

LIMNOLOGÍA



LICENCIATURA EN GESTIÓN AMBIENTAL
CURE/Facultad de Ciencias
UdelaR

Clase 14 - Limnología y Cambio Climático
goyenola@gmail.com
Maldonado, 2013

Evidencia empírica multiescalar de la relación entre diferentes escenarios de variabilidad climática y calidad del agua en ecosistemas del Uruguay



Guillermo Goyenola, Hugo Inda, Laura del Puerto, Carolina Crisci, Rafael Terra, Mario Bidegain, Daniel Graeber; Mariana Meerhoff; Franco Teixeira de Mello; Iván González-Bergonzoni, Niels Ovesen, Felipe García-Rodríguez, Erik Jeppesen, Brian Kronvan, Néstor Mazzeo.





Calidad de agua

Eutrofización

(contaminación por nutrientes)



Eutrofización



Calidad de agua

Eutrofización

Período pre-instrumental

¿Qué tipo de información se puede obtener y cómo?



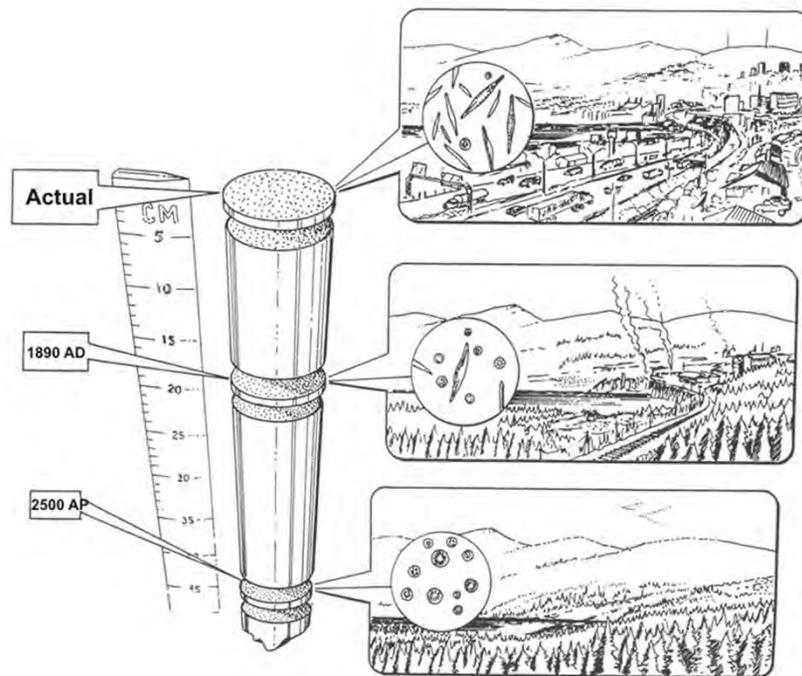
- **La historia climática del mundo o de una región en particular es una sucesión de variaciones climáticas y de cambios a corto, mediano y largo plazo.**
- **Los cambios de origen antrópico se superponen a la variabilidad natural intrínseca del sistema climático terrestre complejizando su entendimiento.**
- **El sistema climático terrestre es complejo y multivariable.**
 - **Difícil predecir escenarios futuros.**
 - **Difícil distinguir variabilidad natural de la inducida por factores antrópicos.**

- **Necesidad de recurrir al largo plazo del pasado (en términos de variabilidad climática) para determinar tendencias futuras:**

Post decir para Pre decir

- **El estudio del largo plazo del pasado supone la enorme constricción de carecer de series de datos instrumentales.**
- **Se recurre a indicadores indirectos (proxies) para reconstruir la variabilidad pretérita.**

Conceptos Clave en estudios del pasado

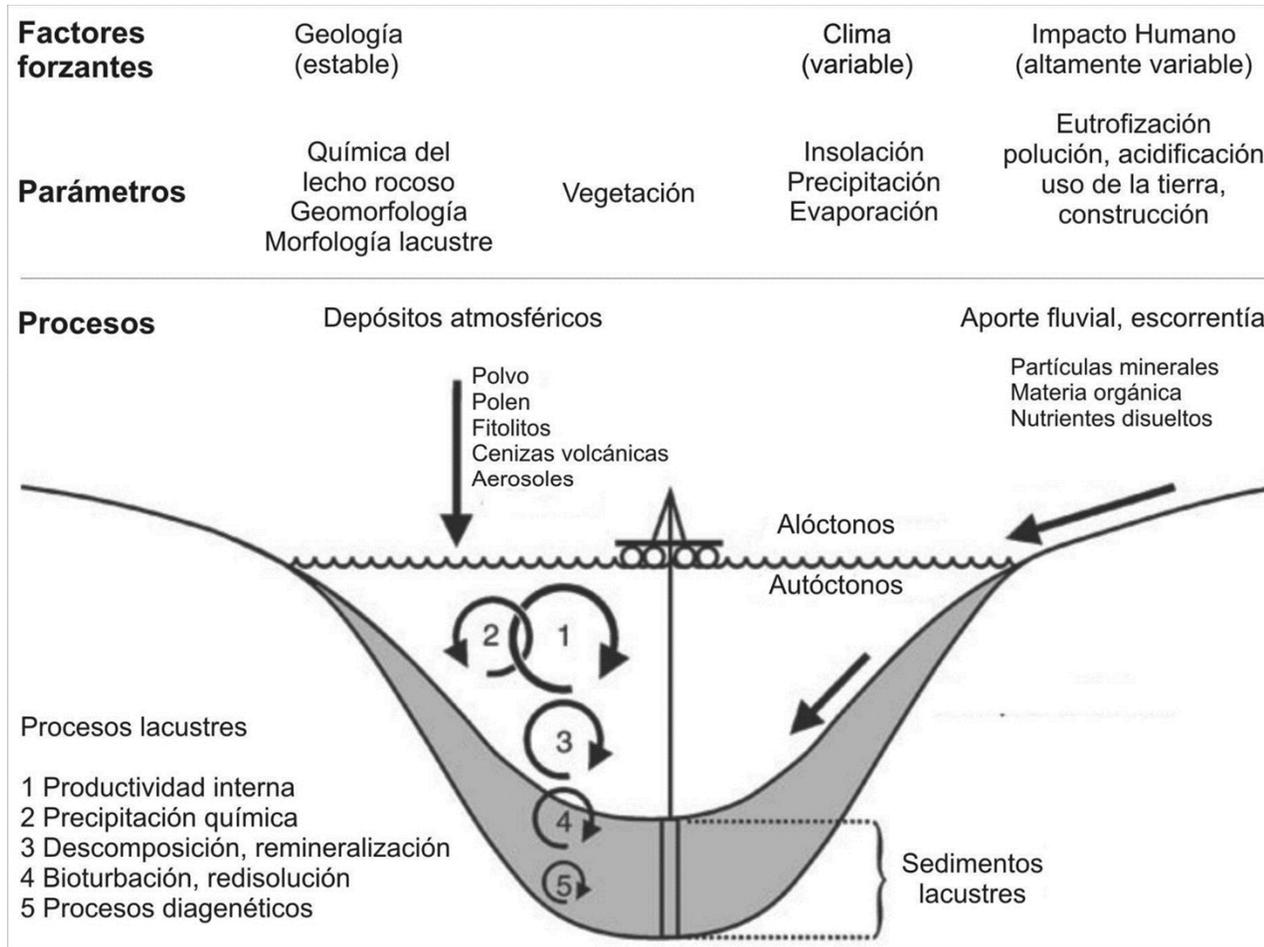


Actualismo

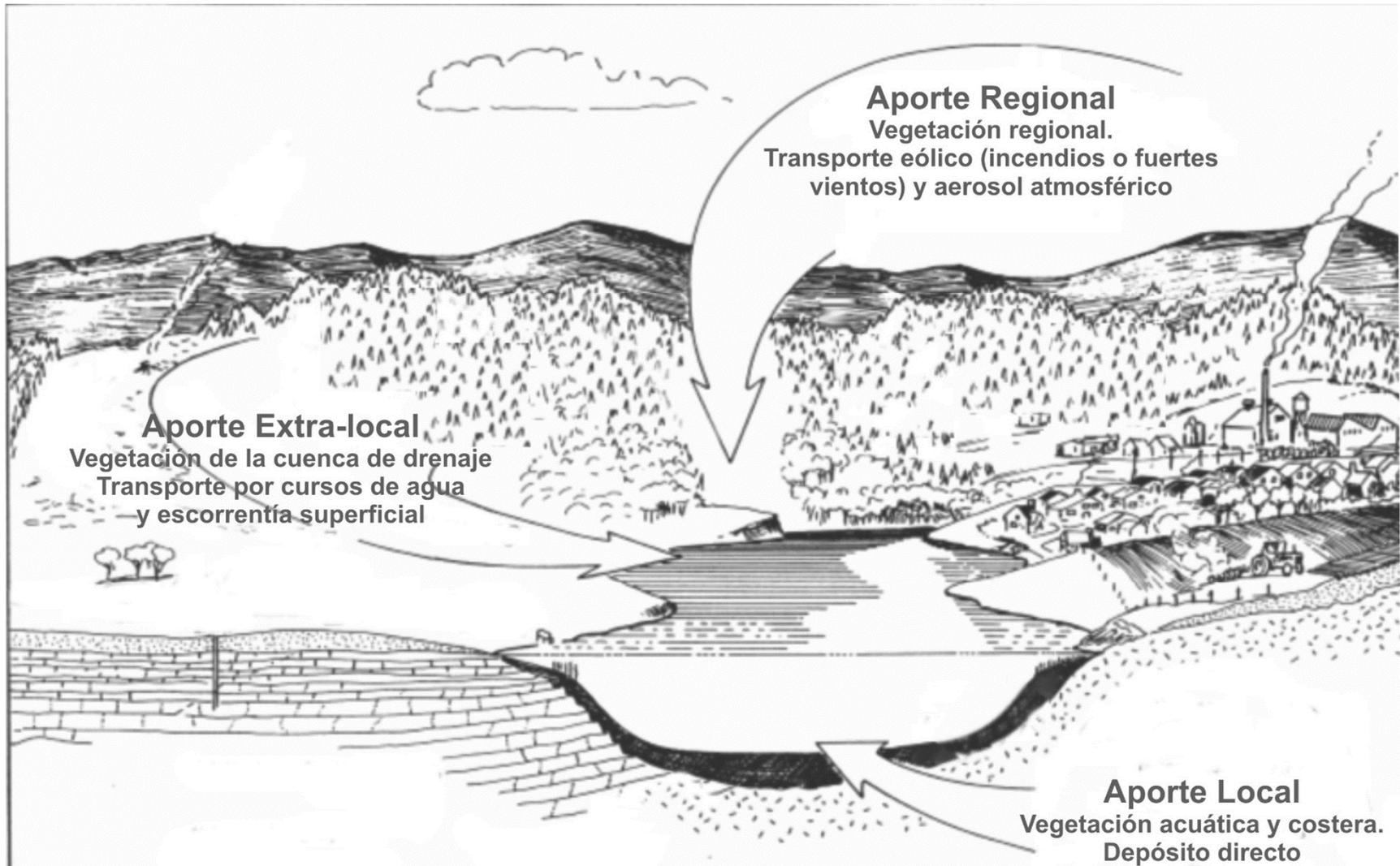
Indicadores indirectos:

