



# Floraciones de cianobacterias: porqué son recurrentes, persistentes y posibles controles

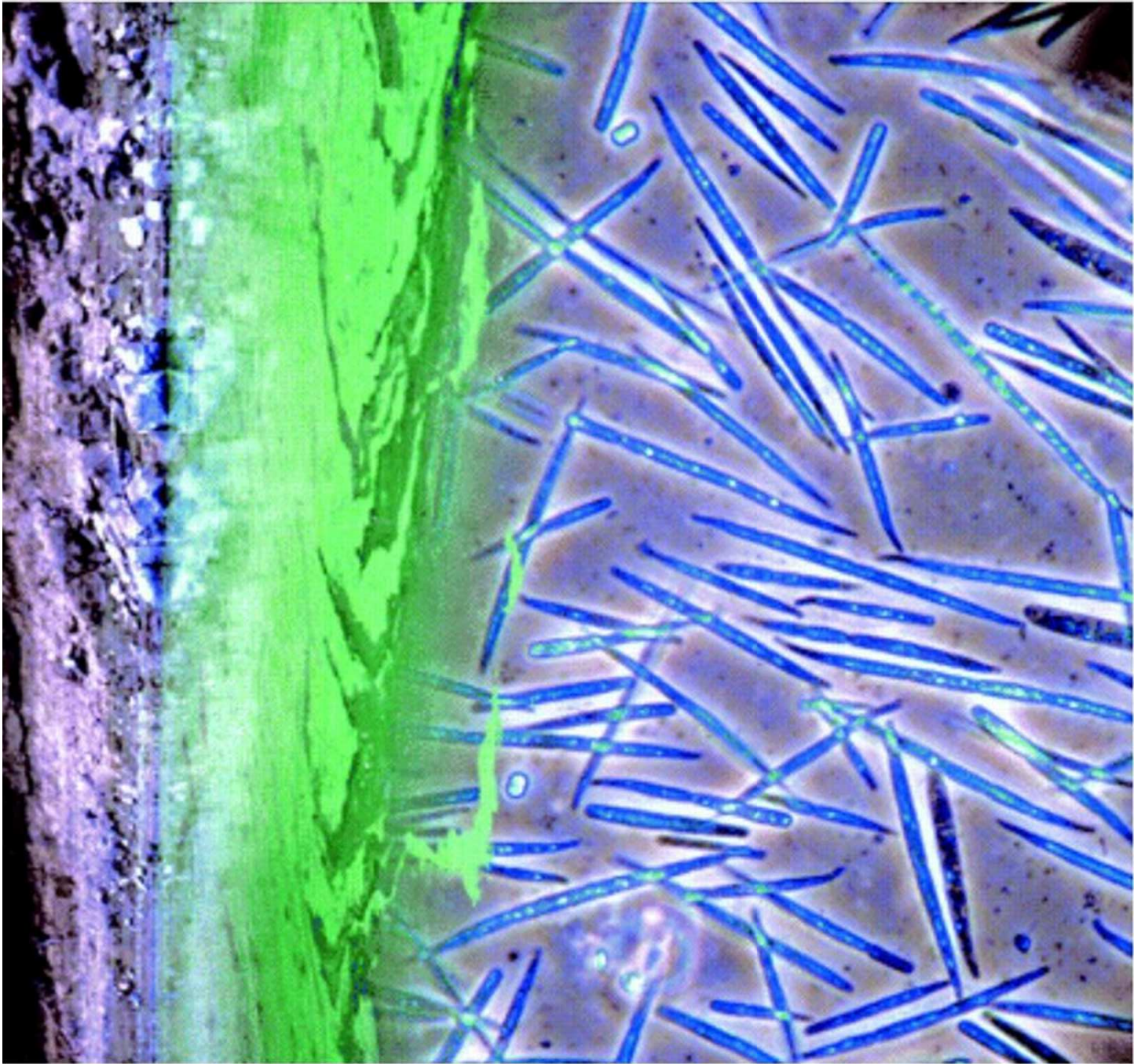
Dra. Paula de Tezanos Pinto

[paulatezanos@ege.fcen.uba.ar](mailto:paulatezanos@ege.fcen.uba.ar)

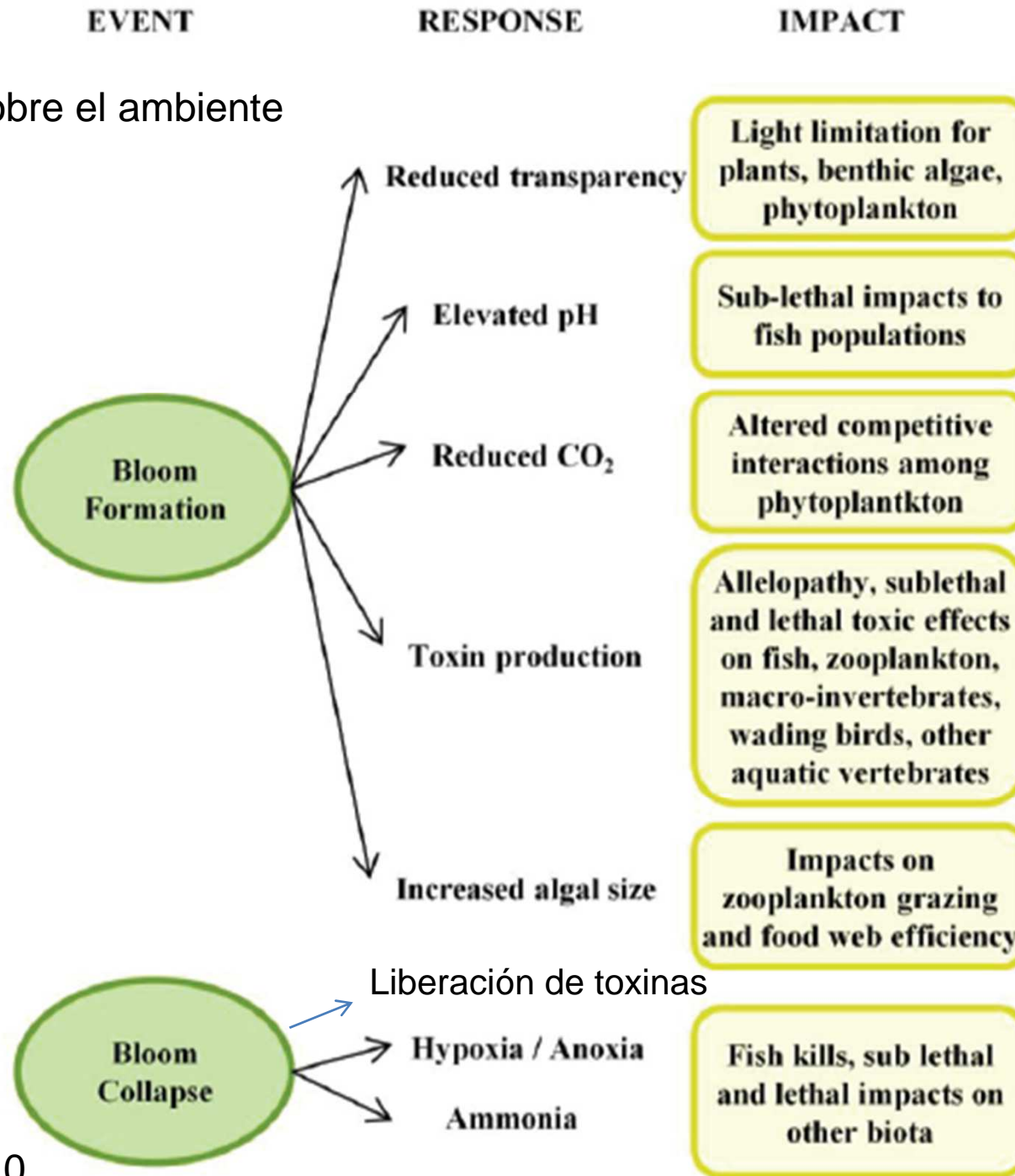
Laboratorio de Limnología

Depto. Ecología, Genética y Evolución – Instituto IEGEBA (UBA – CONICET)

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires



# Consecuencias sobre el ambiente



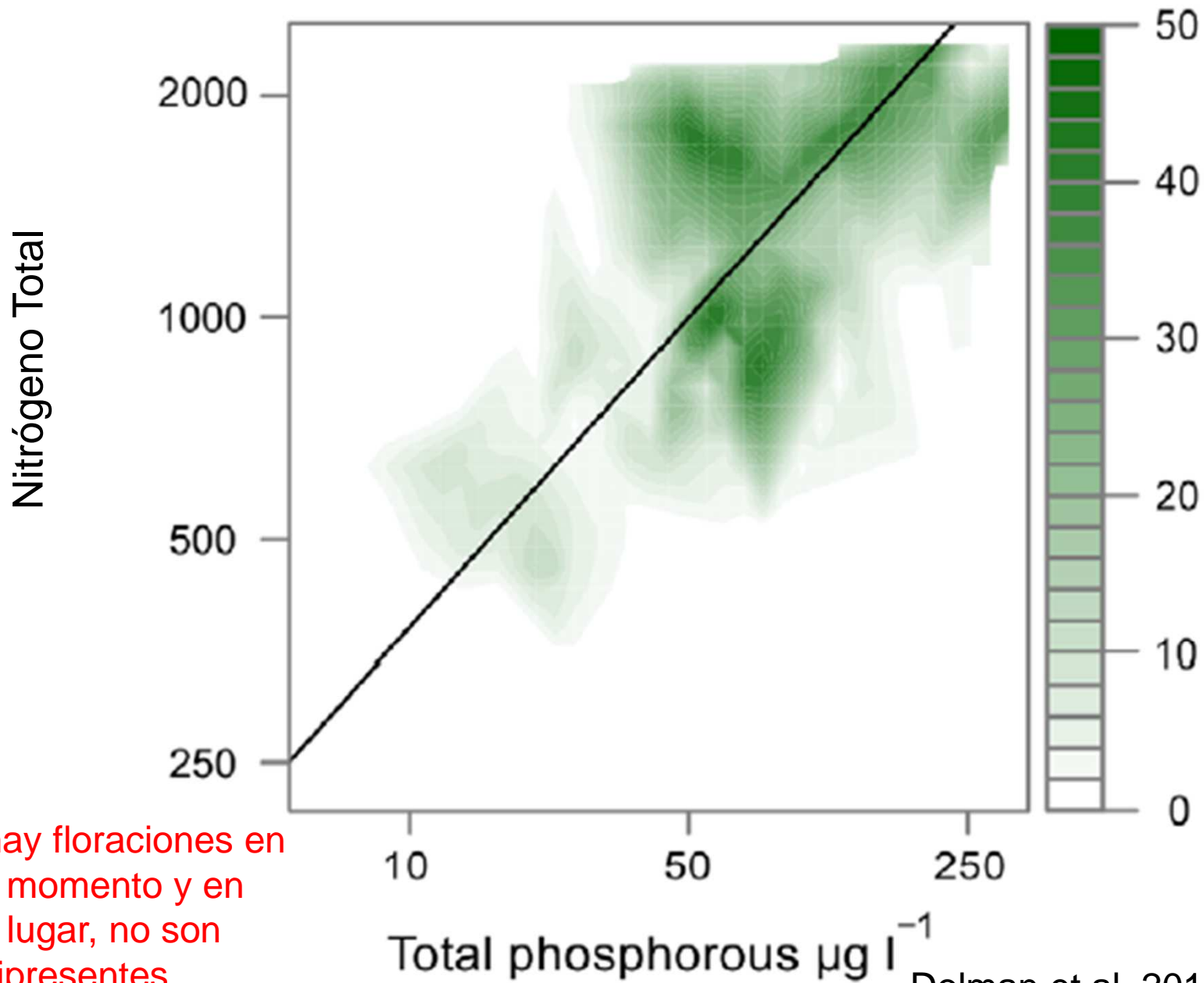




# Porque se causan las floraciones: Ambiente + Características de las cianobacterias

- Ambiente
  - Eutroficación: aumento de fósforo y nitrógeno en el agua
  - Aumento temperatura
  - Aumento tiempo de residencia
- Características propias (rasgos eco-fisiológicos) de las cianobacterias

**B** Distribución de cianobacterias totales en relación con el TN y el TP, en 102 en verano en lagos en Alemania



No hay floraciones en todo momento y en todo lugar, no son omnipresentes

# Porque: Características -con mucha variabilidad (plasticidad)- que les confieren competitividad en varios escenarios

Chroococales



Oscillatoriales



Nostocales



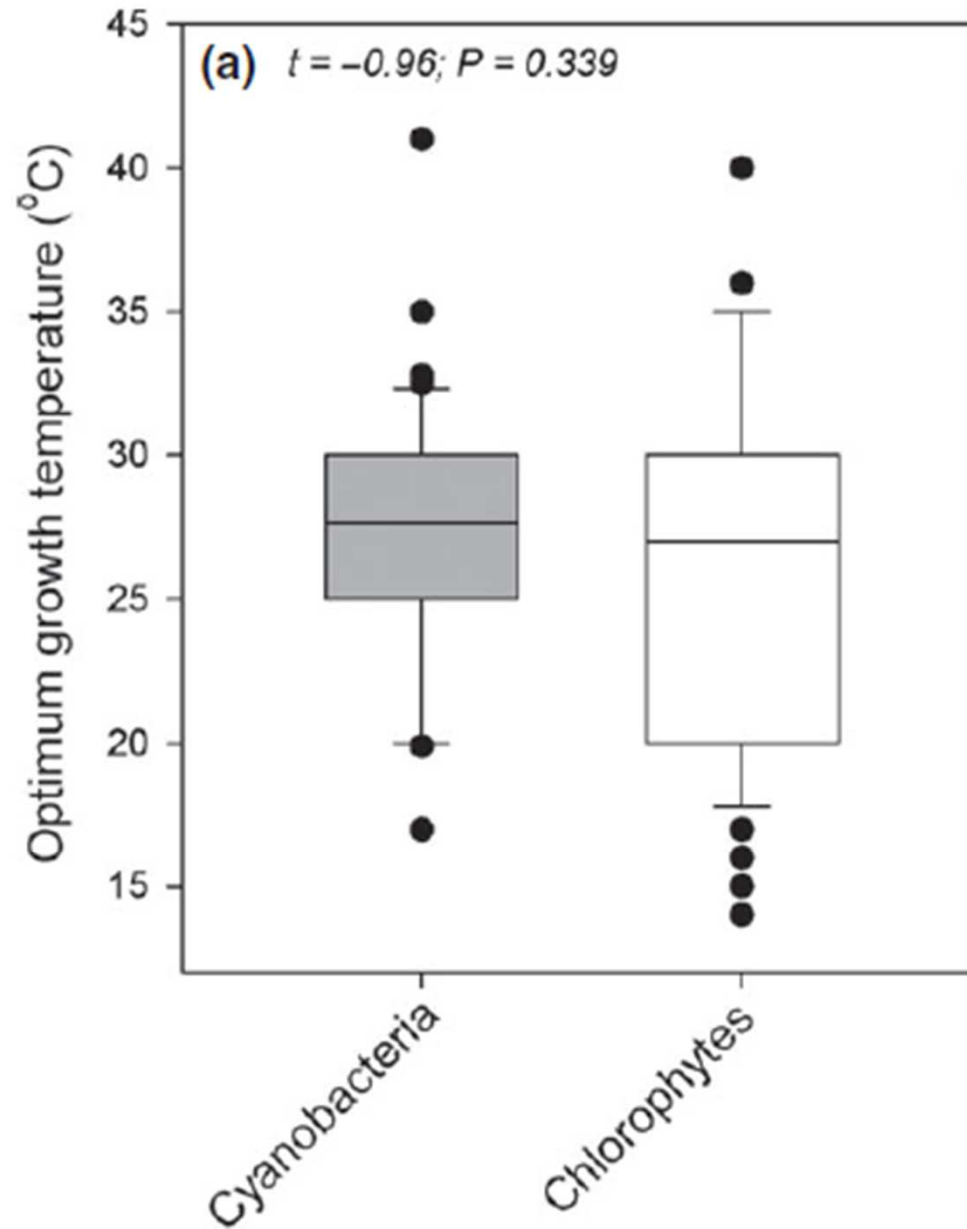
Hay algunas características comunes a los tres grupos de cianobacterias y otras particulares de algún grupo en particular

