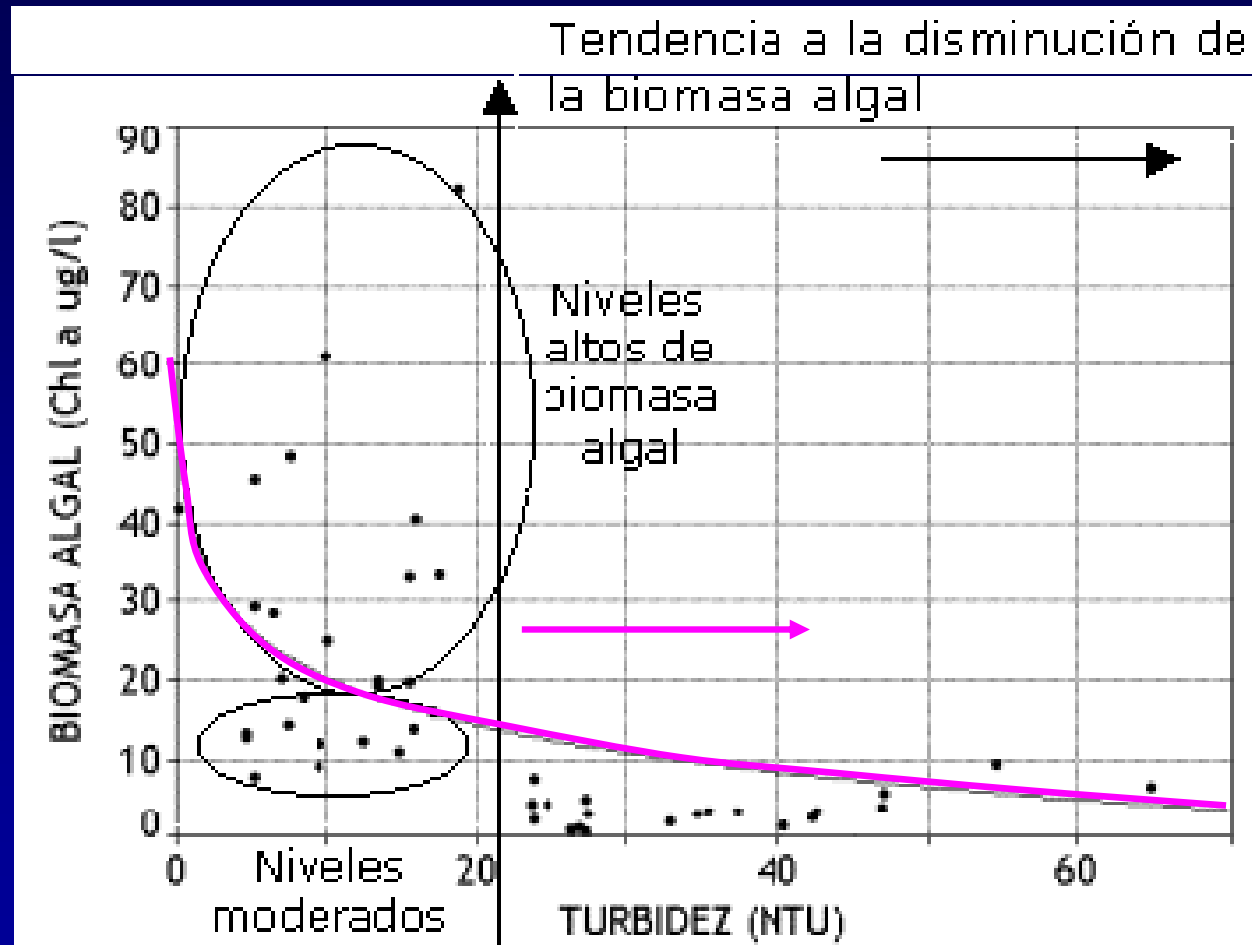


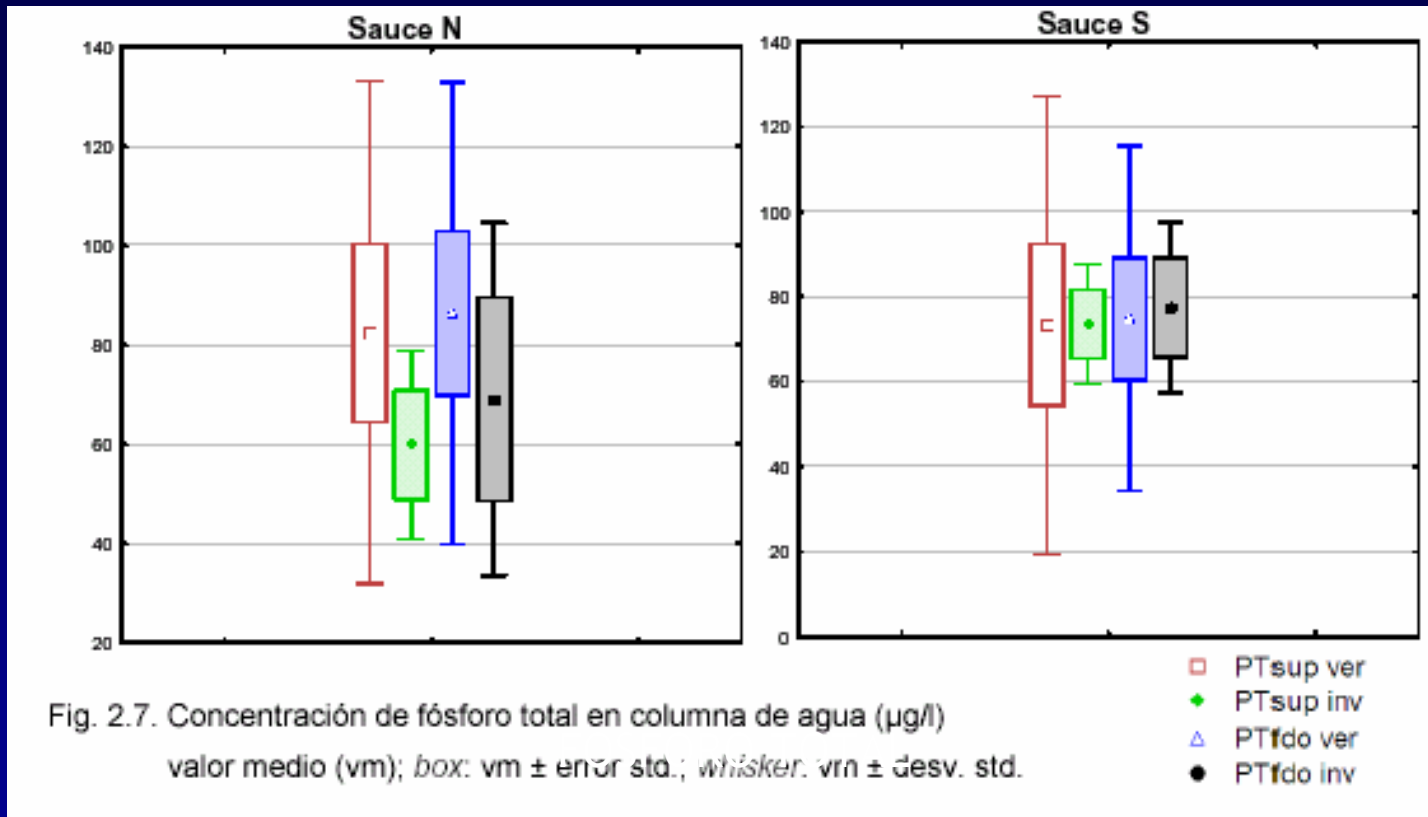
Instituto de Física,
Departamento de Ecología,
Facultad de Ciencias.
CONVENIO UDELAR + OSE-UGD





RECURSOS





Oligotrófico

Eutrófico

Hipereutrófico

Mayoría de los lagos



Lagos contaminados

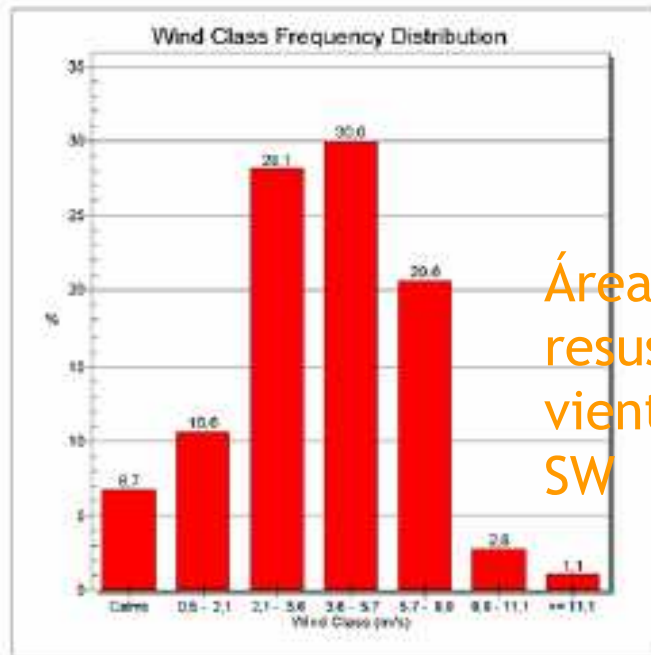