- ✓ Preservación – Resolución
- ✓ Diatomeas – Crisofitas – Silicofitolitos
- ✓ Polen – Esporas – Valvas
- ✓ Geoquímica
- ✓ Sedimentología

Conceptos Clave en estudios del pasado



**Registros
de alta
resolución**



Conceptos Clave en estudios del pasado

Elementos del paisaje de corta vida, encierran en costas y fondos registros de las condiciones a las que se vieron sometidos durante su génesis y evolución:

- ✓ Variaciones de niveles marinos (cambios globales)
- ✓ Variaciones de salinidad
(dinámica continente – océano)
- ✓ Variaciones en temperatura y régimen de precipitaciones (clima regional – local)

**Registros
de alta
resolución**

Conceptos Clave en estudios del pasado

**Silicofitolitos, Diatomeas, Crisofitas,
Polen, Malacofauna.**

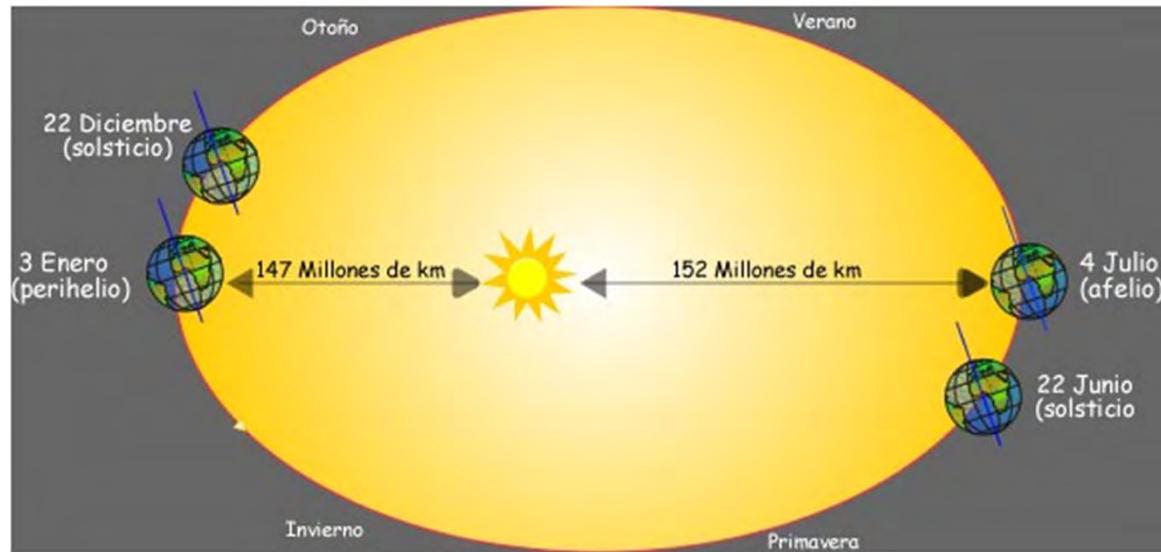
**Ej. Silicofitolitos de gramíneas permiten
reconstrucción de la dinámica de los pastizales
(vinculada a cambios ambientales)**

**Indicadores
Biológicos**

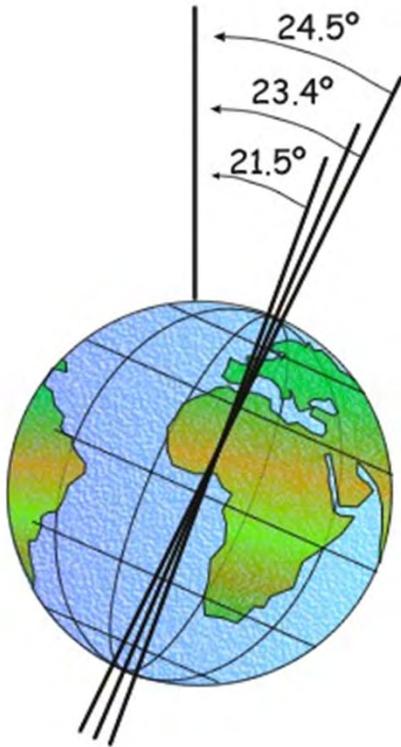
Silicofitolitos: Cuerpos mineralizados integrantes del tejido vegetal, producto de la total o parcial silicificación de las células o los espacios intercelulares de las plantas.

Ciclos Naturales de Variación

Ciclos de Milankovitch (factores orbitales)



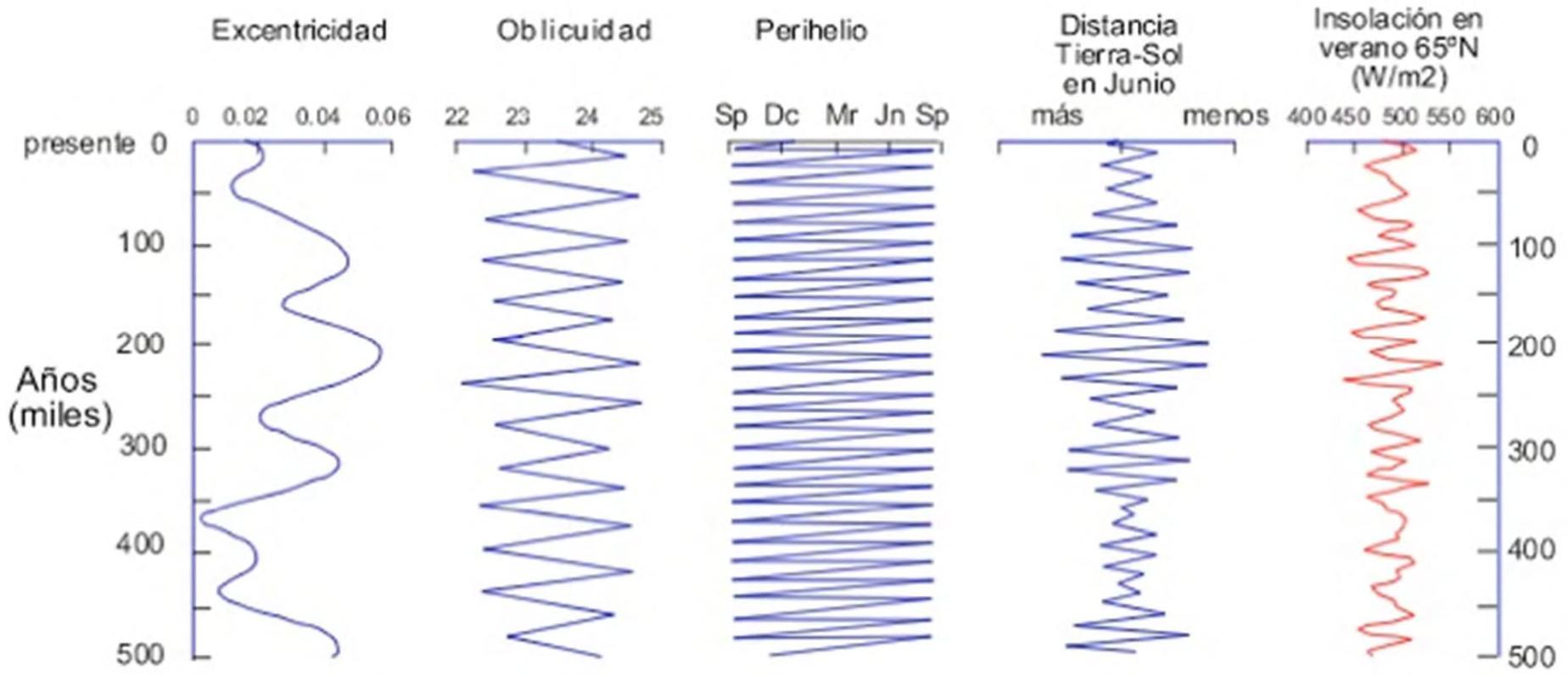
Oblicuidad: ciclo de entre 19.000 y 23.000 años.
Movimiento oscilatorio del eje terrestre, modifica posición de solsticios y equinoccios.



Excentricidad: ciclo de entre 100.000 y 400.000 años. La distancia al sol en cada estación del año es diferente, por lo tanto, también lo es la insolación.

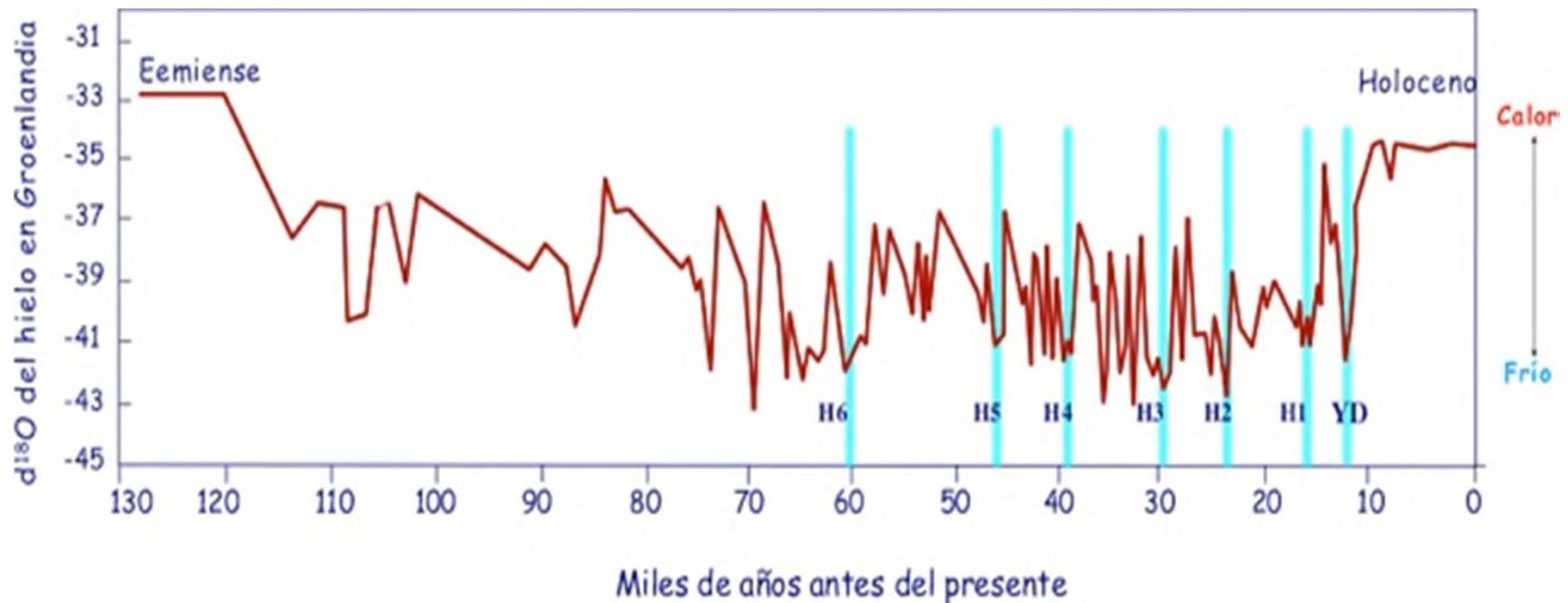
Inclinación (tilting): ciclo de 41.000 años.