# Características (Rasgos ecológicos)

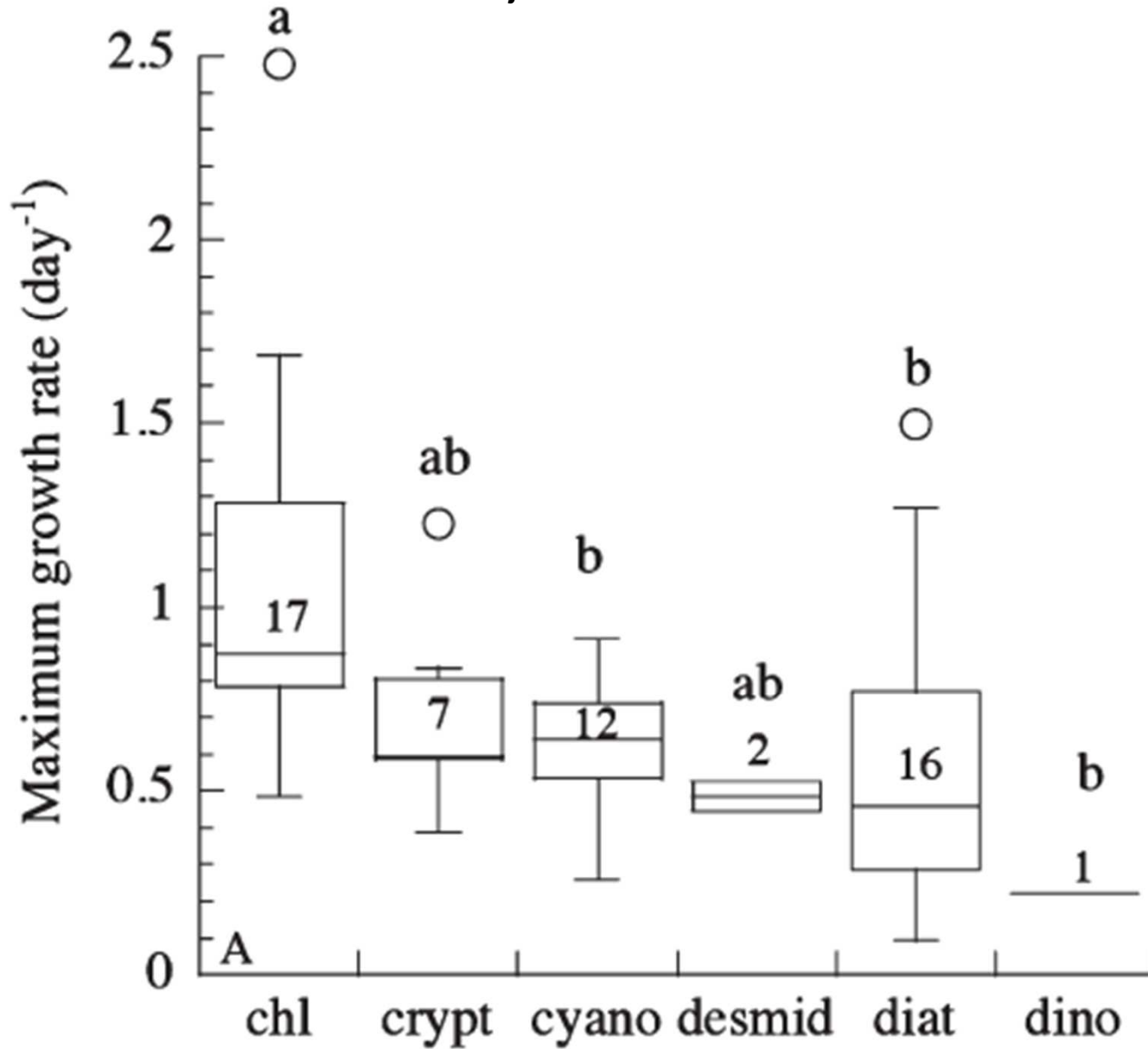
- Alta temperatura óptima de crecimiento
- Baja tasa de crecimiento
- Adaptación a baja cantidad de luz
- Ficocianina: pigmentos azulados (calidad de la luz)
- Vacuolas de Gas: flotación
- Toxicidad y Olor
- Y Solamente en un subgrupo
  - Fijación de nitrógeno en heterocitos
  - Células de resistencia (acinetas)

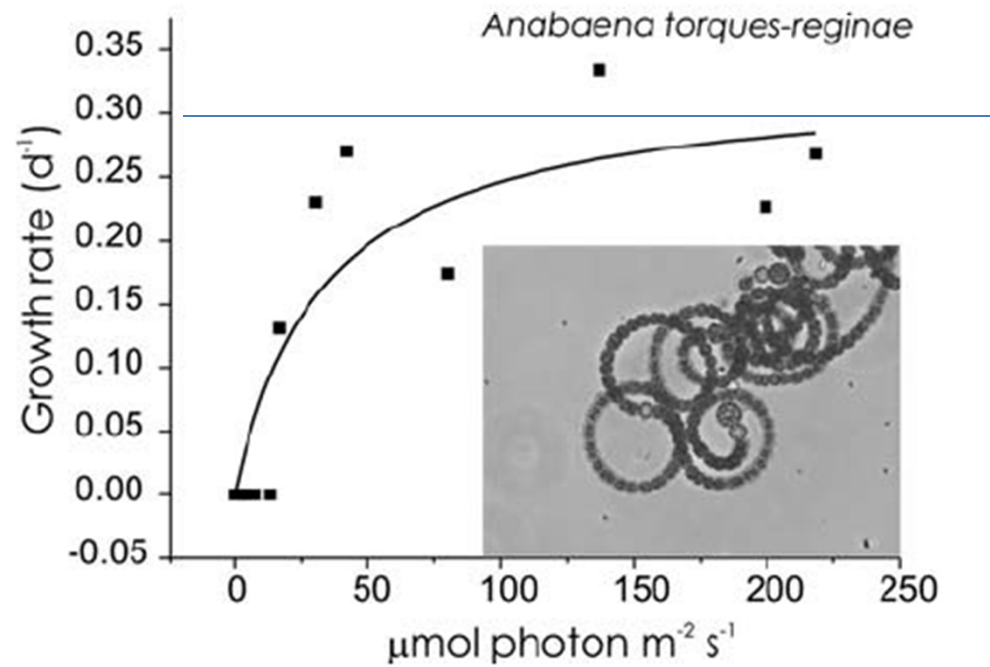
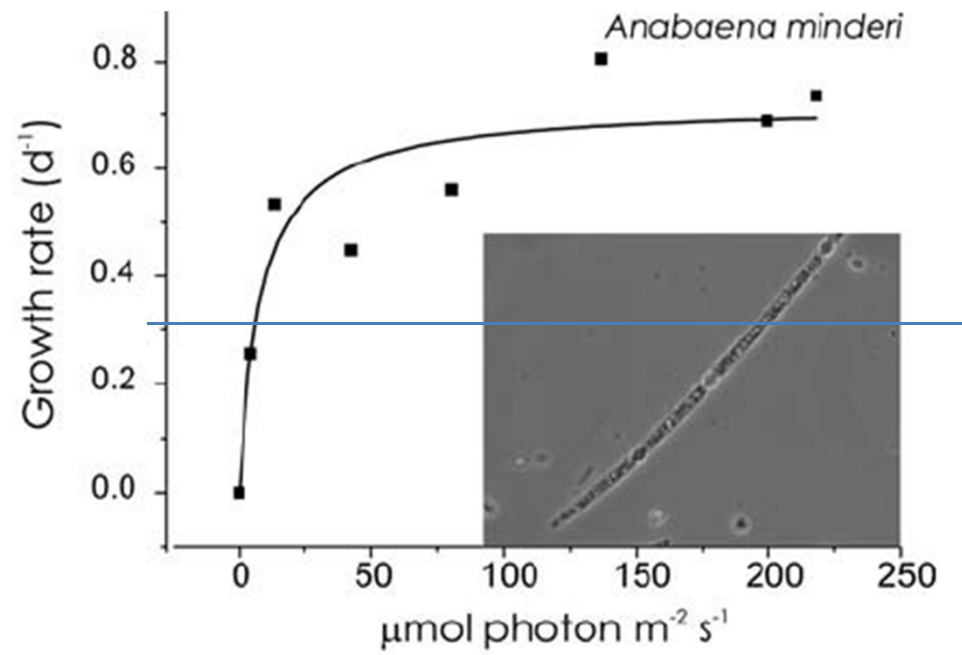