0

5

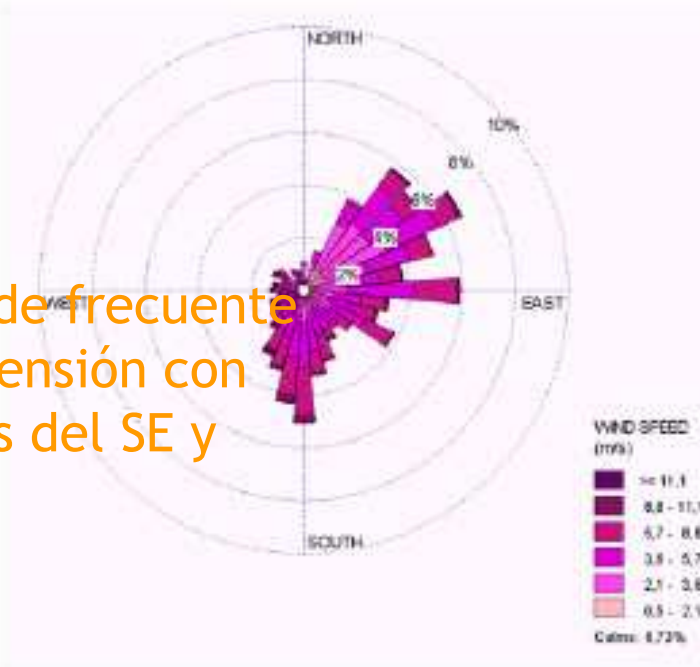
50

100

1000 $\mu\text{g/l}$



Áreas de frecuente resuspensión con vientos del SE y SW



$$L_w = 1,56 \{ 0,77 W \tanh [0,077 (9,8 F / W^2)^{0,25}] \}^2$$

Donde:

L_w = longitud de onda

W = velocidad del viento (m/s)

F = fetch (m)