Variación del eje terrestre, modifica la intensidad estacional.

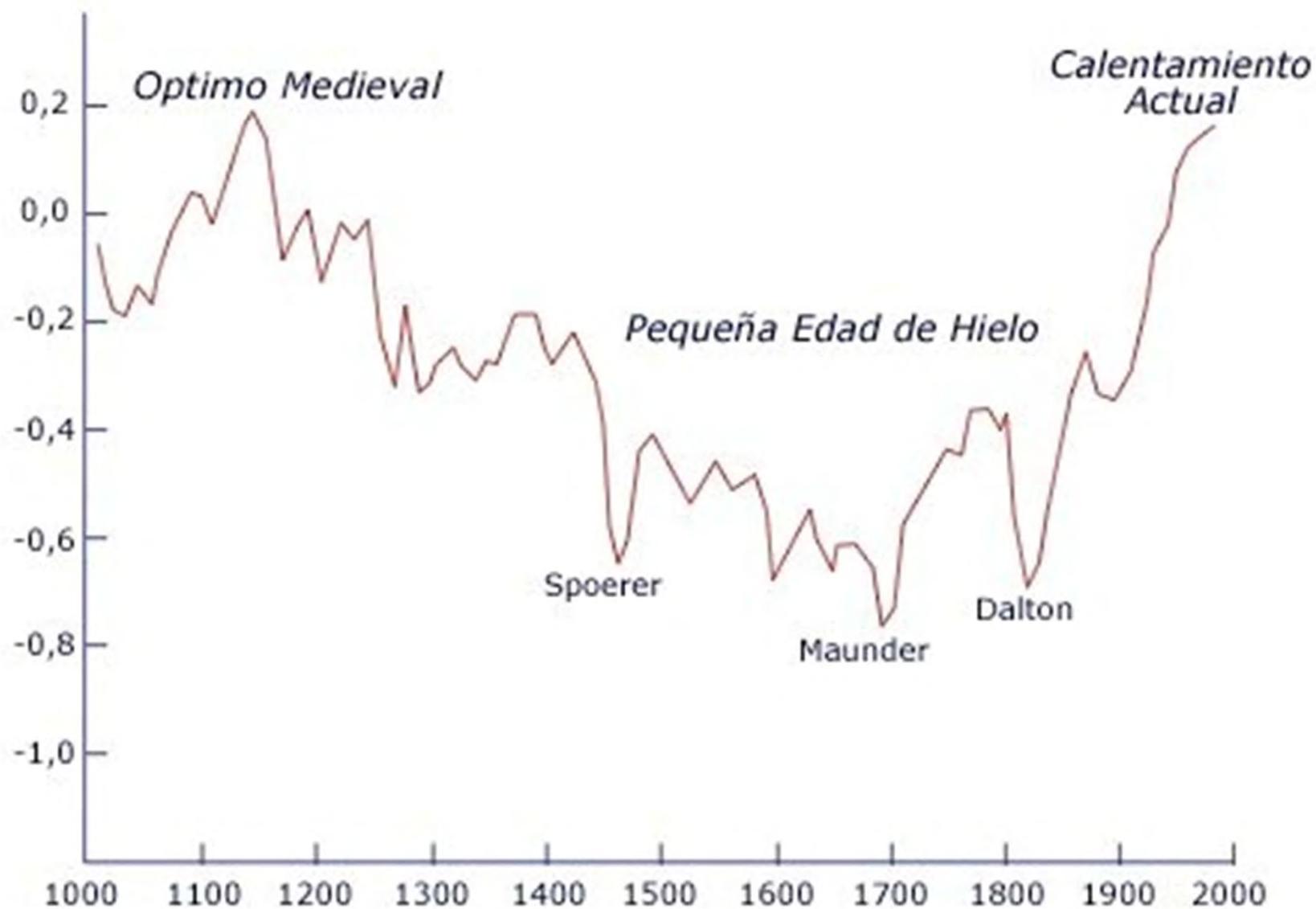


punto más cercano de la órbita de un cuerpo celeste alrededor del Sol

Eventos Heinrich y Dansgaard-Oeschger (actividad solar y circulación termohialina)