## Alta temperatura optima de crecimiento



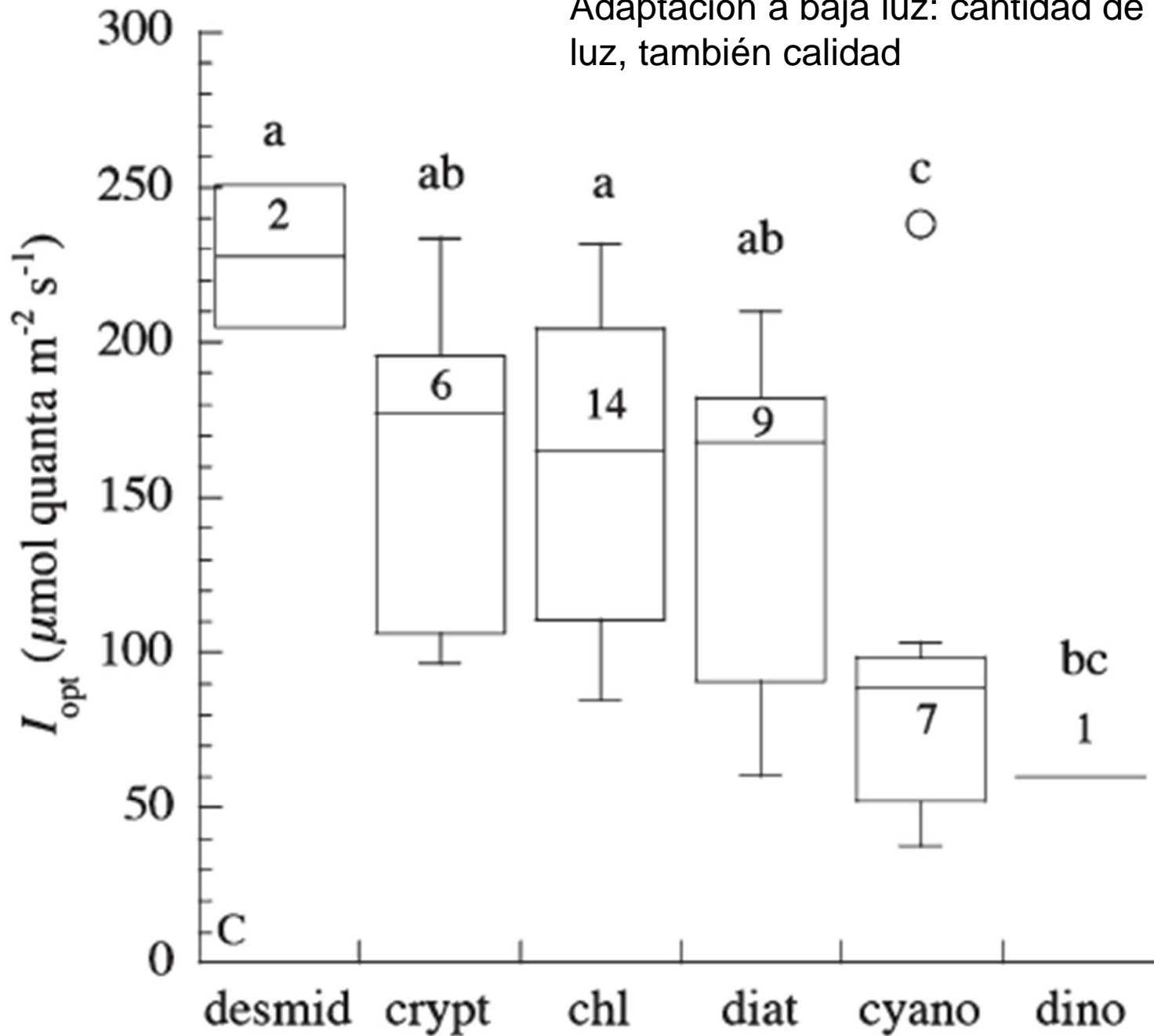
Baja tasa de crecimiento



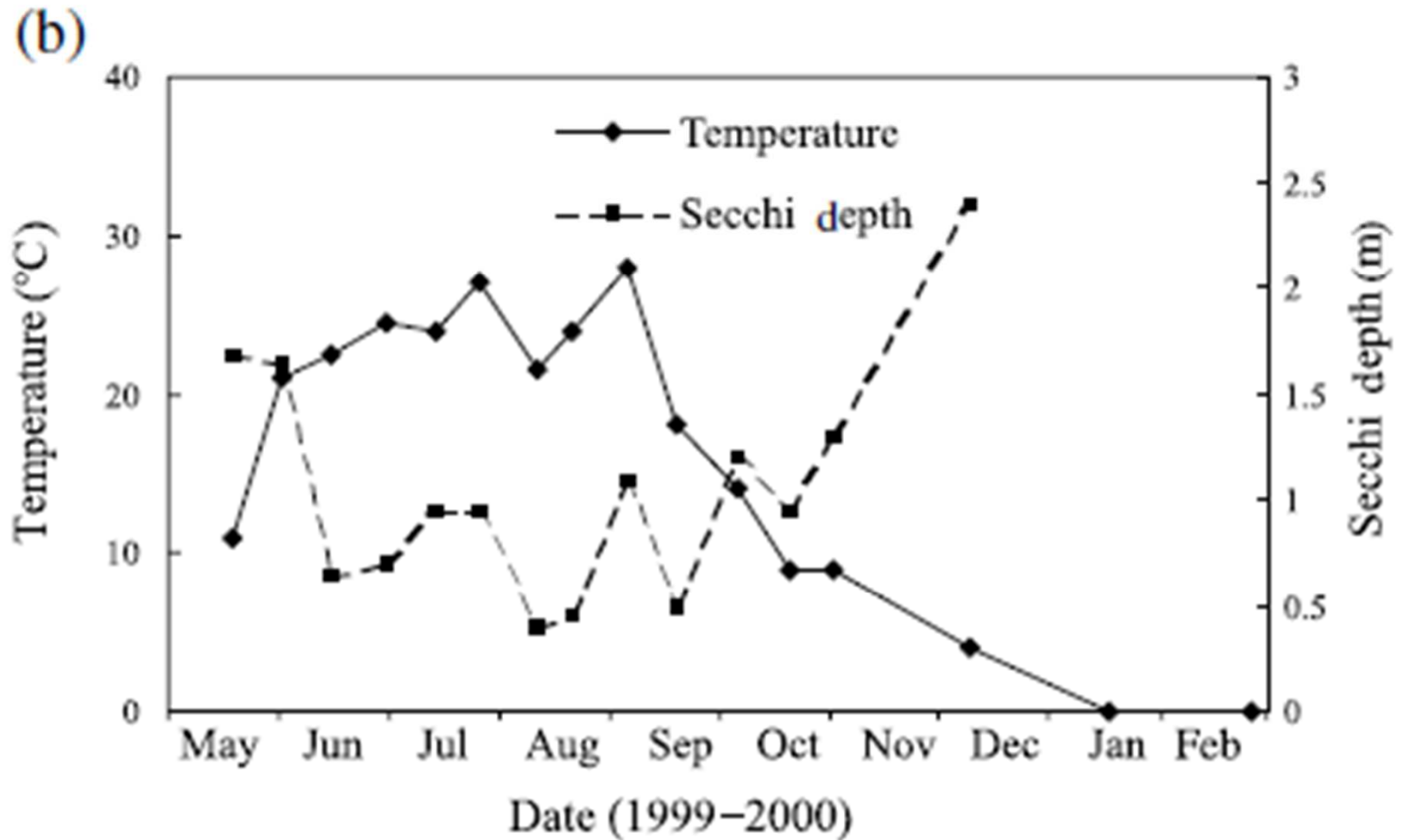


de Tezanos Pinto & Litchman, 2010. Hydrobiologia

Adaptación a baja luz: cantidad de luz, también calidad

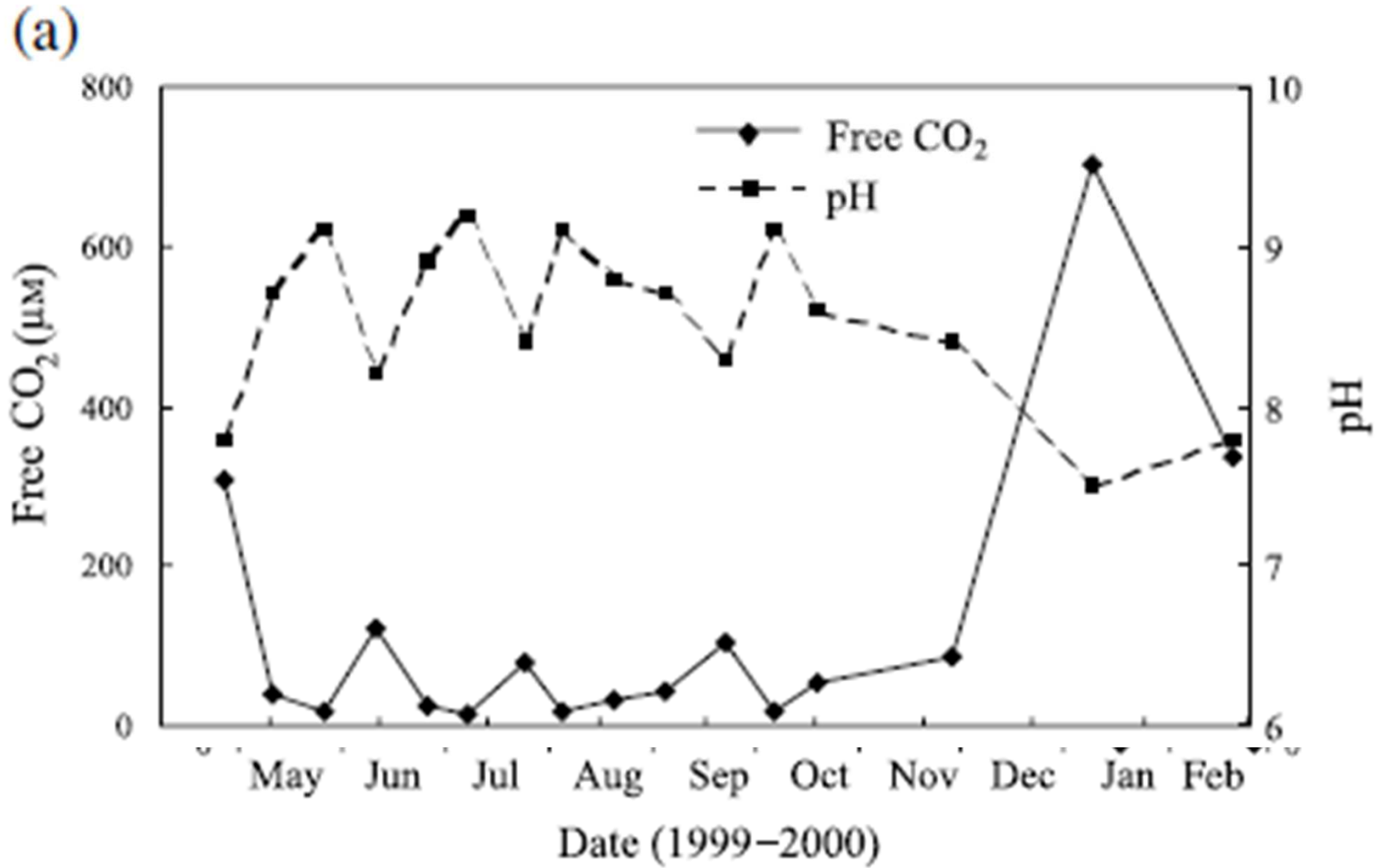


Cuando crecen mucho, la cantidad de luz en el agua disminuye



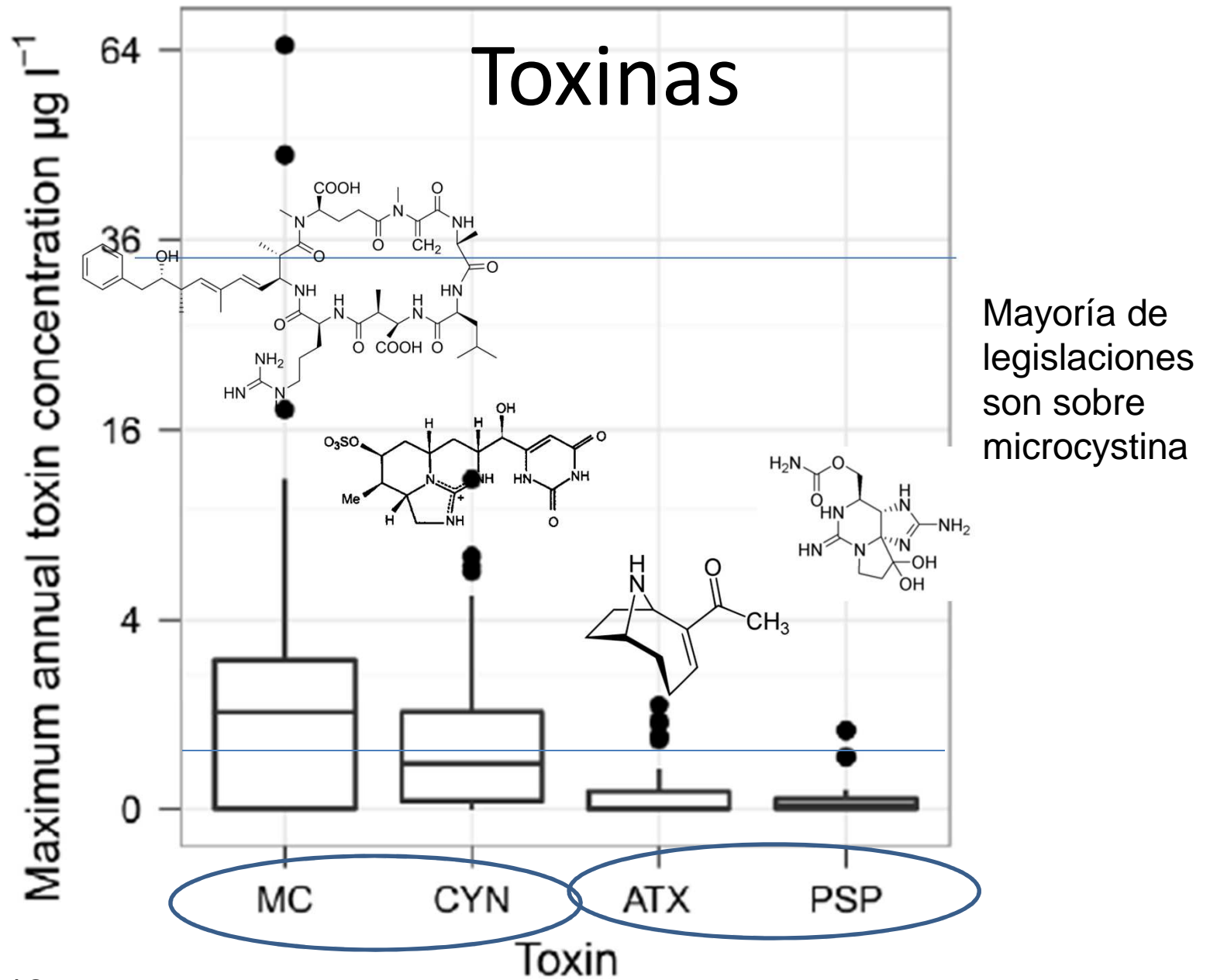


Cuando crecen mucho, el pH aumenta porque el CO<sub>2</sub> es tomado para la fotosíntesis



# Toxicidad

- Función: desconocida, metabolito secundario
- Riesgo sanitario humanos, ganado y mascotas
- Hepatotoxinas, neurotoxinas, moléculas con mucho nitrógeno en su composición
- Algunas especies tienen cepas tóxicas y no tóxicas, que es lo que hace a una cepa tóxica mas exitosa sobre otra no toxica?
- La expresión de las toxinas es plástica



Dolman et al. 2012

**Figure 4. Maximum annual concentrations of four cyanotoxin**

Medir células exclusivamente no es suficiente para inferir toxicidad ya que la toxina es viable en agua, afuera de la célula (lisis)

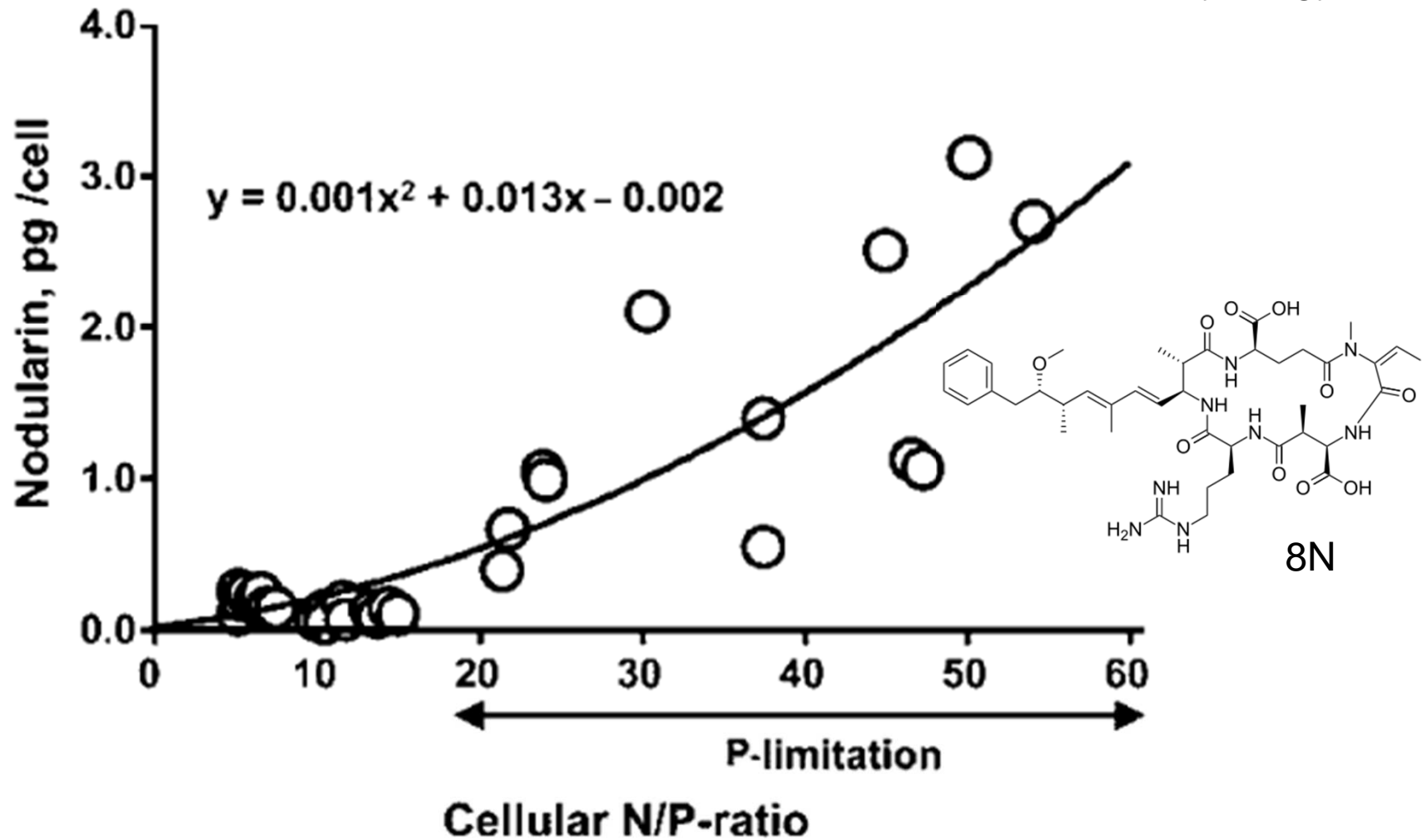
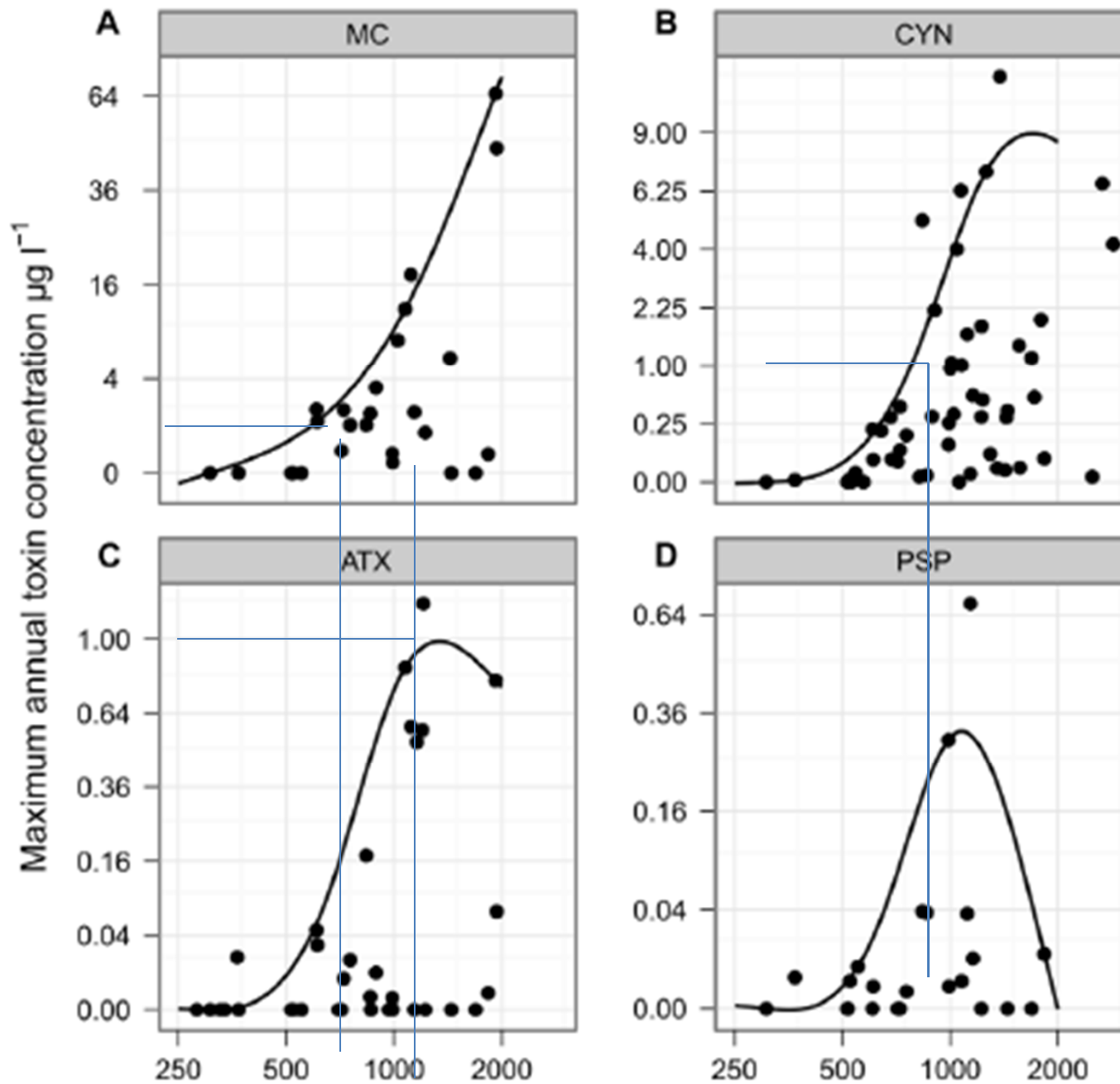
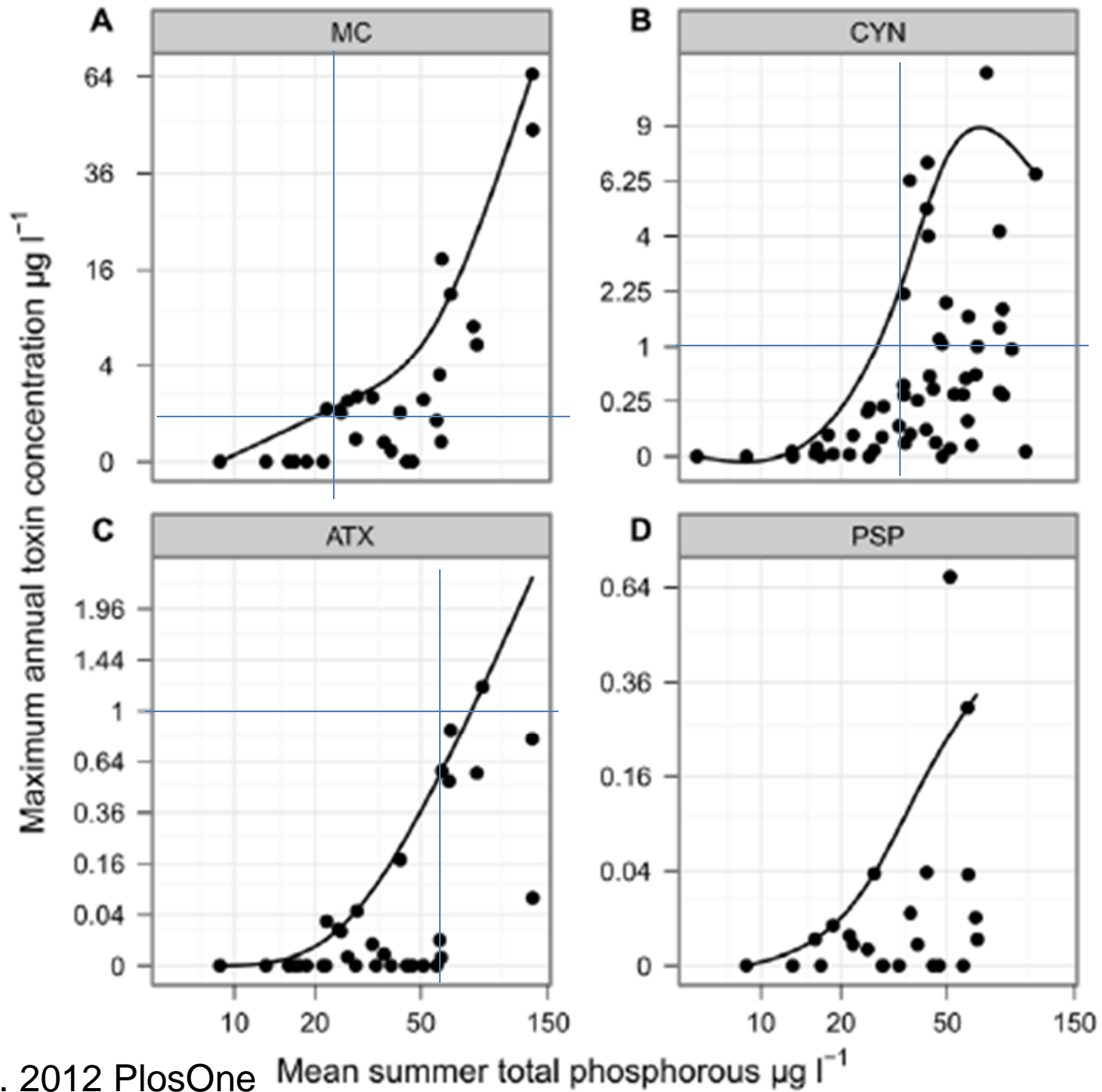