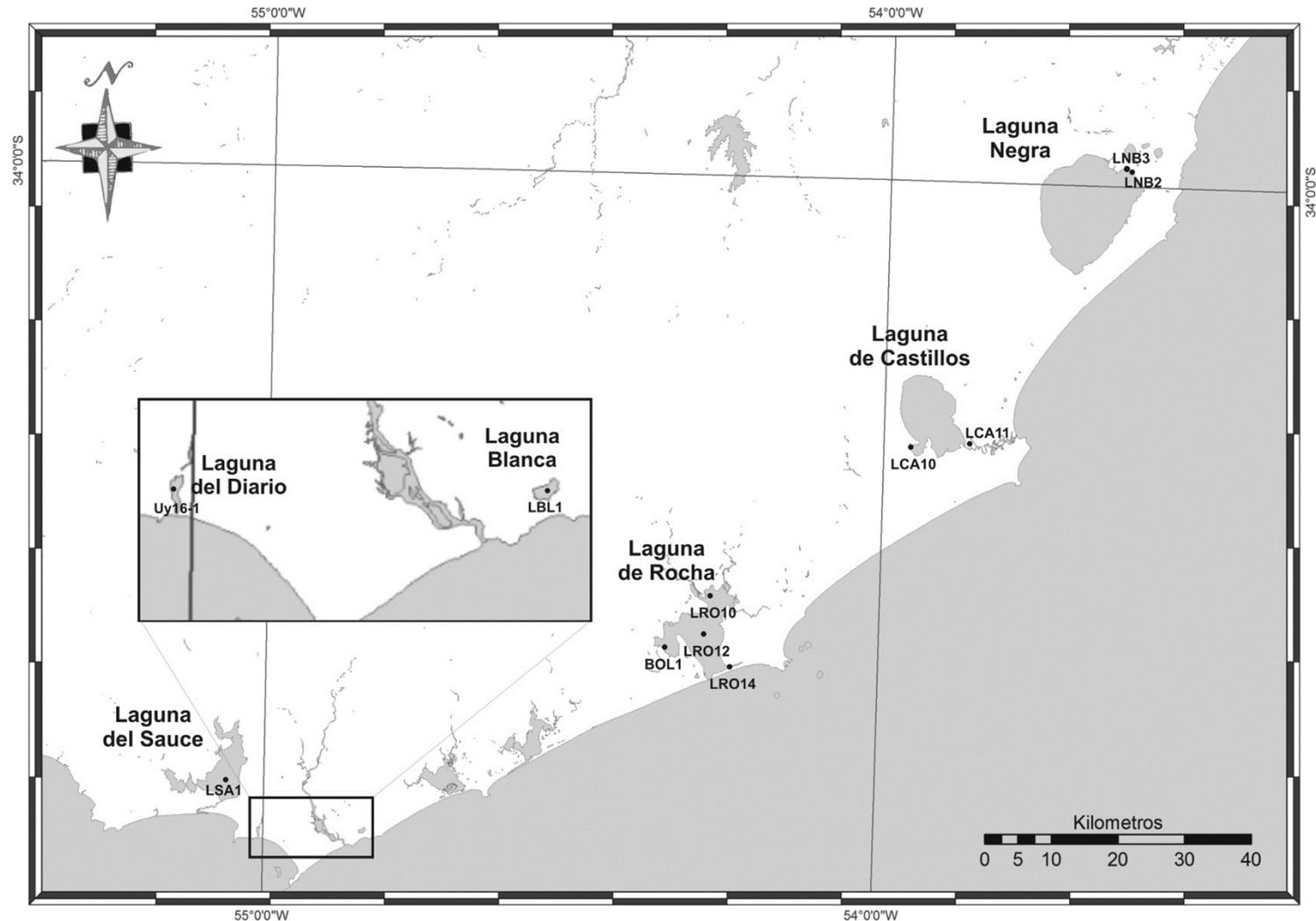


**Ciclos fríos (Heinrich)
y cálidos (Dansgaard-Oeschger) cada 14600 años**

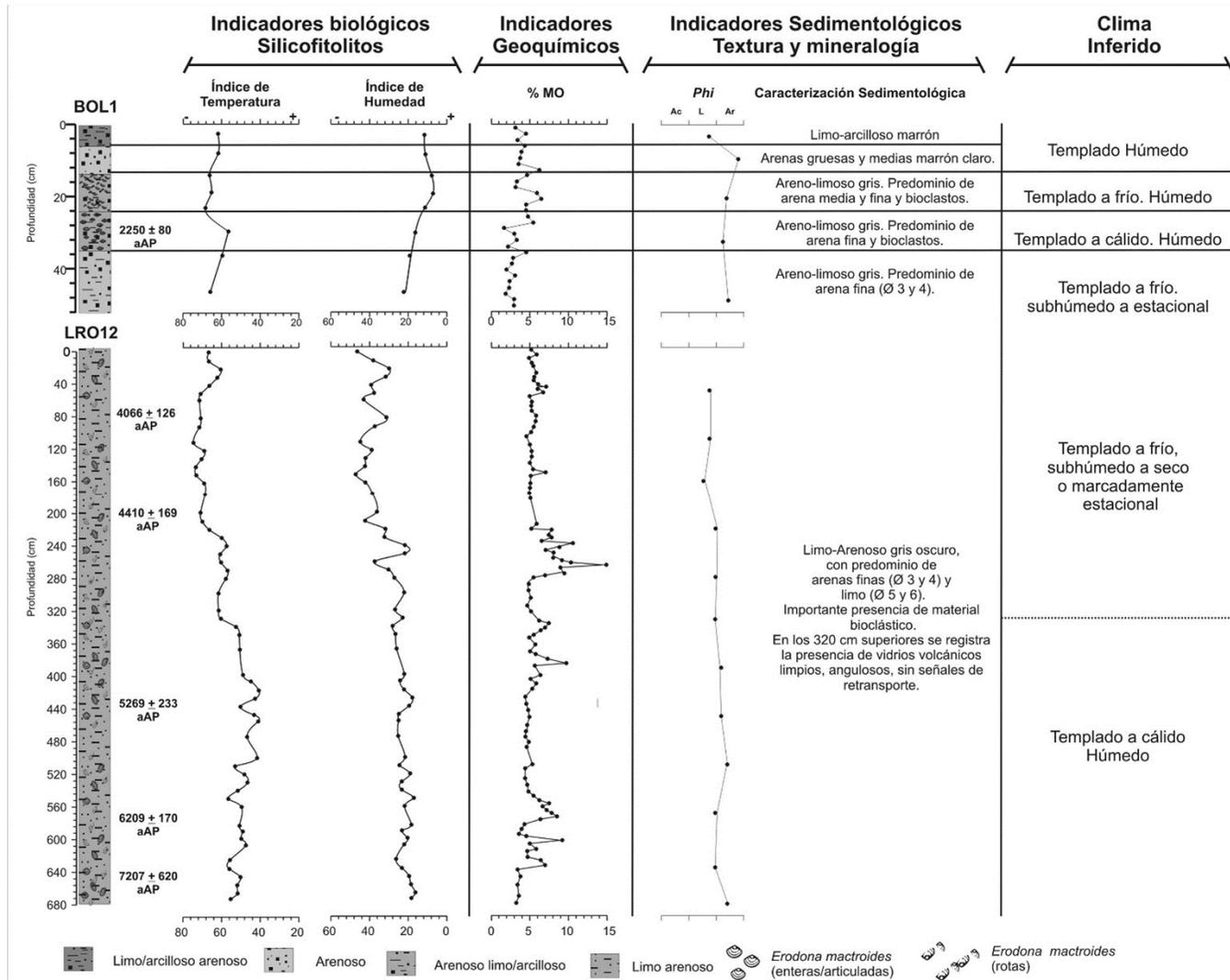


Avances hasta la fecha

Localidades estudiadas: registro que cubre gran parte del Holoceno



Laguna de Rocha.



CORES

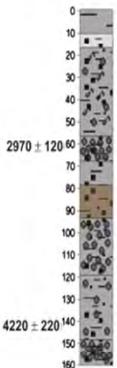
CORTE TOPOGRÁFICO N-S

MODELO DIGITAL DEL TERRENO

CURVAS REGIONALES

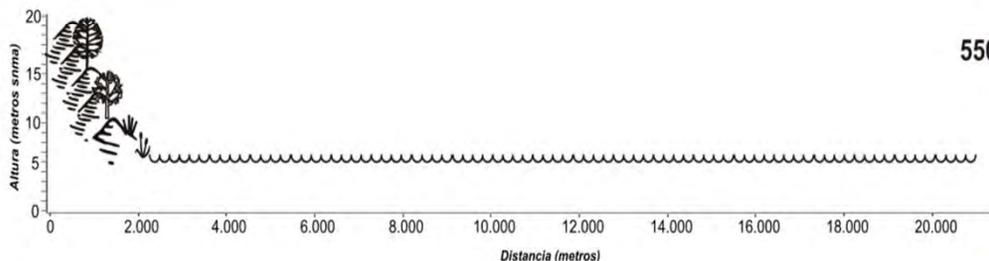
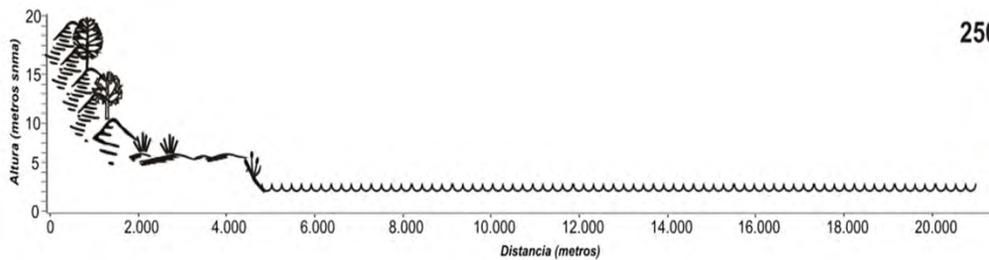
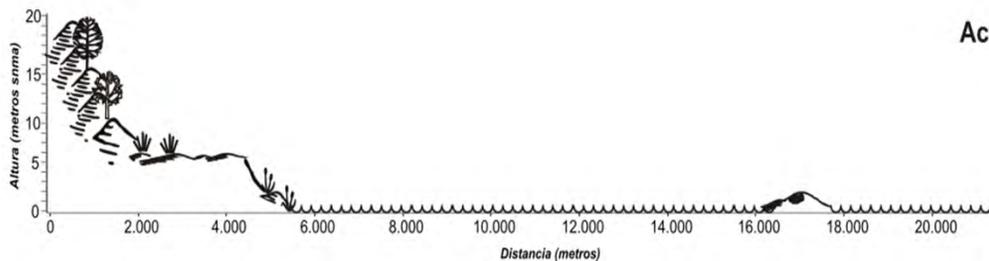
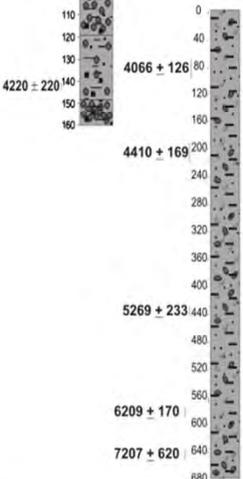
¹⁴C (años AP)
Profundidad (cm)

LRO3



¹⁴C (años AP)
Profundidad (cm)

LRO12



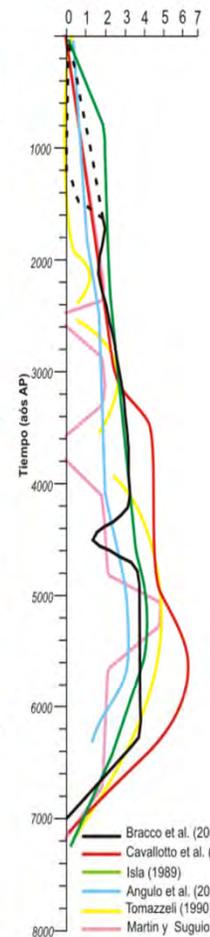
Actual



2500aAP

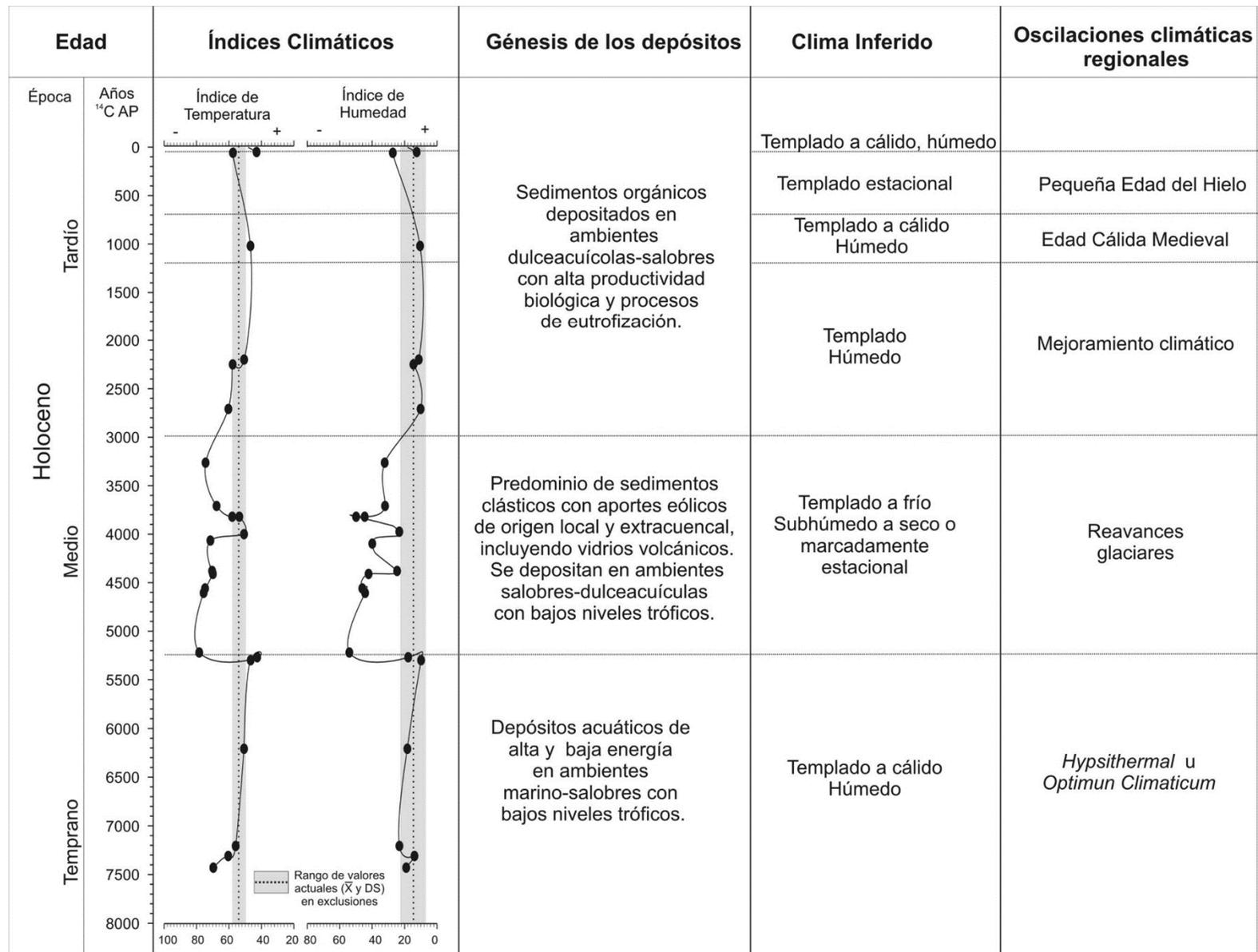


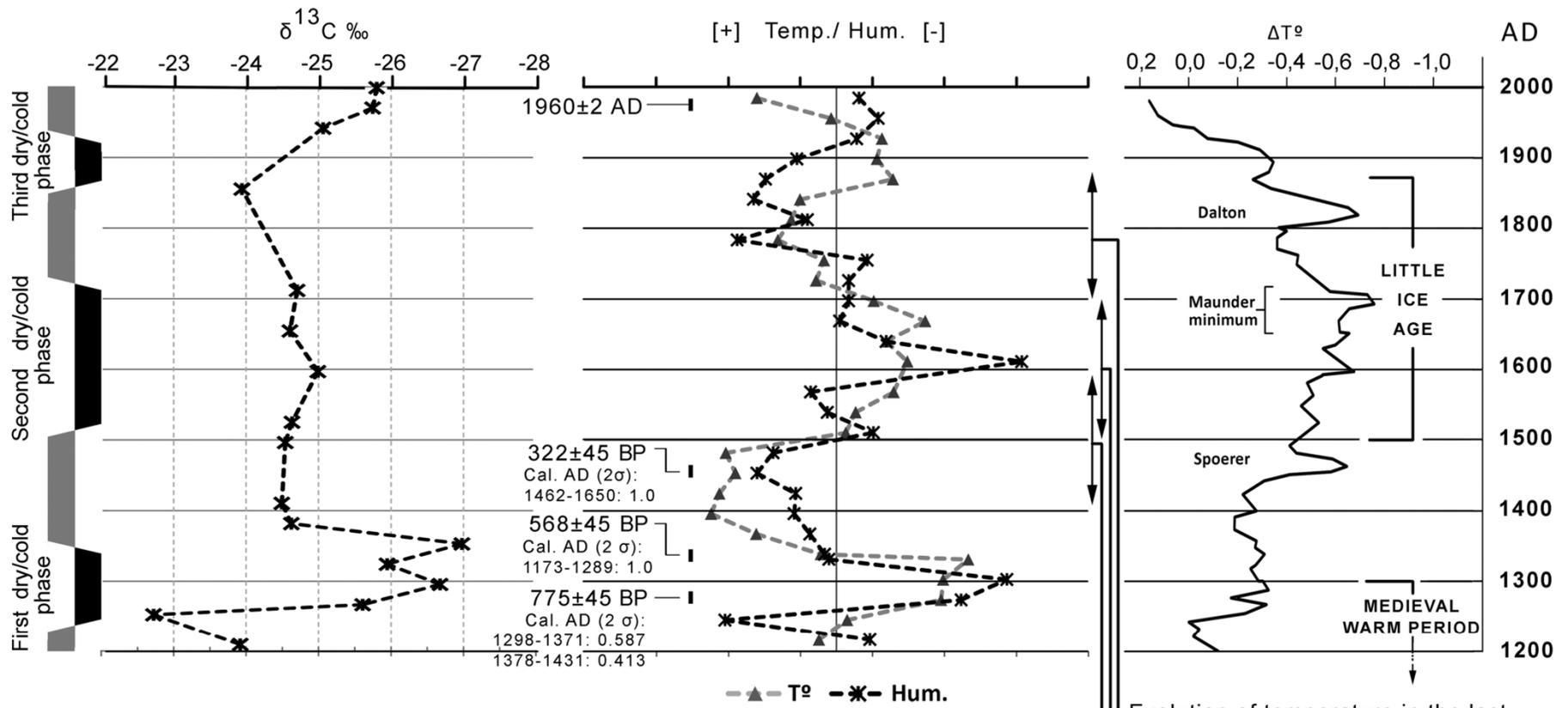
5500aAP



- Bracco et al. (2008)
- Cavallo et al. (2004)
- Isla (1989)
- Angulo et al. (2006)
- Tomazzelli (1990)
- Martin y Suguio (1992)

Modelo General





Increase in precipitations (Pietro and Jorba, 1991). Historical records from the Extinguished Council of Buenos Aires indicate from AD 1589 to AD 1697 that 85% of the years were "normal" (Politis, 1984).

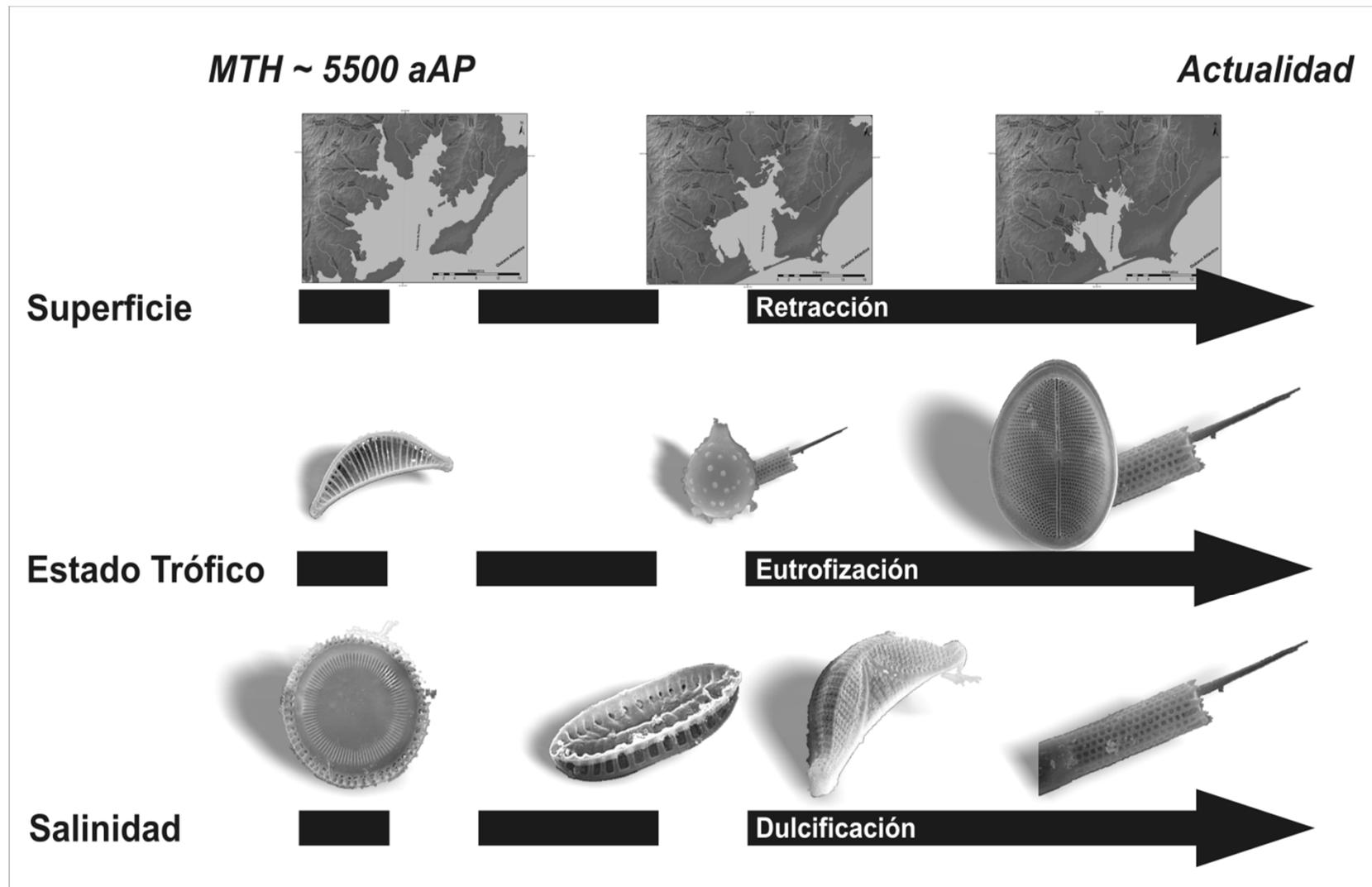
Second cold pulse LIA (Piovanno et al. 2009)

First cold pulse LIA (Piovanno et al. 2009)

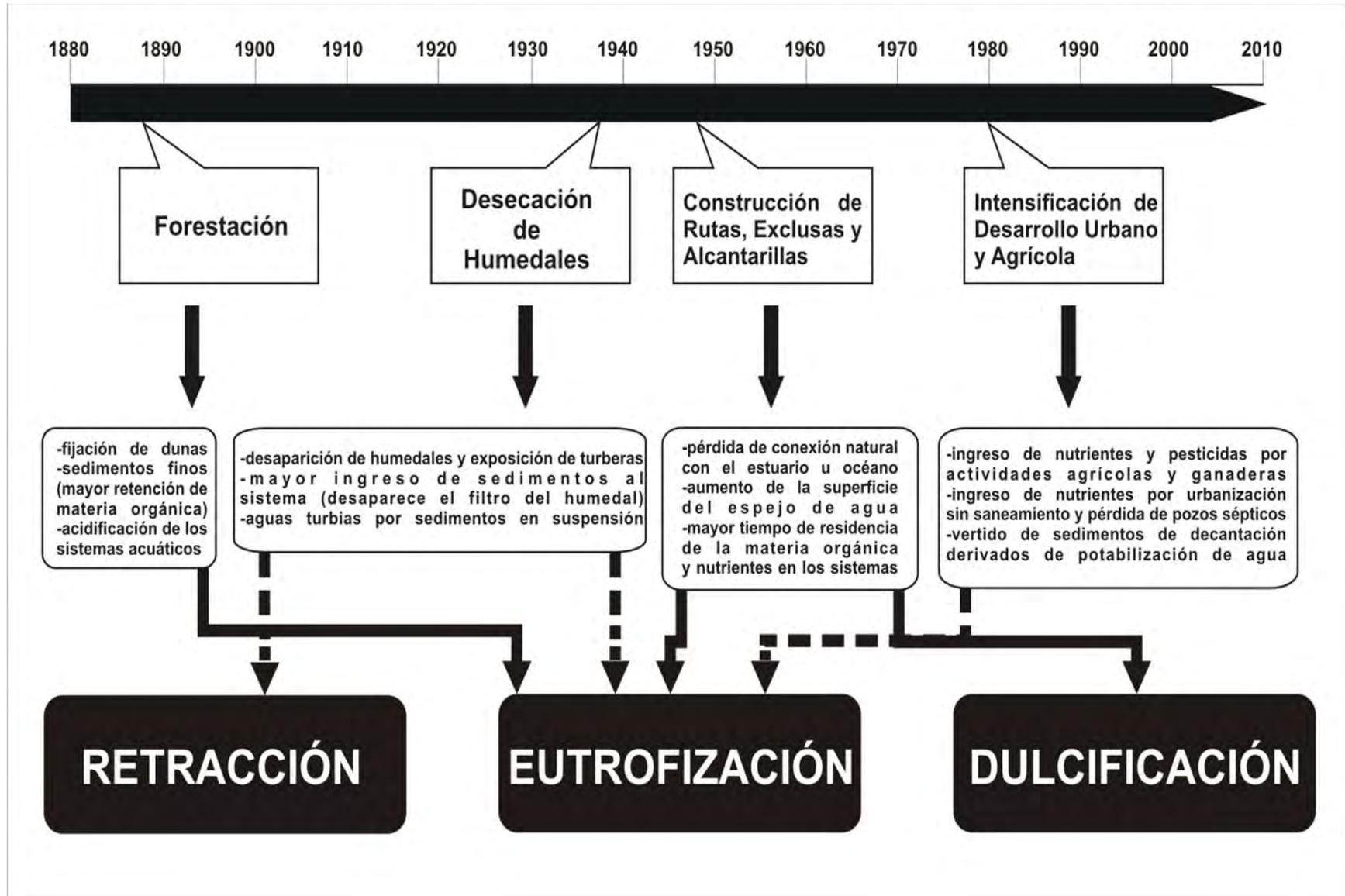
Evolution of temperature in the last millennium in the Northern Hemisphere. Simulation based on ground temperature (González-Rouco, et al. 2003).