FIG. 2. Relationship between cellular content of toxin (nodularin) and N:P ratio in *Nodularia spumigena* grown in semi-continuous cultures with varying N:P ratios in the culture medium. Data are previously unpublished. *N. spumigena* was grown in





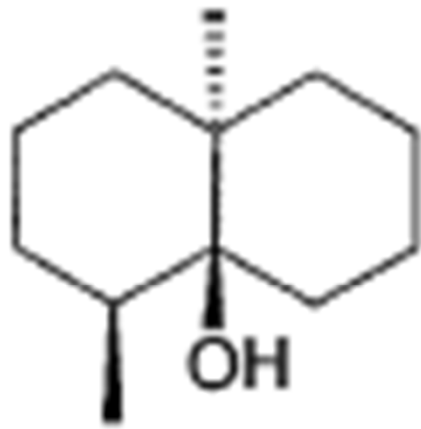
Mean summer total nitrogen  $\mu\text{g l}^{-1}$  Dolman et al. 2012 PlosOne



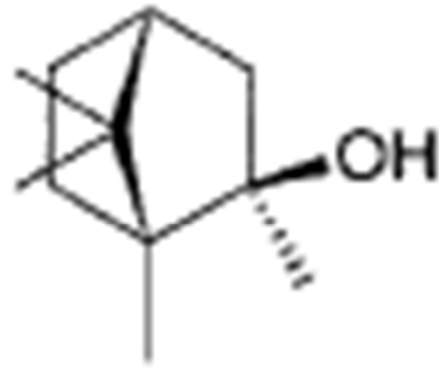
Dolman et al. 2012 PlosOne Mean summer total phosphorous  $\mu\text{g l}^{-1}$

A mayor cantidad de nutrientes  
mayor debería de ser la cantidad  
de toxinas que podrían ocurrir

# Olor y Sabor



(-)-Geosmin



(-)-2-Methylisoborneol

# Olor y Sabor

- Función desconocida
- Olor a Tierra mojada
- Producida por las cianobacterias filamentosas exclusivamente
- Rasgo plástico, puede producirse o no
- Generalmente o producen un compuesto o el otro, raramente los dos en la misma especie
- Desvinculado de la toxicidad
- El olor es percibido como alto riesgo por la población



TABLE 2. Cyanobacteria producing geosmin (GE) and 2-MIB, listed by current taxonomic names, past syn

Taxon	Synonym	Habitat <sup>b</sup>	Production (+) of:	
			GE	2-MIB
<i>Geitlerinema splendidum</i>	<i>Oscillatoria splendida</i>	BEN	+	
<i>Jaaginema geminatum</i>	<i>Oscillatoria geminata</i>	BEN		+
<i>Leibleinia subtilis</i>	<i>Lyngbya subtilis</i>	BEN	+	
<i>Lyngbya aestuarii</i>		BEN		+
<i>Oscillatoria curviceps</i>		BEN		+
<i>Oscillatoria tenuis</i> var. <i>levis</i>		BEN		+
<i>Oscillatoria variabilis</i>		BEN		+
<i>Phormidium allorgei</i>	<i>Lyngbya allorgei</i>	BEN	+	
<i>Phormidium amoenum</i>	<i>Oscillatoria amoena</i>	BEN	+	
<i>Phormidium breve</i>	<i>Oscillatoria brevis</i>	BEN	+	+
<i>Phormidium chalybeum</i>	<i>Oscillatoria chalybea</i>	BEN		+
<i>Phormidium cortianum</i>	<i>Oscillatoria cortiana</i>	BEN	+	
<i>Phormidium favosum</i>		BEN		+
<i>Phormidium formosum</i>	<i>Oscillatoria formosa</i>	BEN	+	
<i>Phormidium</i> strain LM689		BEN		+
<i>Phormidium simplissimum</i>	<i>Oscillatoria simplicissima</i>	BEN	+	
<i>Phormidium</i> sp. strain NIVA 51		BEN	+	+
<i>Phormidium tenue</i>	<i>Oscillatoria tenuis</i>	BEN		+
<i>Phormidium uncinatum</i>		BEN	+	
<i>Phormidium viscosum</i>		BEN	+	
<i>Planktothrix prolifica</i>	<i>Oscillatoria prolifica</i>	BEN	+	
<i>Porphyrosiphon martensianus</i>	<i>Lyngbya martensiana</i>	BEN		+
<i>Symplocastrum mülleri</i>	<i>Schizothrix mülleri</i>	BEN	+	
<i>Tychonema bometii</i>	<i>Oscillatoria bometii</i>	BEN	+	
<i>Tychonema granulatum</i>	<i>Oscillatoria</i> f. <i>granulata</i>	BEN	+	+

Especie

Ambiente GE 2MIB

<i>Anabaena circinalis</i>		PL	+	
<i>Anabaena crassa</i>		PL	+	
<i>Anabaena lemmermannii</i>		PL	+	
<i>Anabaena macrospora</i>		PL	+	
<i>Anabaena solitaria</i>		PL	+	
<i>Anabaena viguieri</i>		PL	+	
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>		PL	+	
<i>Aphanizomenon gracile</i>		PL	+	
<i>Oscillatoria limosa</i>		PL		+
<i>Planktothrix agardhii</i>	<i>Oscillatoria agardhii</i>	PL	+	+
<i>Planktothrix cryptovaginata</i>	<i>Lyngbya cryptovaginata</i>	PL		+
<i>Planktothrix perornata</i>	<i>Oscillatoria perornata</i>	PL		+
<i>Planktothrix perornata</i> var. <i>attenuata</i>	<i>Oscillatoria perornata</i> var. <i>attenuata</i>	PL		+
<i>Pseudanabaena catenata</i>		PL	+	+
<i>Pseudanabaena limnetica</i>	<i>Oscillatoria limnetica</i>	PL		+
<i>Symploca muscorum</i>		SL	+	

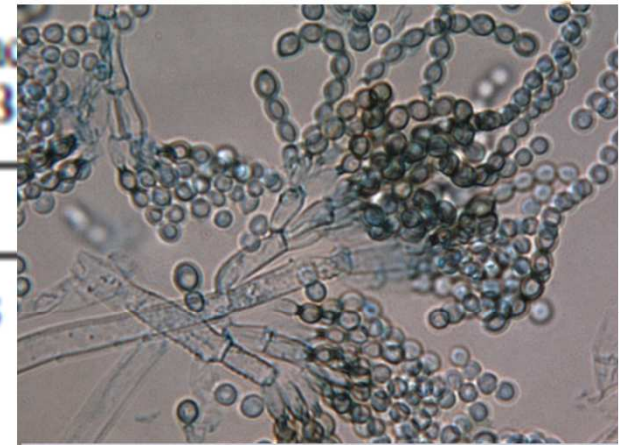
---

*Cylindrospemopsis*, 2MIB

Nostocales generalmente tienen GE mientras que las no fijadoras tienen 2MIB

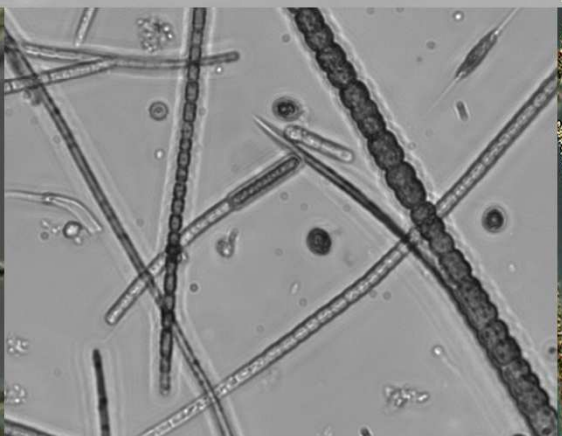
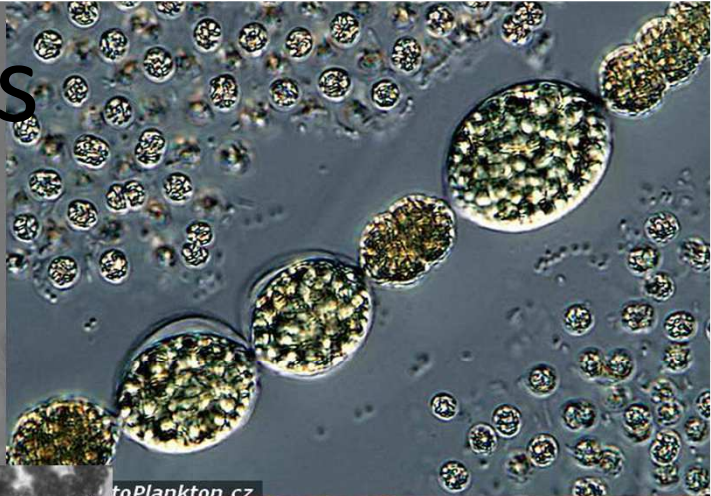
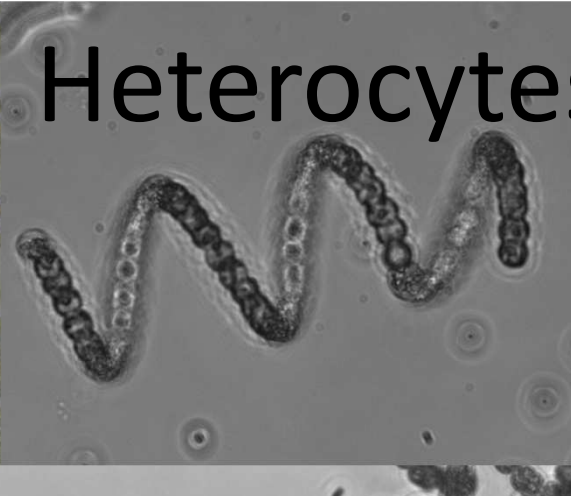
TABLE 1. Actinomycetes and other noncyanobacteria produce geosmin (GE) and 2-MIB

VOC(s)	Taxon
2-MIB, GE	<i>Penicillium</i> and <i>Aspergillus</i> species
GE	<i>P. expansum</i>
GE	<i>Streptomyces albidoflavus</i>
GE	<i>S. avermitilis</i>
GE	<i>S. citreus</i>
GE	<i>S. griseus</i>
GE, 2-MIB	<i>S. griseofuscus</i>
GE	<i>S. halstedii</i>
GE	<i>S. psammoticus</i>
GE	<i>S. tendae</i>
GE, 2-MIB	<i>S. violaceusniger</i>
GE, MIB	<i>Streptomyces</i> spp.
GE	<i>Symphyogyna brongniartii</i> (liverwort)
GE	<i>Vannella</i> sp. (heterotrophic amoeba)