- **Arribo de europeos a la región sucede en medio de la Pequeña Edad de Hielo.**
- **Ganadería como actividad principal desde el siglo XVI provoca cambios en composición de especies y hábito de crecimiento de los pastizales.**
- **La escala de los cambios durante el Holoceno es importante, pero se debe tener en cuenta que aún los cambios abruptos suponen siglos de desarrollo.**
- **Por regla general, los eventos Dansgaard-Oeschger (cálidos) son más rápidos en su desencadenamiento que los Heinrich (fríos).**
- **Los ecosistemas naturales conviven, se adaptan y hasta dependen de estos ciclos. El impacto sobre sistemas antropizados puede ser mayor.**

Principales Efectos sobre los Sistemas Estudiados



El Impacto Humano sobre la variabilidad natural



Clima de cambios

NUEVOS DESAFÍOS DE ADAPTACIÓN EN URUGUAY

Elaborado por el Instituto de Estudios de Sostenibilidad
y Resiliencia de América del Sur



Volumen I. RESULTADO DEL PROYECTO:
TCP/URU/3302 Nuevas Políticas para la Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático



<http://www.fao.org/climatechange/80141/es/>

Más estrategias-escalas de análisis



Experimentación



Denmark



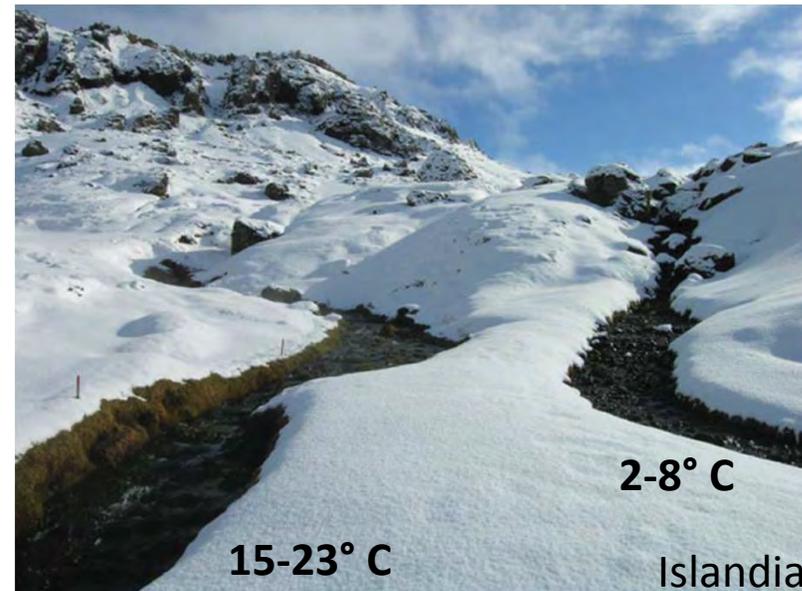
The United Kingdom



Switzerland



Jeppesen, E., B. Moss, H. Bennion, L. Carvalho, L. DeMeester, H. Feuchtmayr, N. Friberg, M. O. Gessner, M. Hefting, T. L. Lauridsen, L. Liboriussen, H. J. Malmquist, L. May, M. Meerhoff, J. S. Olafsson, M. B. Soons & J. T. A. Verhoeven, 2010. Interaction of Climate Change and Eutrophication Climate Change Impacts on Freshwater Ecosystems. Wiley-Blackwell, 119-151.



15-23° C

2-8° C

Islandia

Estudios en amplios gradientes latitudinales (sustitución espacio por tiempo)



Kosten, S., V. L. M. Huszar, E. Bécares, L. S. Costa, E. van Donk, L.-A. Hansson, E. Jeppesen, C. Kruk, G. Lacerot, N. Mazzeo, L. De Meester, B. Moss, M. Lürling, T. Nöges, S. Romo & M. Scheffer, 2012.

Warmer climates boost cyanobacterial dominance in shallow lakes.

Global Change Biology 18(1):118-126.

Kosten, S., F. Roland, D. M. L. Da Motta Marques, E. H. Van Nes, N. Mazzeo, L. d. S. L. Sternberg, M. Scheffer & J. J. Cole, 2010.

Climate-dependent CO₂ emissions from lakes.

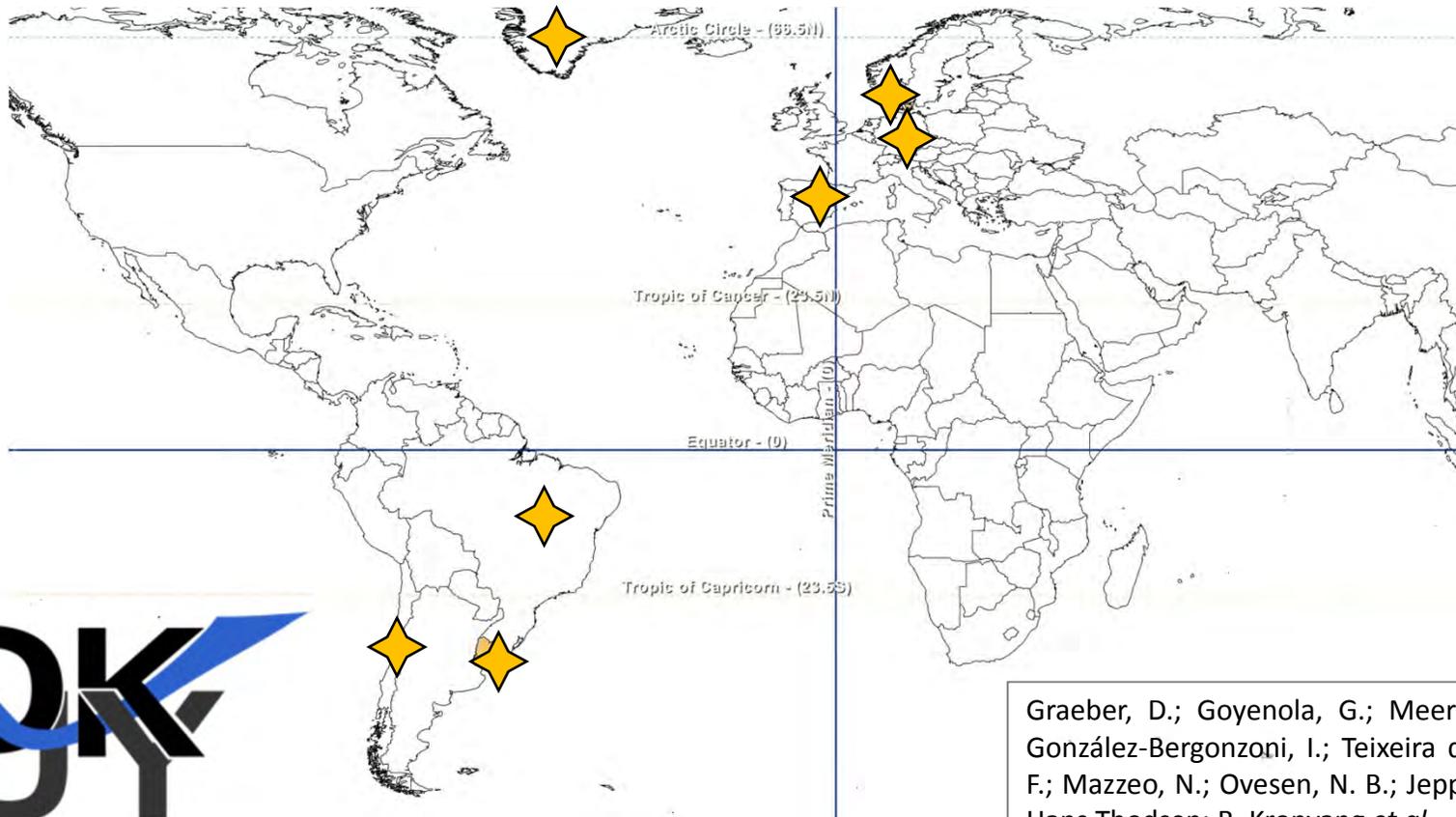
Global Biogeochemical Cycles 24(2).

Kosten, S., A. Kamarainen, E. Jeppesen, E. H. van Nes, E. T. H. M. Peeters, N. Mazzeo, L. Sass, J. Hauxwell, N. Hansel-Welch, T. L. Lauridsen, M. Søndergaard, R. W. Bachmann, G. Lacerot & M. Scheffer, 2009.

Climate-related differences in the dominance of submerged macrophytes in shallow lakes.

Global Change Biology 15:2503-2517.

Estudios en amplios gradientes latitudinales (sustitución espacio por tiempo)

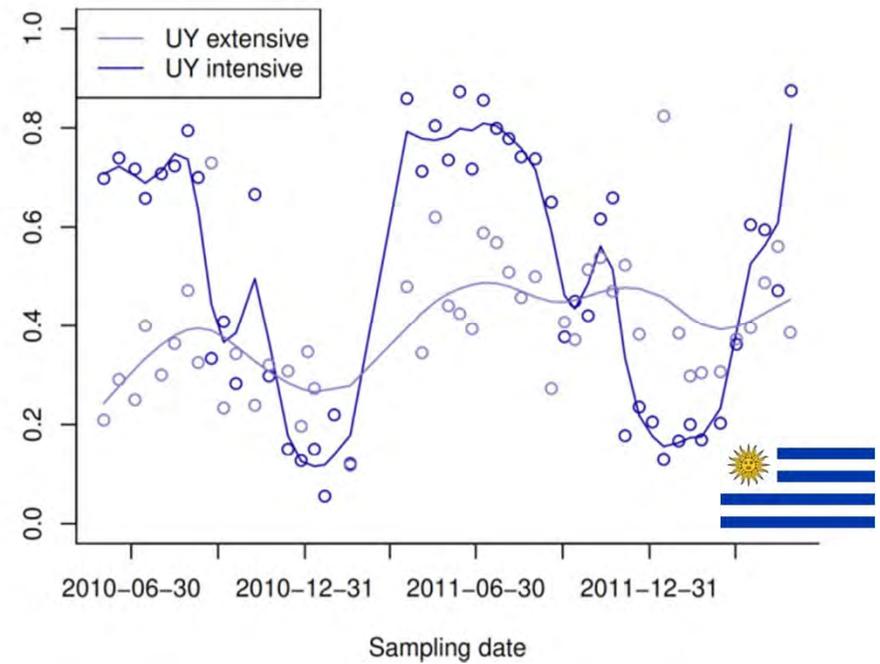
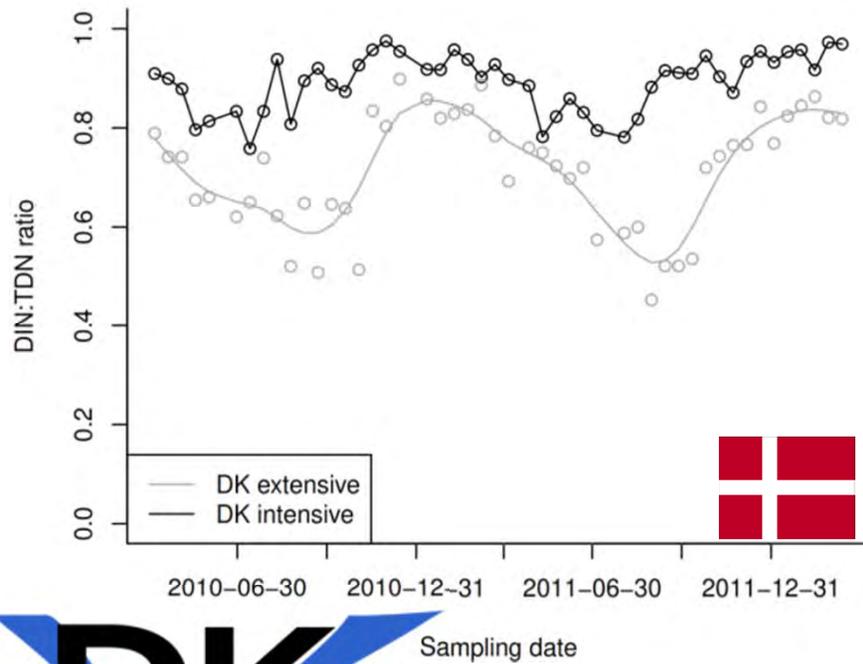


Export from agricultural and near-pristine catchments along a climate gradient

Graeber, D.; Goyenola, G.; Meerhoff, M.; González-Bergonzoni, I.; Teixeira de Mello, F.; Mazzeo, N.; Ovesen, N. B.; Jeppesen, E., Hans Thodsen; B. Kronvang *et al.*



Estudios en amplios gradientes latitudinales

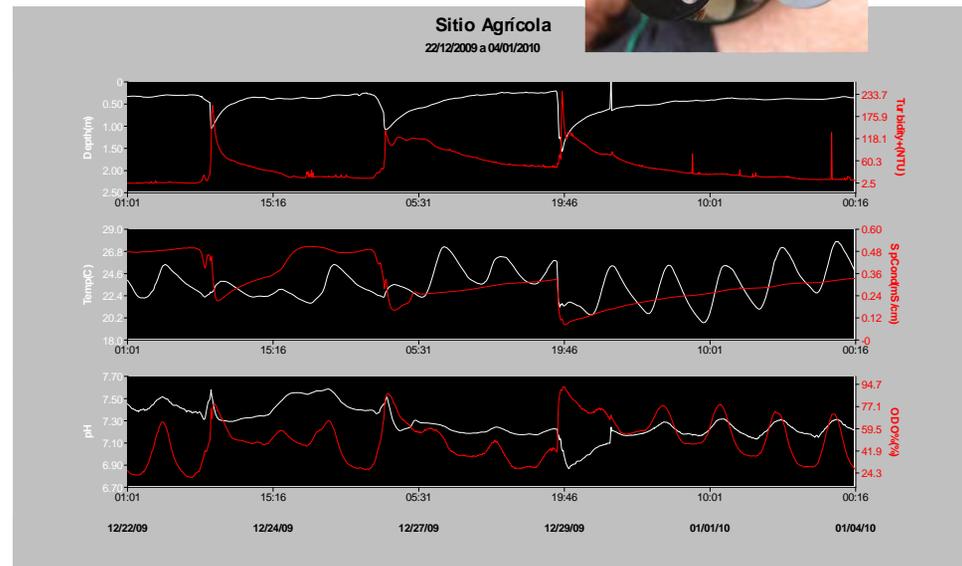
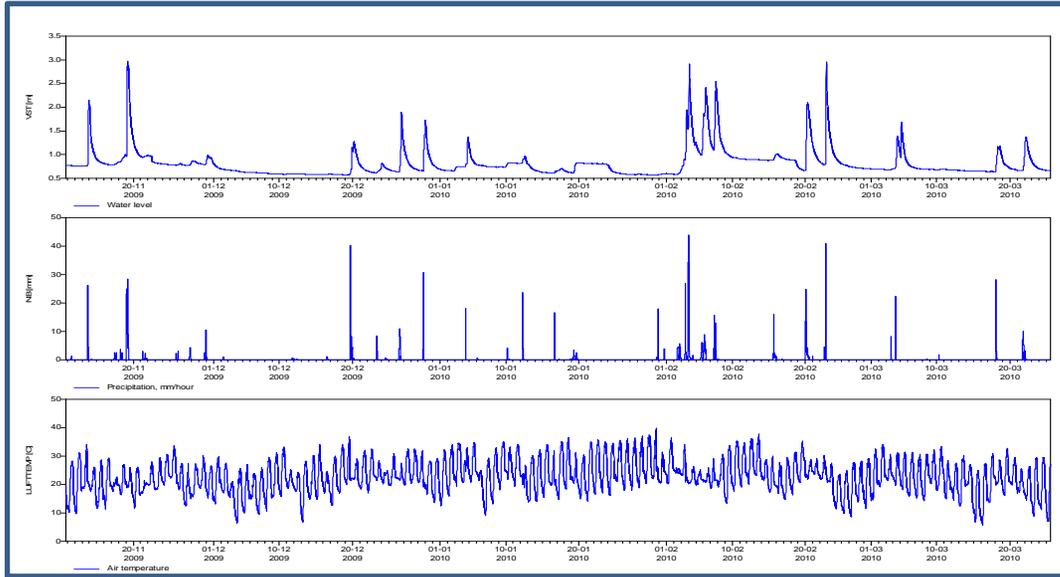


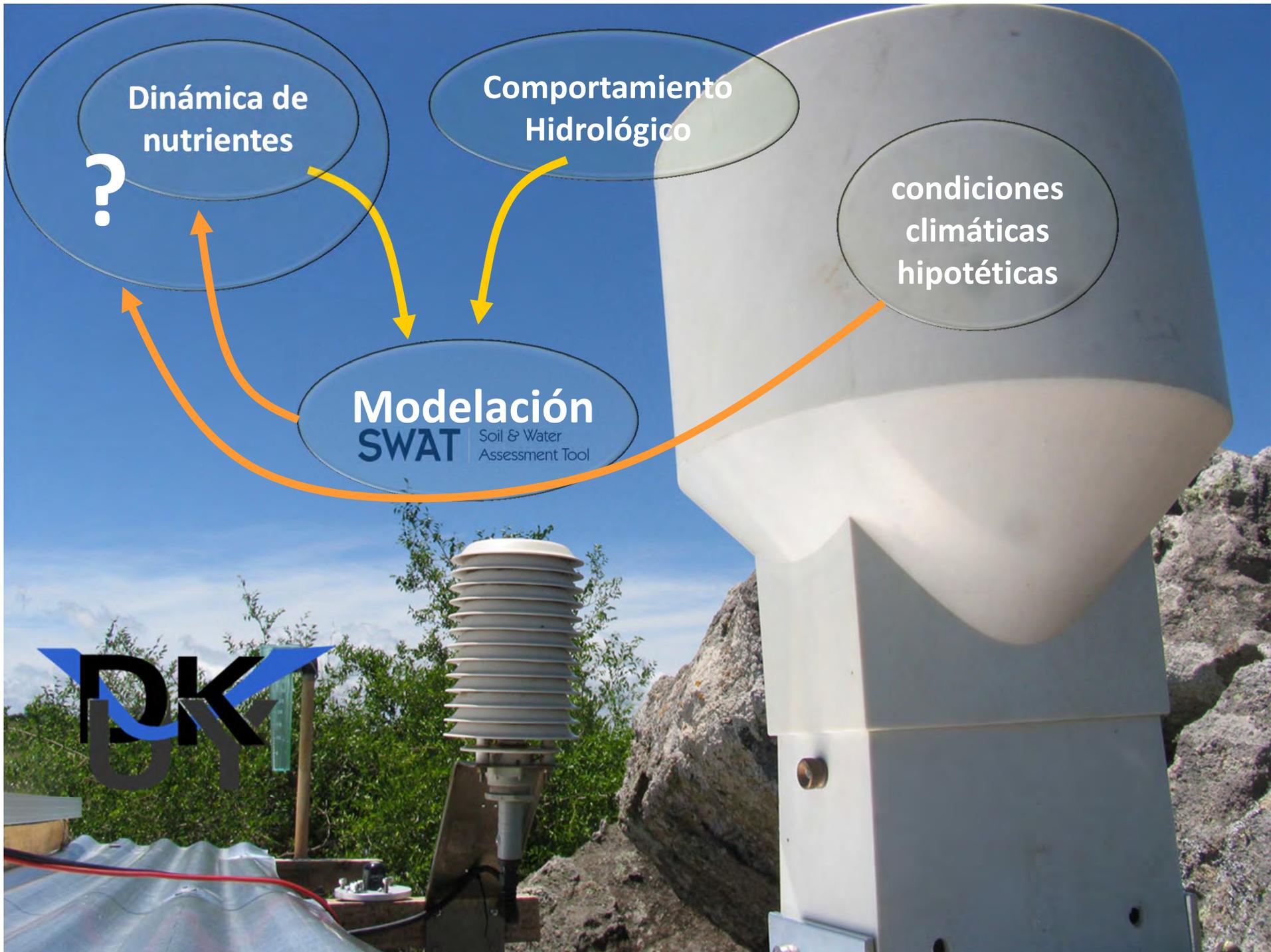
Export from agricultural and near-pristine catchments along a climate gradient