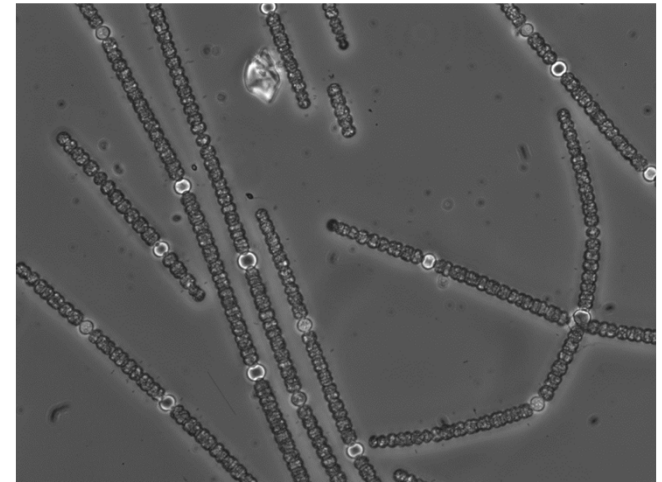




# Heterocytes



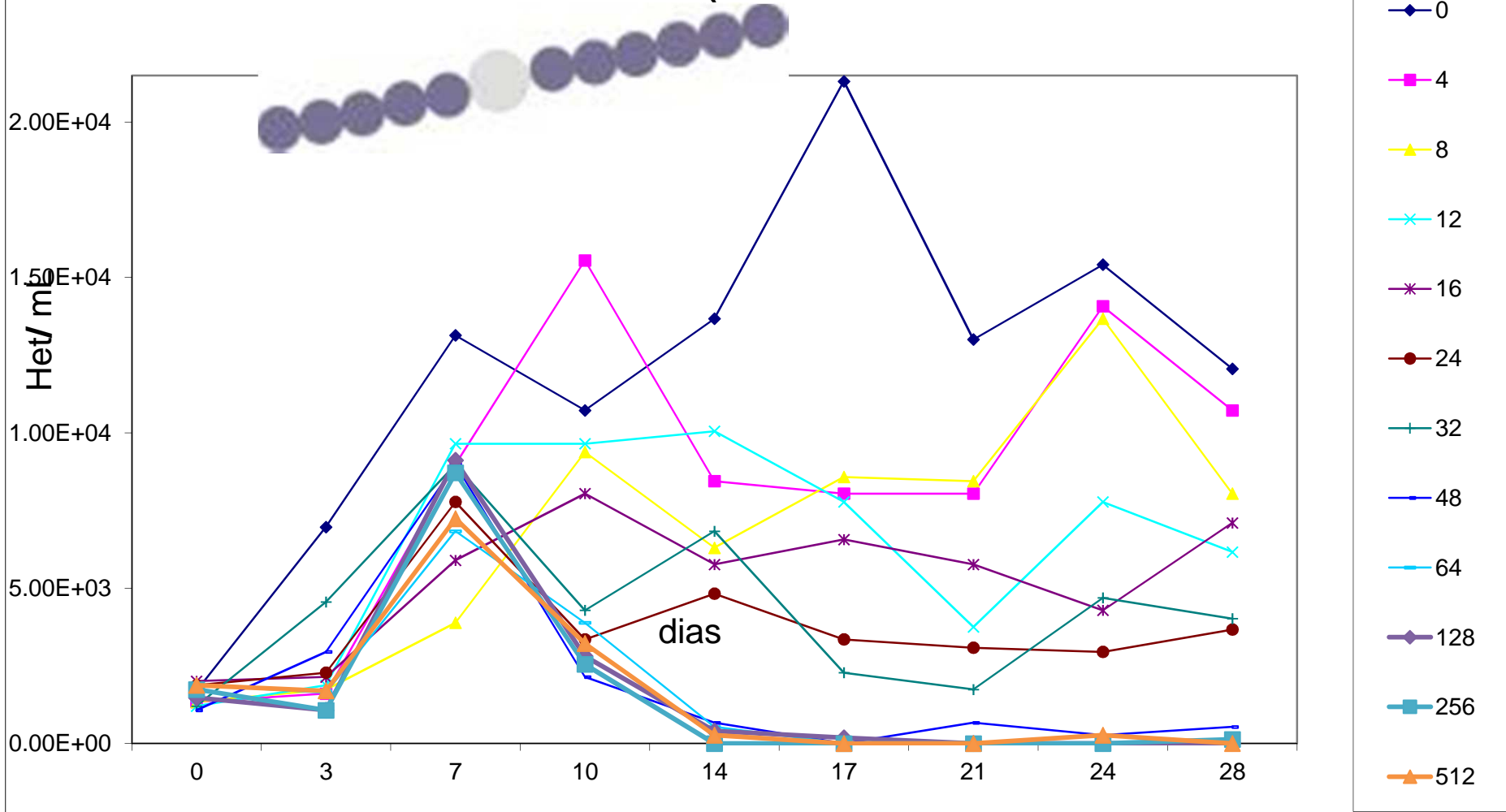
# Heterocytes

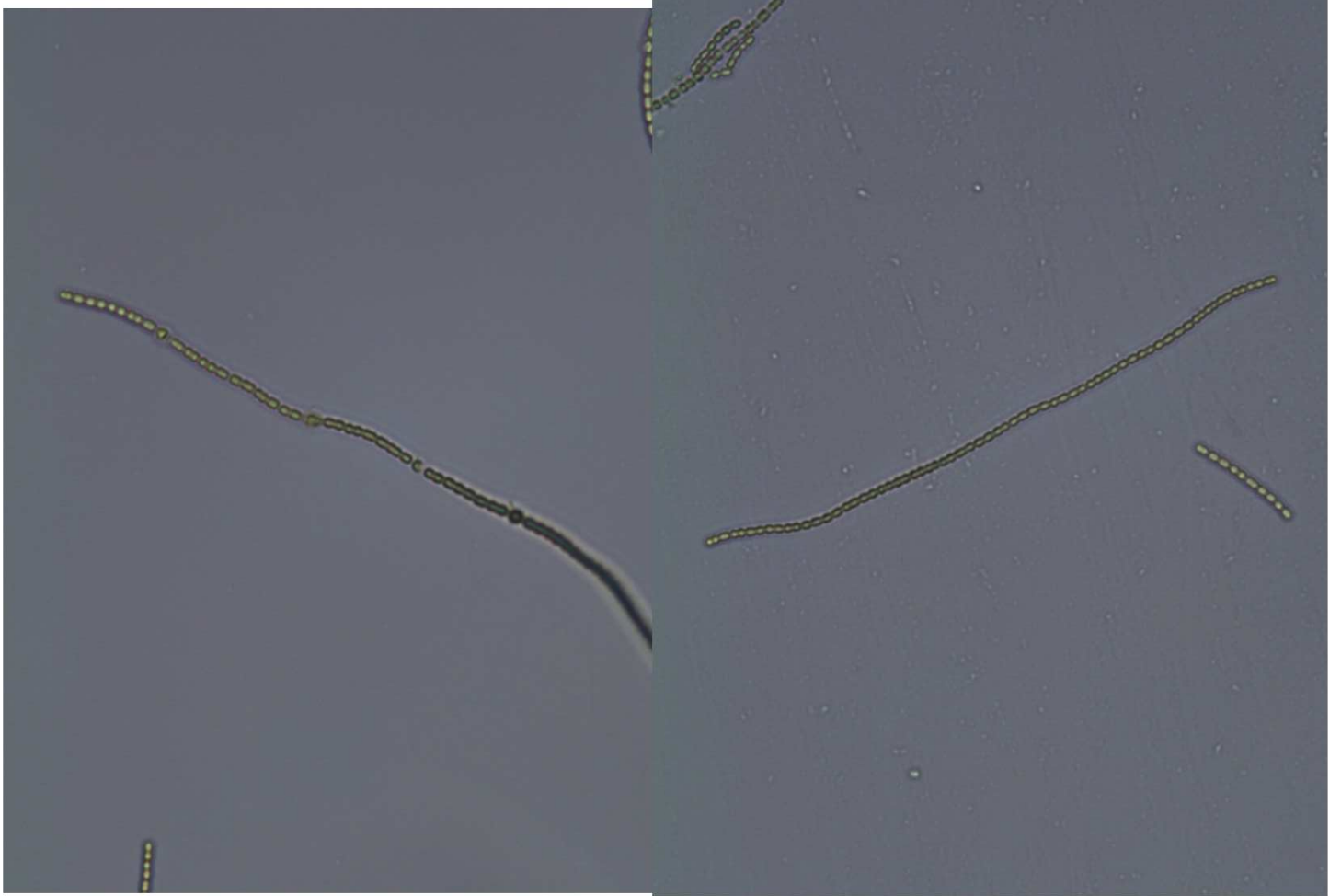


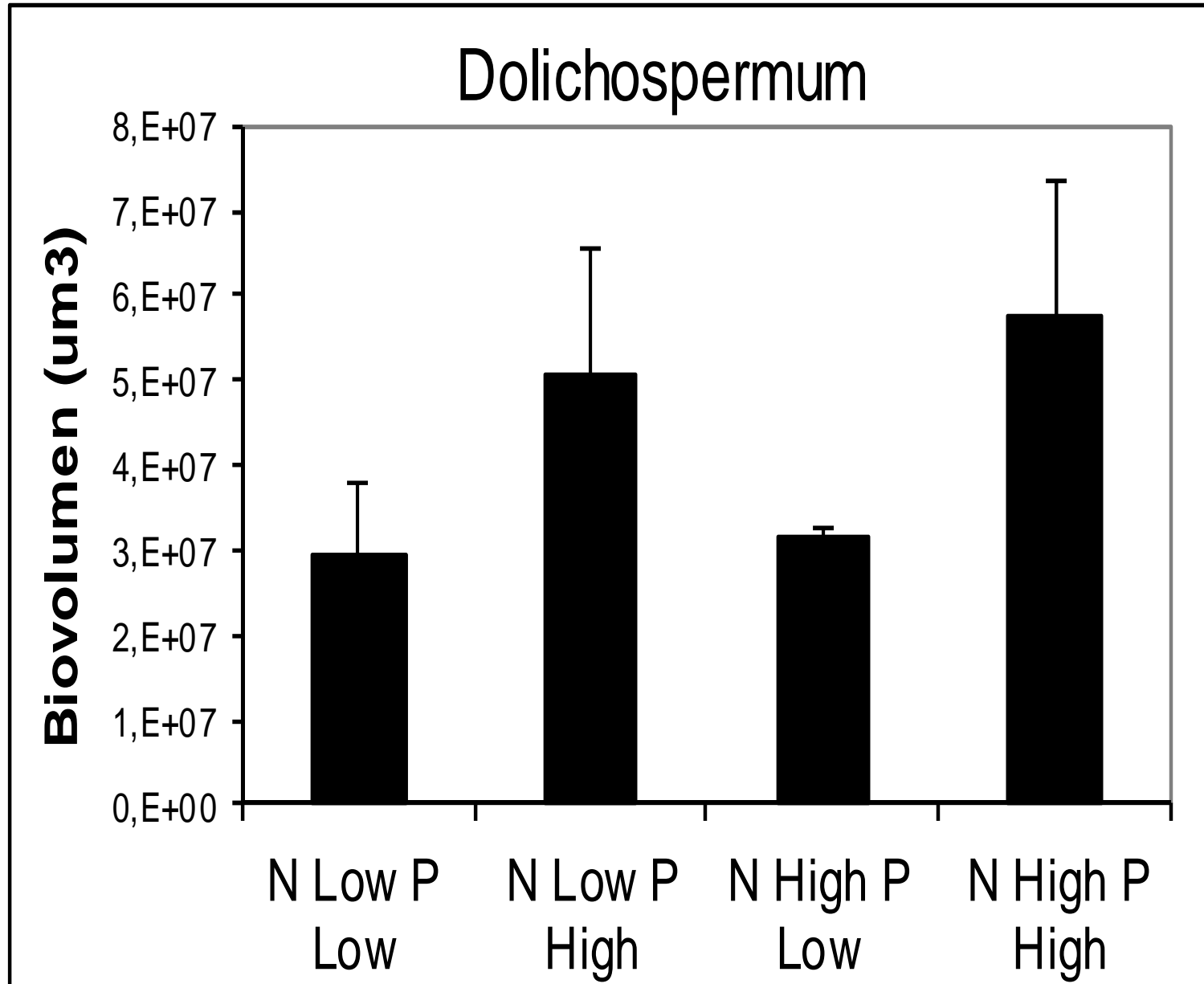
- Function: nitrogen fixation
- Monophyletic within nostocales
- Plastic trait
- Triggers: Usually low DIN (not exclusively) and low TN
- Costs: growth, phosphorus requirements

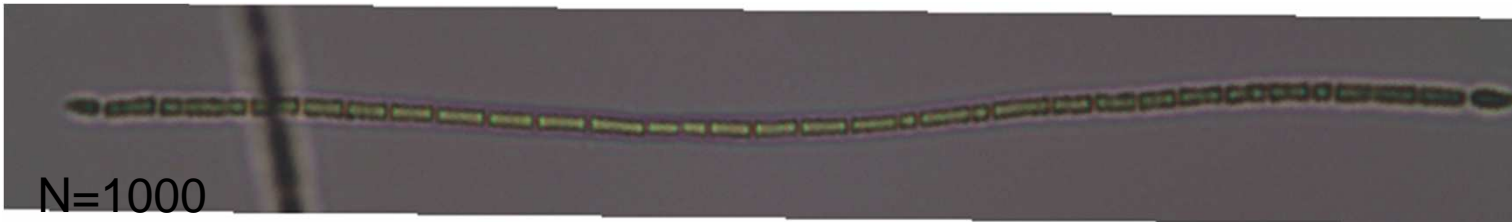
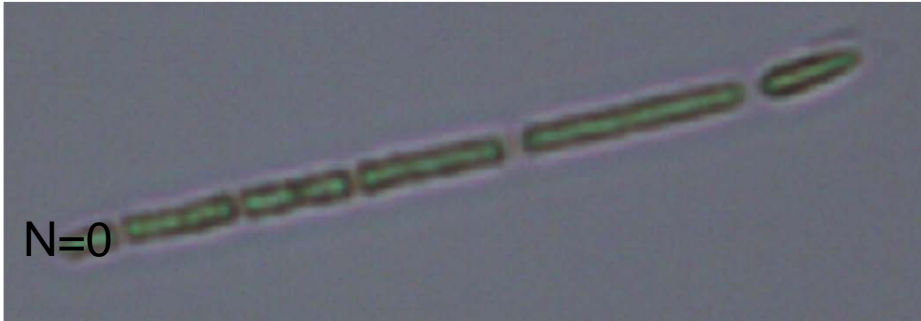
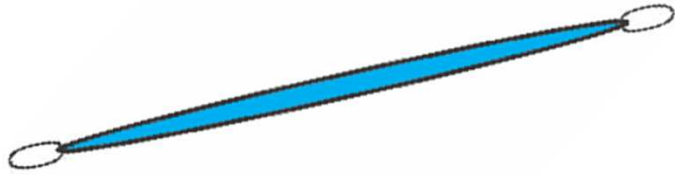


### Densidad de heterocistes (# heterocistes/ml)

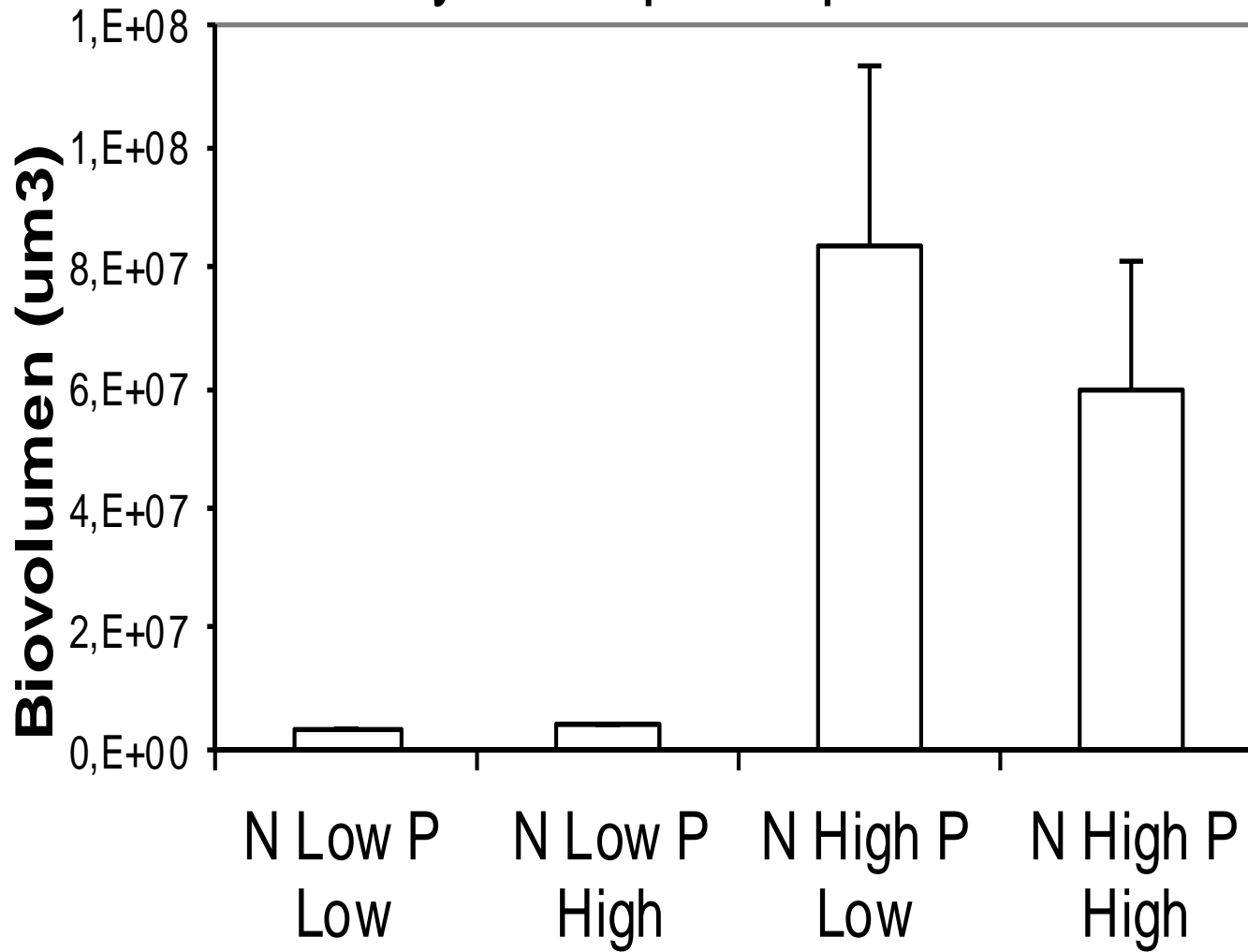




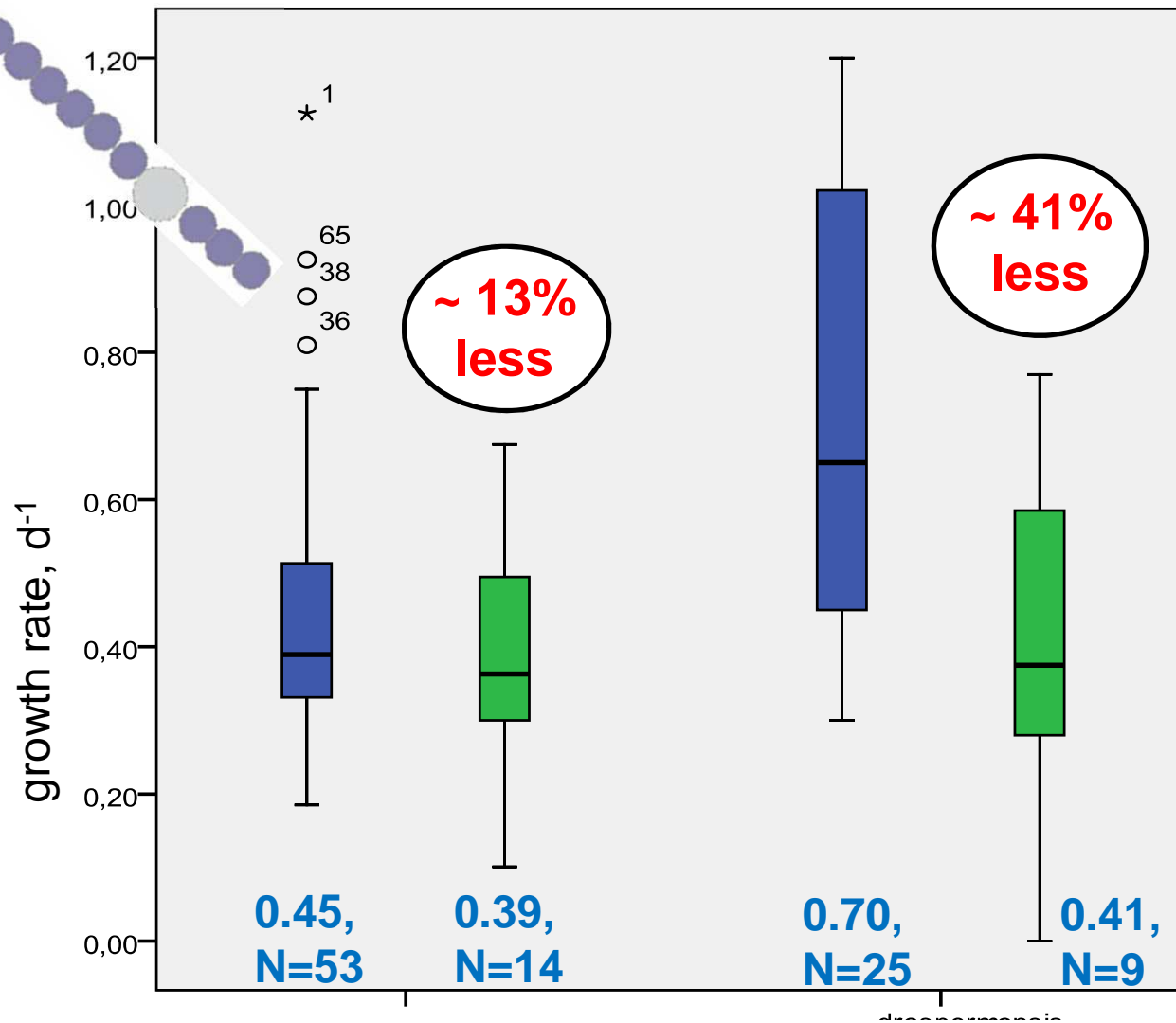




# Cylindrospermopsis



# HETEROCITOS Recopilación bibliográfica, trade off fijación



## Heterocitos intercalares

*Dolichospermum, Aphanizomenon, Anabaenopsis elenkinii, Nodularia spumigena y Sphaerospermopsis torques-reginae*