Graeber, D.; Goyenola, G.; Meerhoff, M.; González-Bergonzoni, I.; Teixeira de Mello, F.; Mazzeo, N.; Ovesen, N. B.; Jeppesen, E., Hans Thodsen; B. Kronvang *et al.*



Modelación

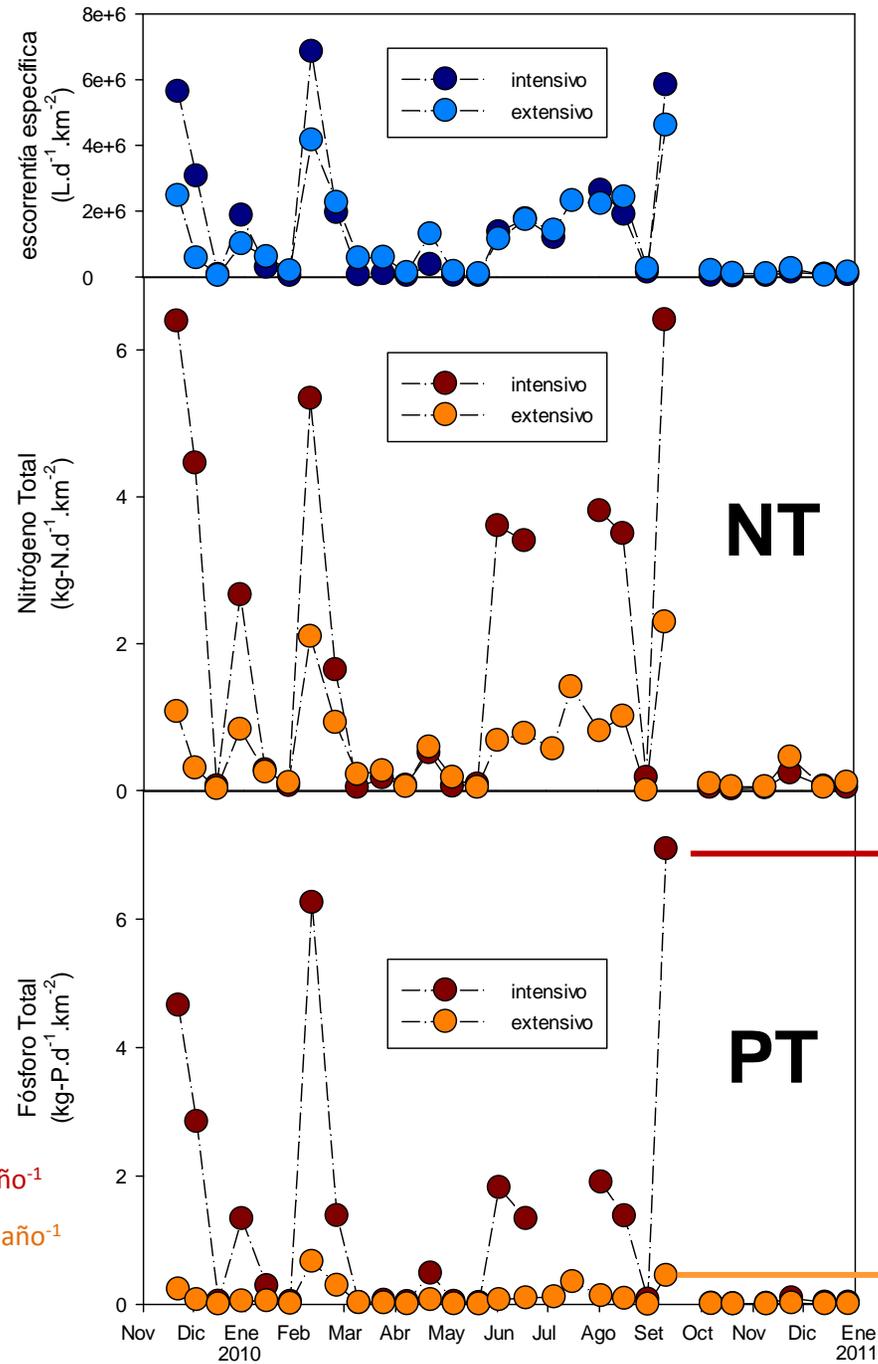




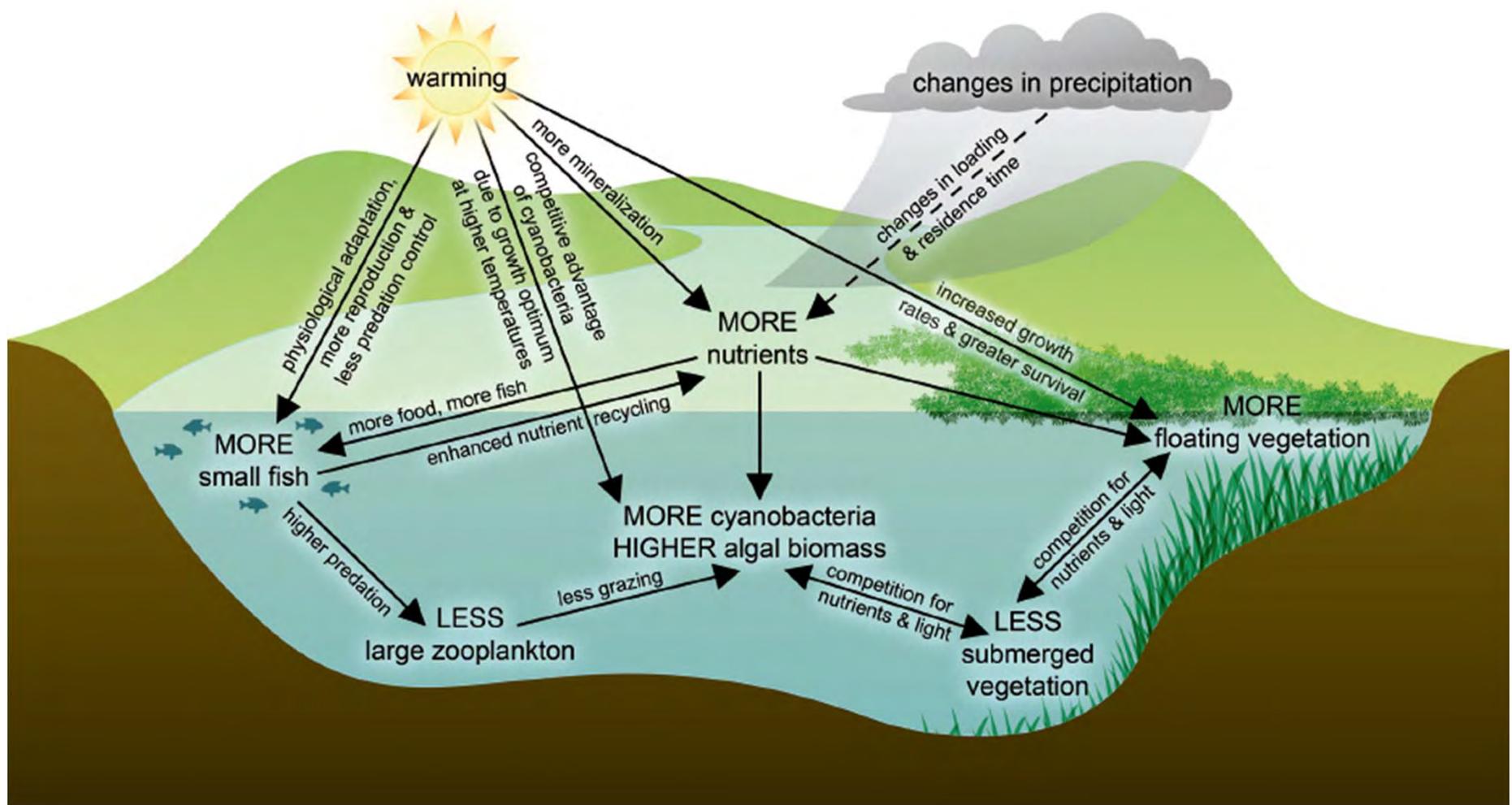
P exportado

Intensivo = 438 kg-N. km⁻².año⁻¹

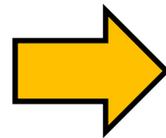
Extensivo = 36.5 kg-N. km⁻².año⁻¹



?



Cambio climático



eutrofización

Moss, B., S. Kosten, M. Meerhoff, R. W. Battarbee, E. Jeppesen, N. Mazzeo, K. Havens, L. G., L. Z., D. L., P. H. & M. Scheffer, 2011. Allied attack: climate change and nutrient pollution. *Inland Waters* 1:101-105.

Algunas certezas (!)



- El calentamiento global exacerbará los síntomas de la eutrofización.
- Mayores precipitaciones pueden tanto promover mayor ingreso de nutrientes como aumentar su dilución.
 - Es imprescindible incorporar al análisis el uso del suelo (!)
- Se prevén efectos sinérgicos entre la intensificación en el uso del suelo y el aumento de la frecuencia de lluvias intensas sobre la calidad de agua.
- Los efectos de la variabilidad climática están muy poco estudiados a escala ecológica, los patrones x ahora muestran un aumento en el desacople entre especies.

Alguna duda inquietante



La retroalimentación entre eutrofización y cambio climático puede provocar que las predicciones sobre cambio climático (IPCC 2007) estén severamente subestimadas.

Evidencia empírica multiescalar de la relación entre diferentes escenarios de variabilidad climática y calidad del agua en ecosistemas del Uruguay



¡GRACIAS!

goyenola@gmail.com

hif@adinet.com.uy

Guillermo Goyenola, Hugo Inda, Laura del Puerto, Carolina Crisci, Rafael Terra, Mario Bidegain, Daniel Graeber; Mariana Meerhoff; Franco Teixeira de Mello; Iván González-Bergonzoni, Niels Ovesen, Felipe García-Rodríguez, Erik Jeppesen, Brian Kronvan, Néstor Mazzeo.