## Heterocito terminal

*Cylindrospermopsis raciborskii*

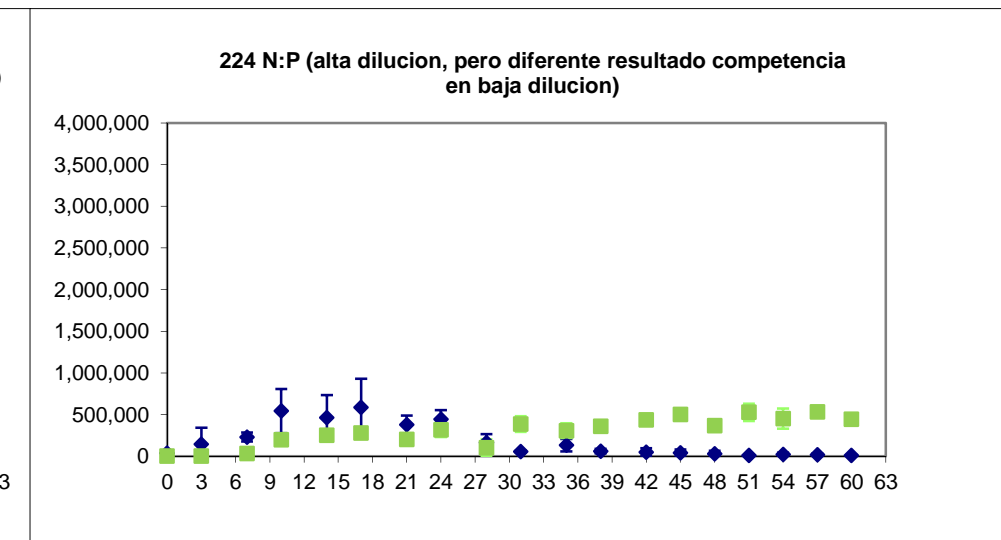
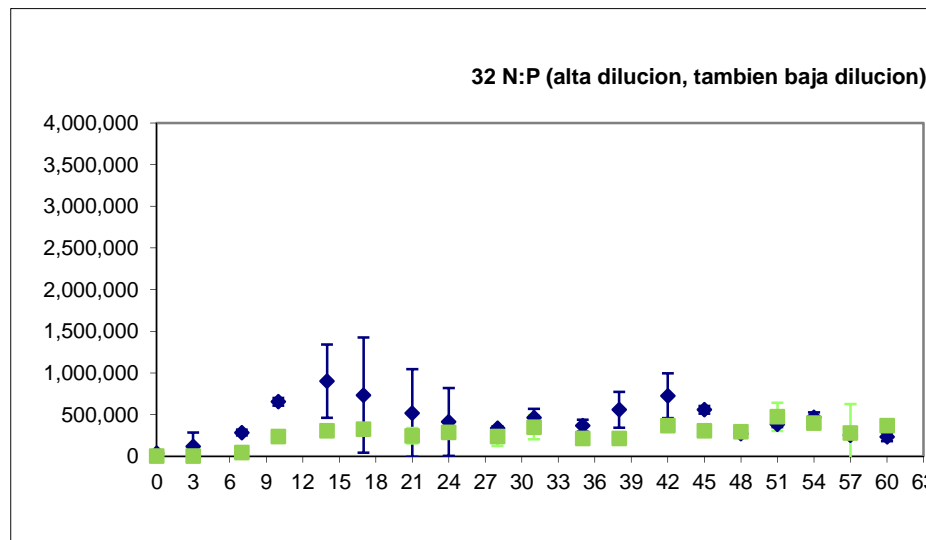
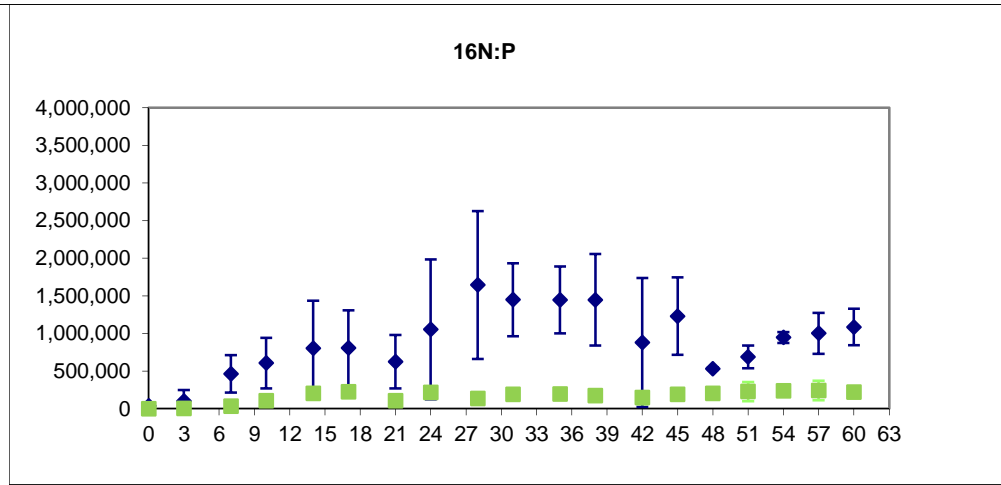
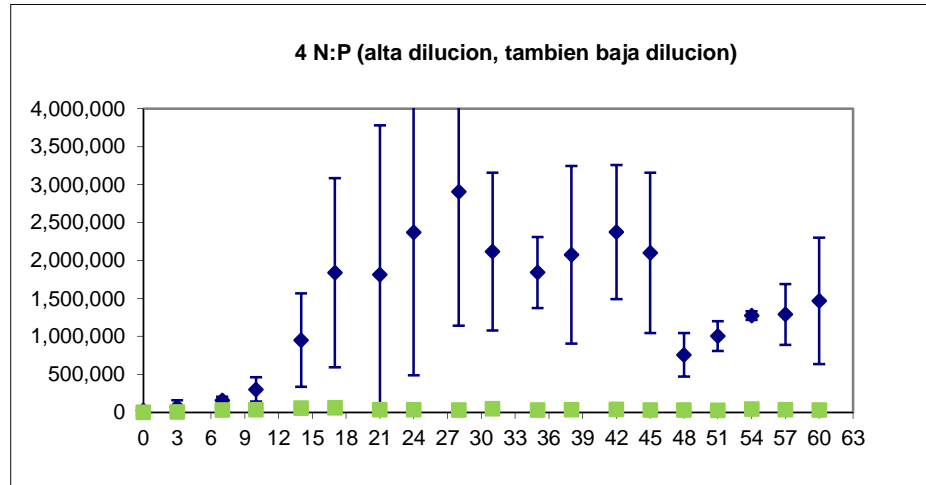


# La fijación del N asegura la formación de una floración?

- **Experimentos** de laboratorio a escala de:
  - COMUNIDADES: COMPETENCIA:
    - 2 especies (N:P)
    - 11 especies (N:P y luz)
    - Toda la comunidad



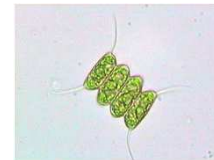
La jerarquía de la competencia vario dependiendo de la relación N:P aportada en el medio (cel/mL)



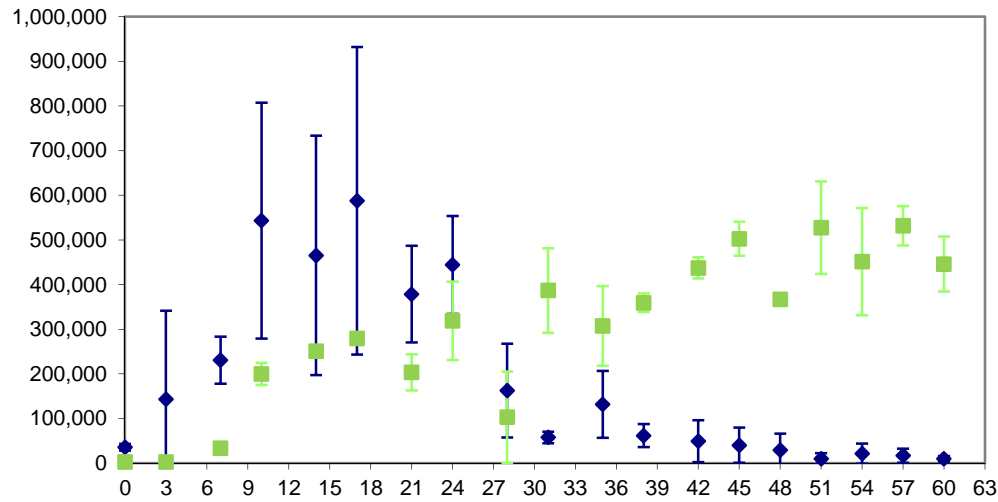
■ Anabaena



■ Scenedesmus



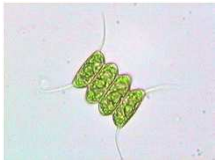
### 224 N:P Dilucion: 0.3 d<sup>-1</sup>



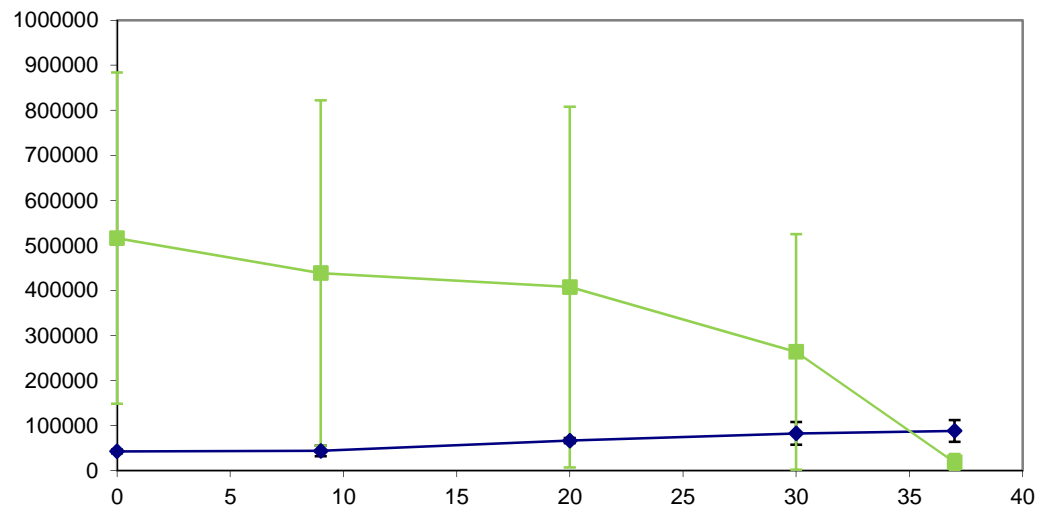
■ Anabaena



■ Scenedesmus



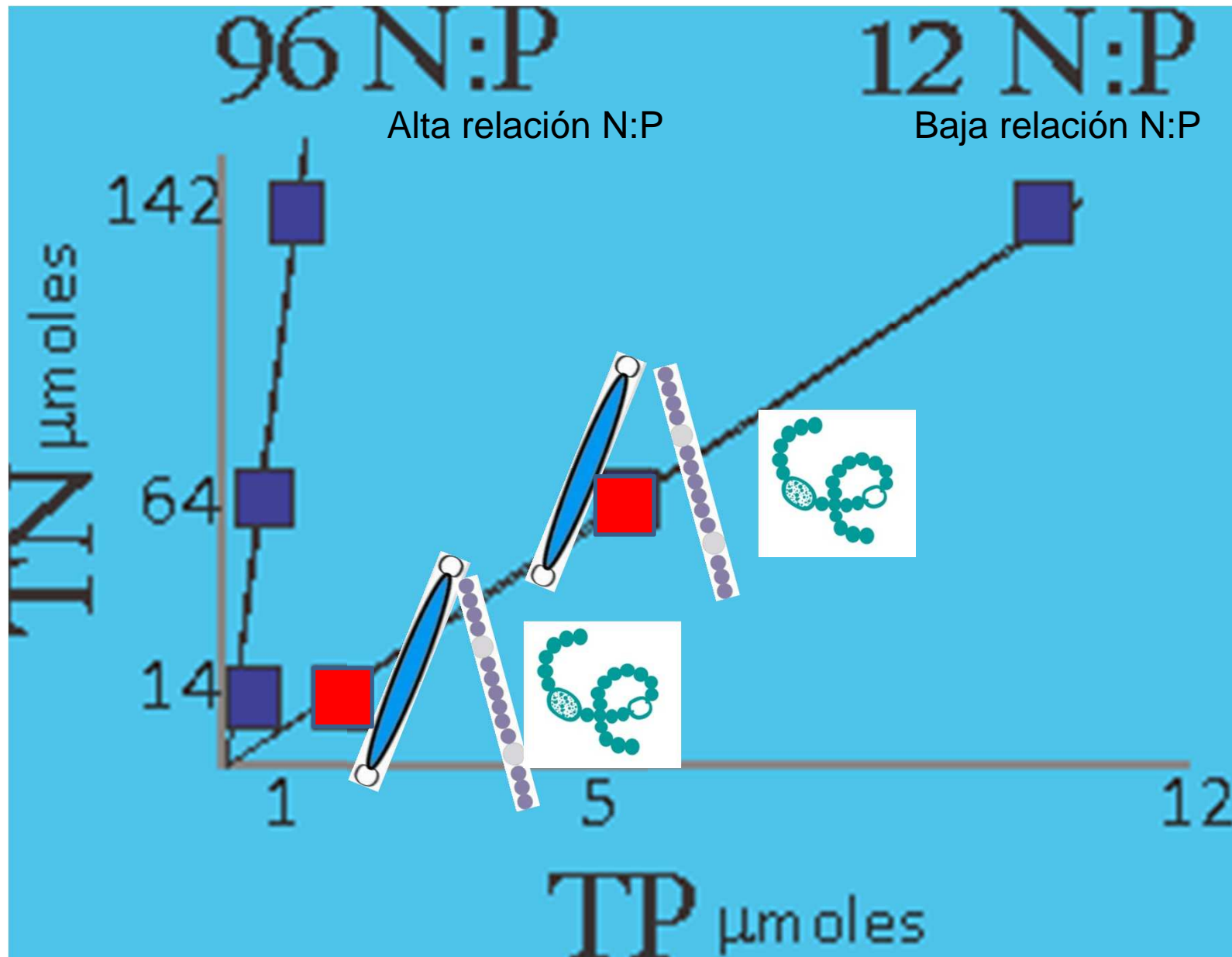
### 224 N:P Dilucion: 0.2 d<sup>-1</sup>



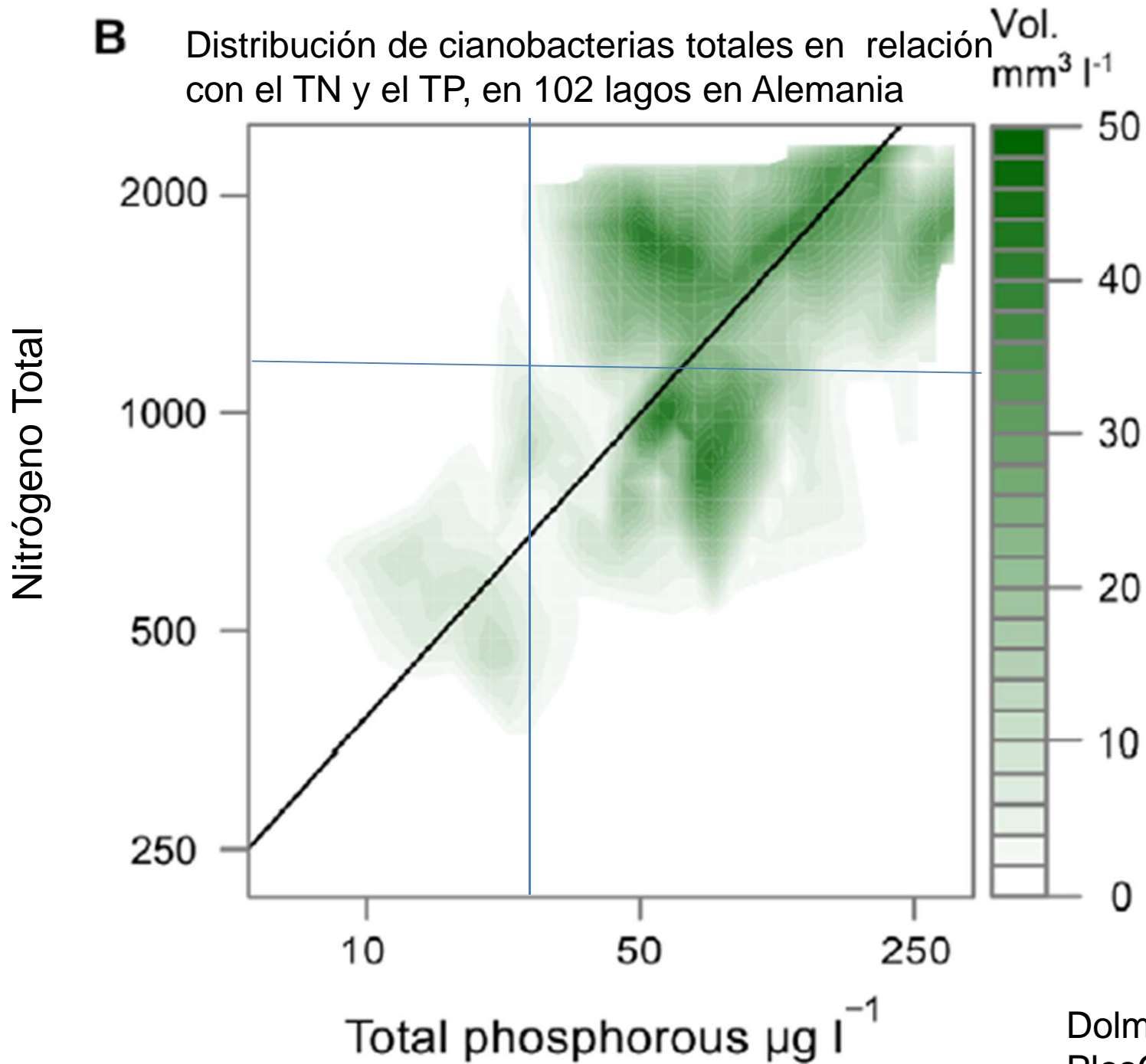
*Anabaena* comportándose como no fijadora, las floraciones son menos persistentes que cuando fijan nitrógeno

**Connotaciones para mayor tiempo residencia**

Que pensamos nosotros, basándonos en nuestros experimentos previos: ambos importan

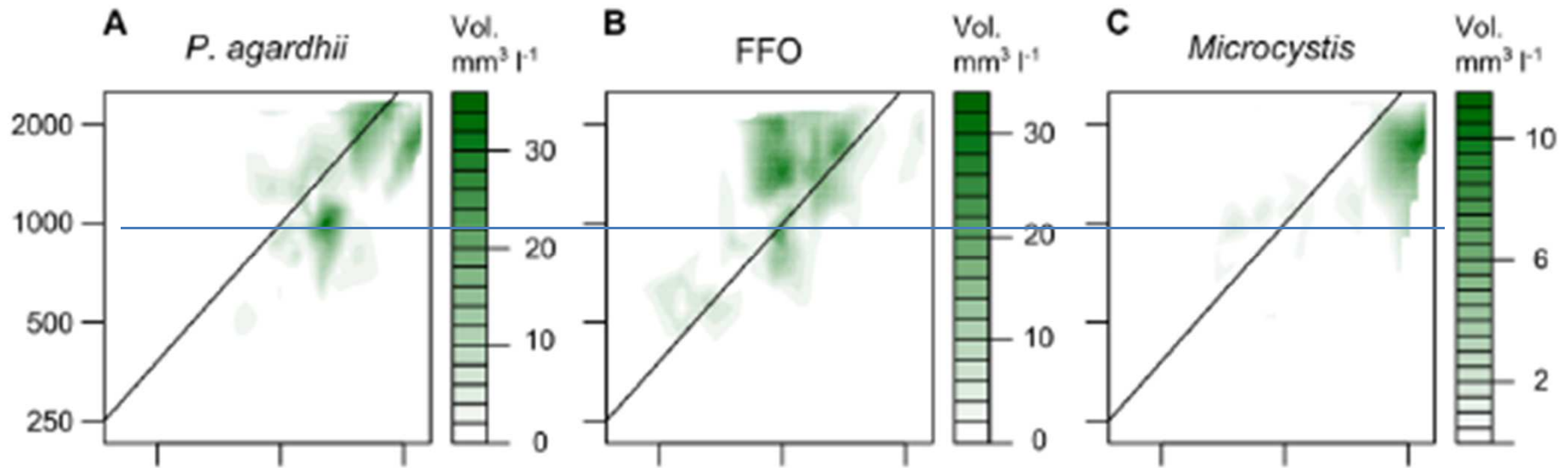


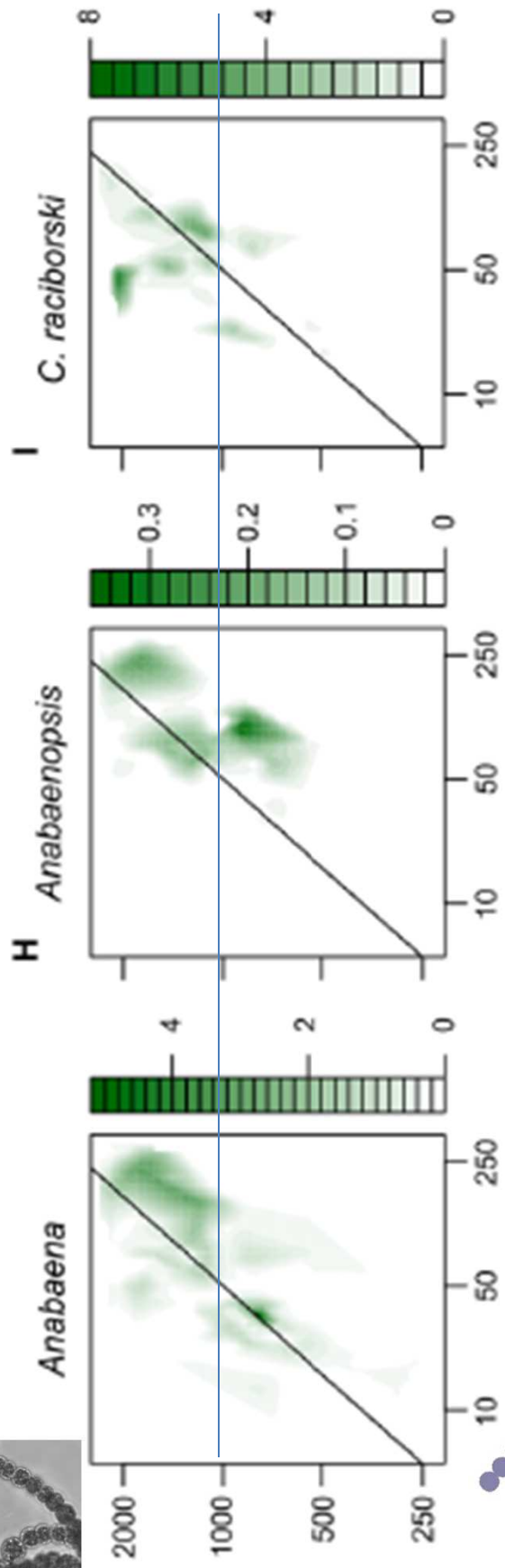
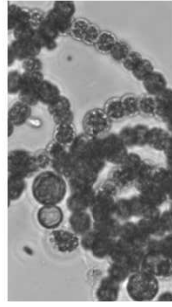
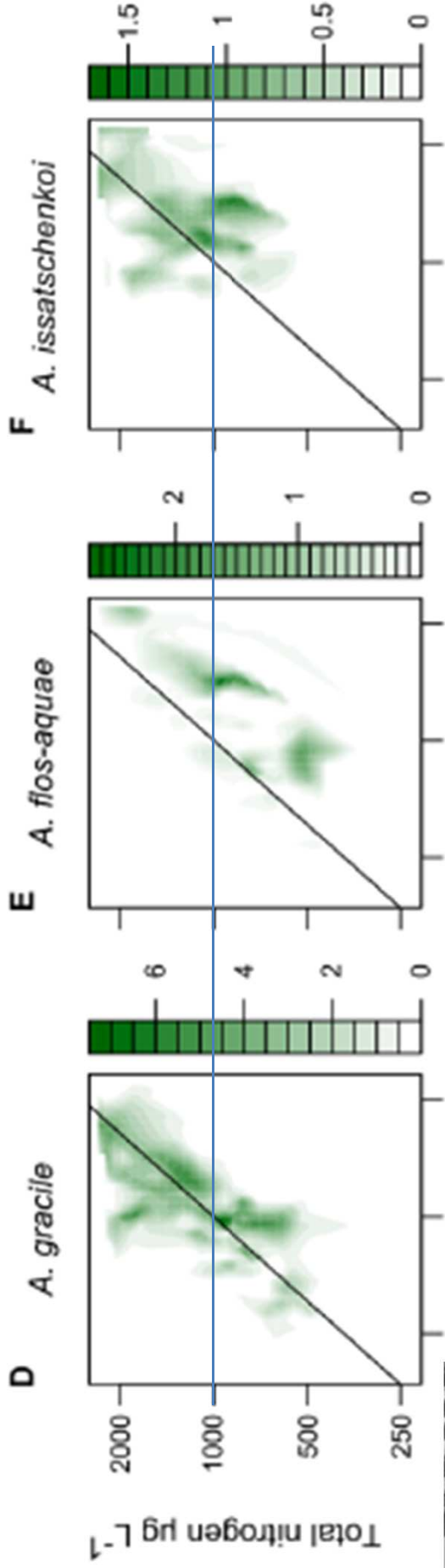
**B** Distribución de cianobacterias totales en relación con el TN y el TP, en 102 lagos en Alemania



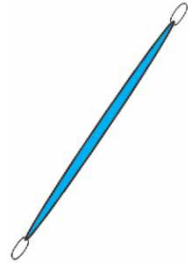
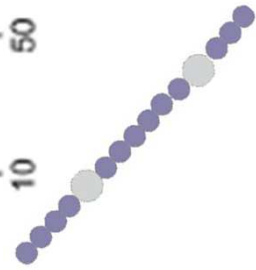
Pero si bien las cianobacterias  
comparten características  
similares... no todas las  
cianobacterias son iguales!!!!!!!, ni  
se comportan iguales

# Todas no fijadoras



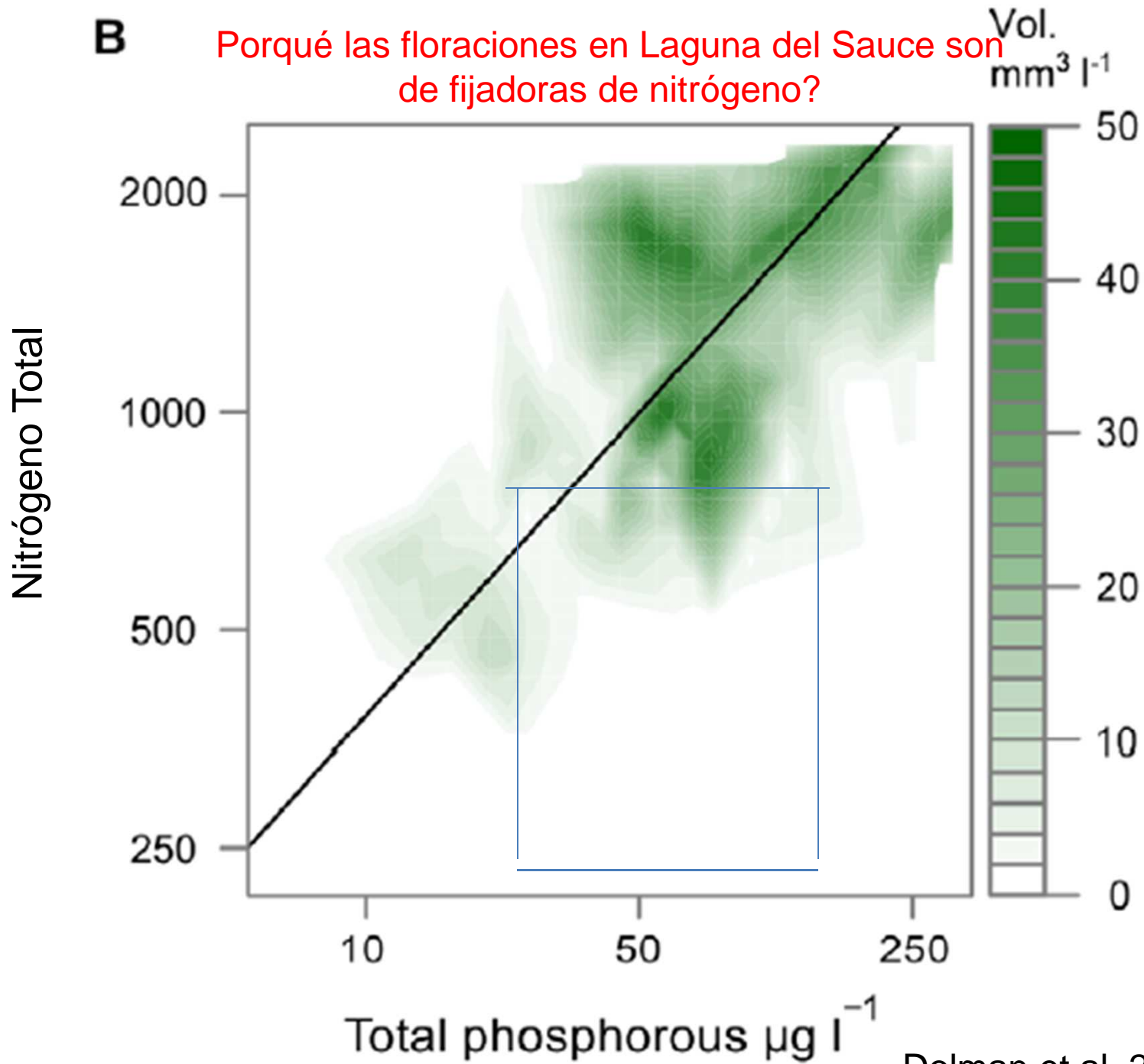


Total phosphorous  $\mu\text{g L}^{-1}$



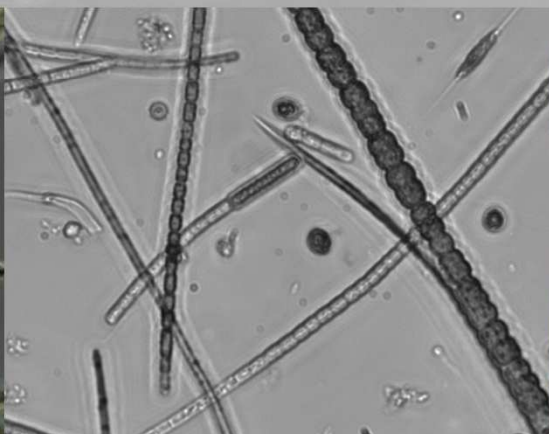
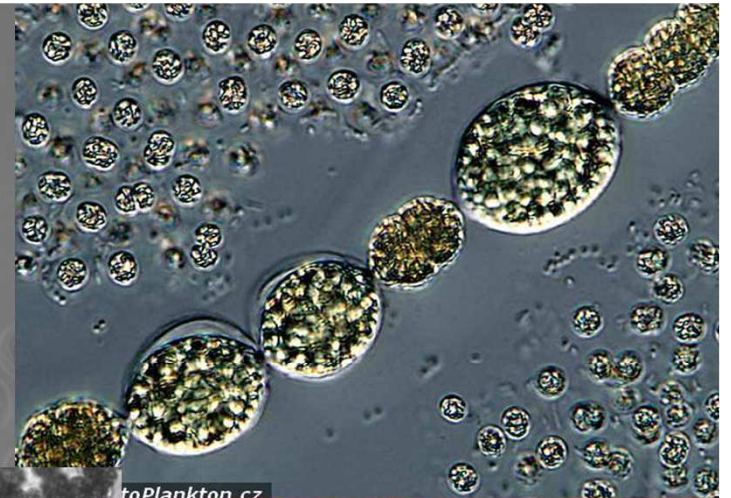
**B**

Porqué las floraciones en Laguna del Sauce son de fijadoras de nitrógeno?





# Akinetes



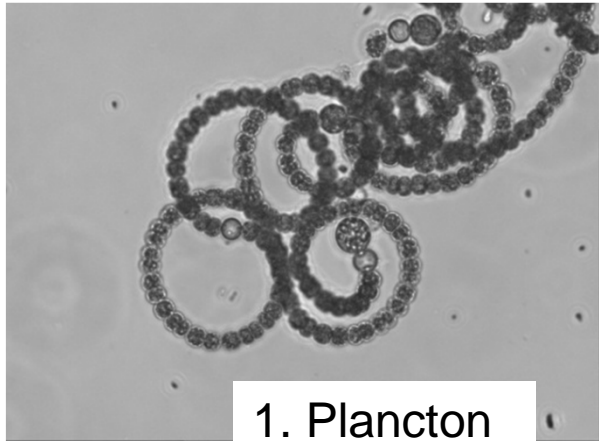


# Acinetas

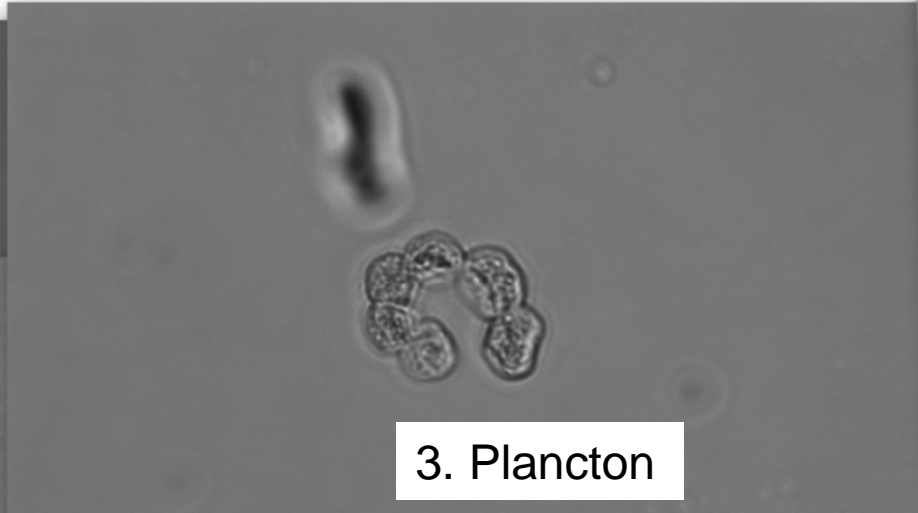
- Función dormancia
- Triggers: múltiples.
- Costos en crecimiento
- Rasgo Plástico
- Los sedimentos pueden integrar distintas generaciones de acinetas de una misma especie, y de distintas especies, constituyendo un importante reservorio (banco de semillas).



# Germinación de Acinetas: cooperación internacional, GRAN PERSISTENCIA

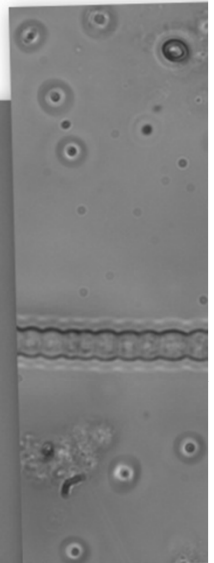
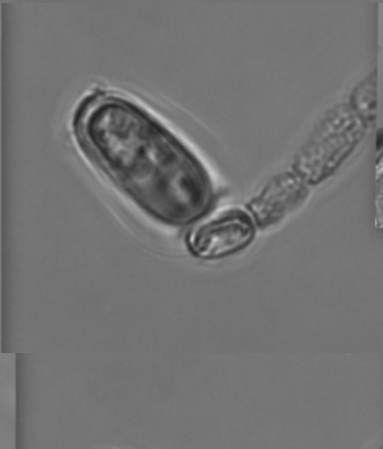
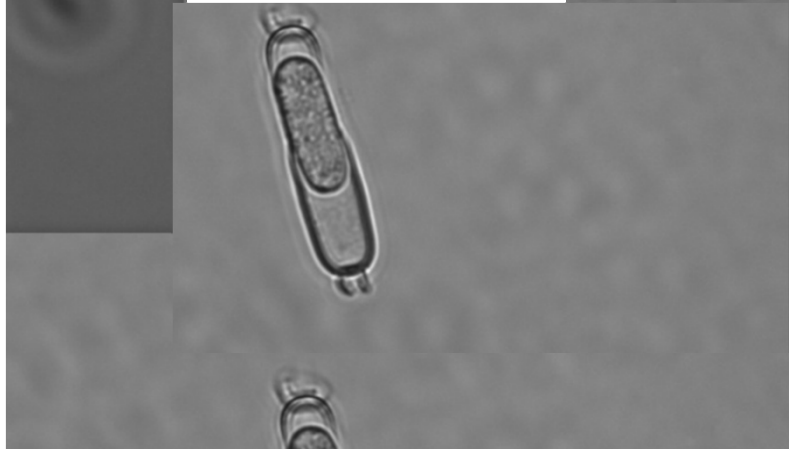
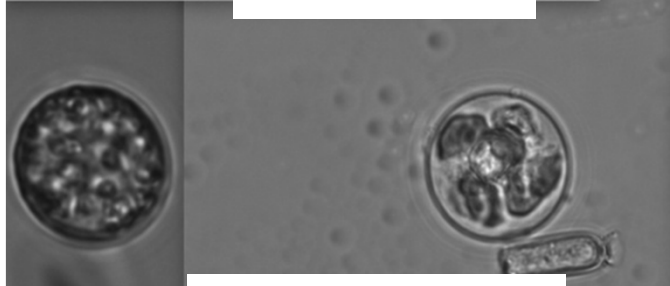


1. Plancton

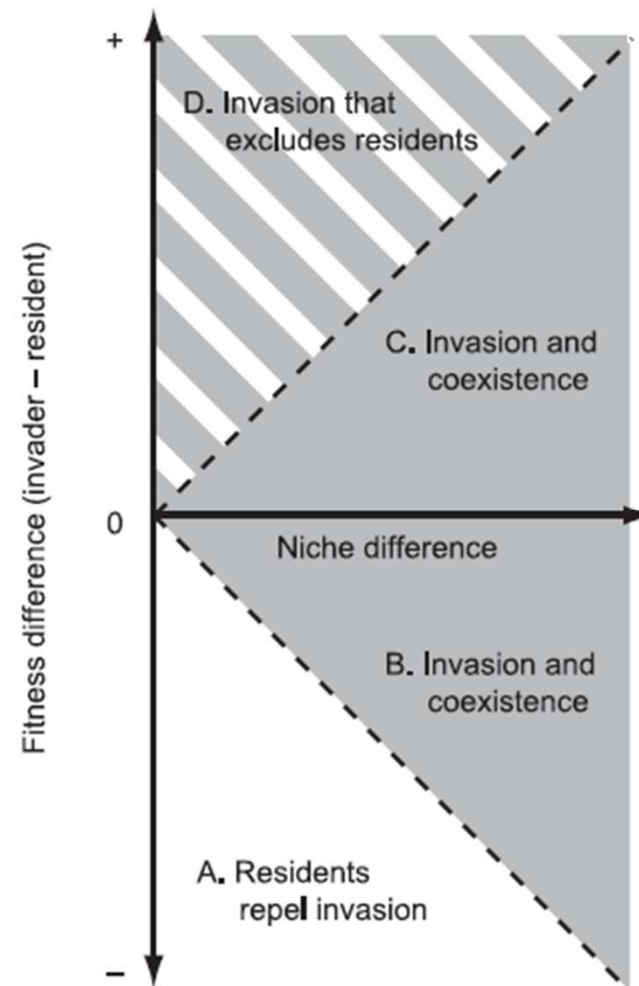


3. Plancton

Variable: Filamentos en el medio acuoso

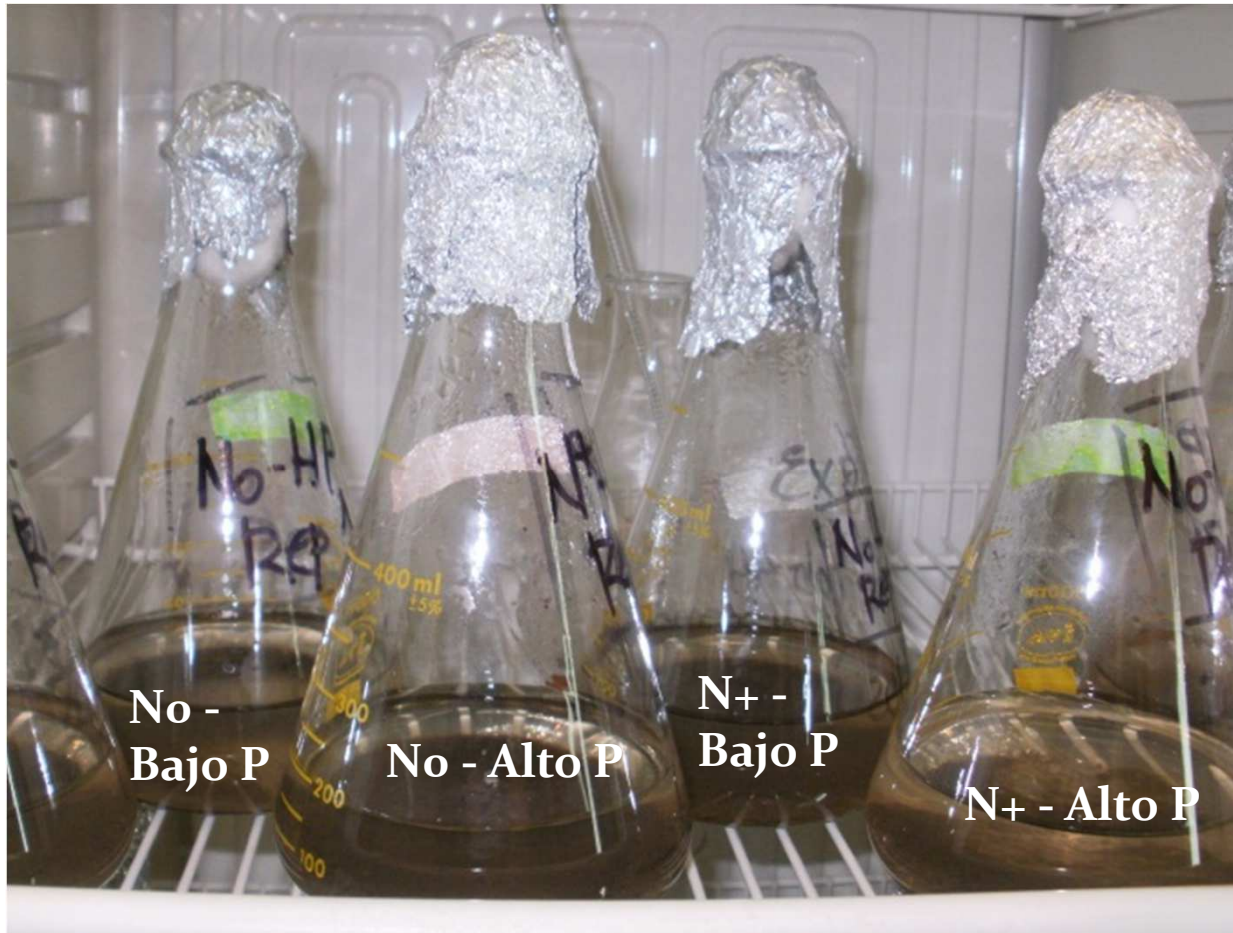


# Perspectivas futuras: recolonización desde los sedimentos



Mac Dougall *et al.*, 2009

# Materiales y métodos



- Sin Nitrógeno:
  - Bajo Fósforo (25  $\mu\text{g/L}$ )
  - Alto Fósforo (775  $\mu\text{g/L}$ )
- Con Nitrógeno  
(2100  $\mu\text{g/L}$ ):
  - Bajo Fósforo
  - Alto Fósforo

Muestreo inicial y a los 7 días

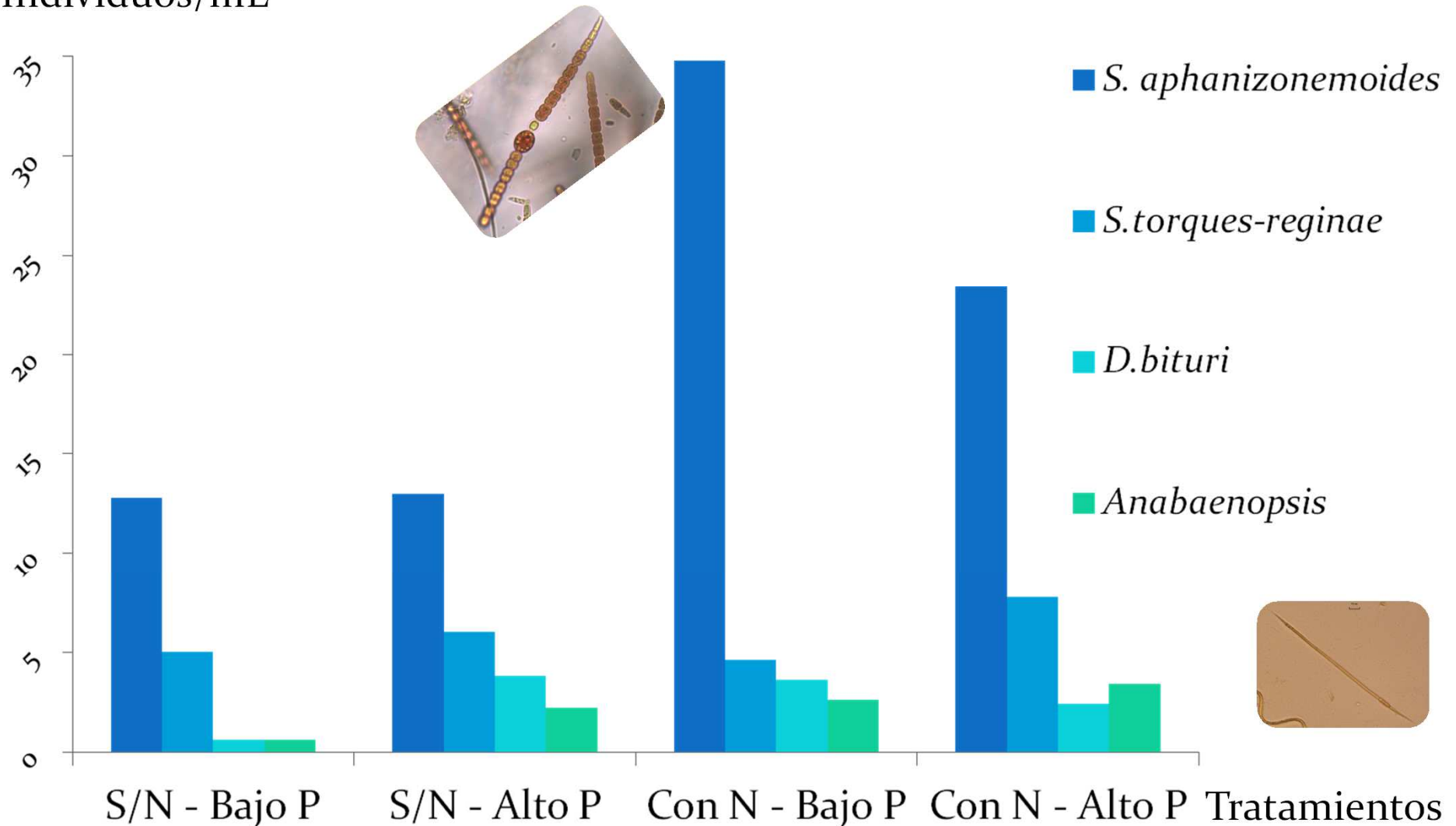
Presencia, clasificación y densidad

filamentos (adultos y germinados)

Acinetas (sedimentos)

# Resultados

Individuos germinados – 7 días, mayoría de la germinación y poco de división celular  
Individuos/mL





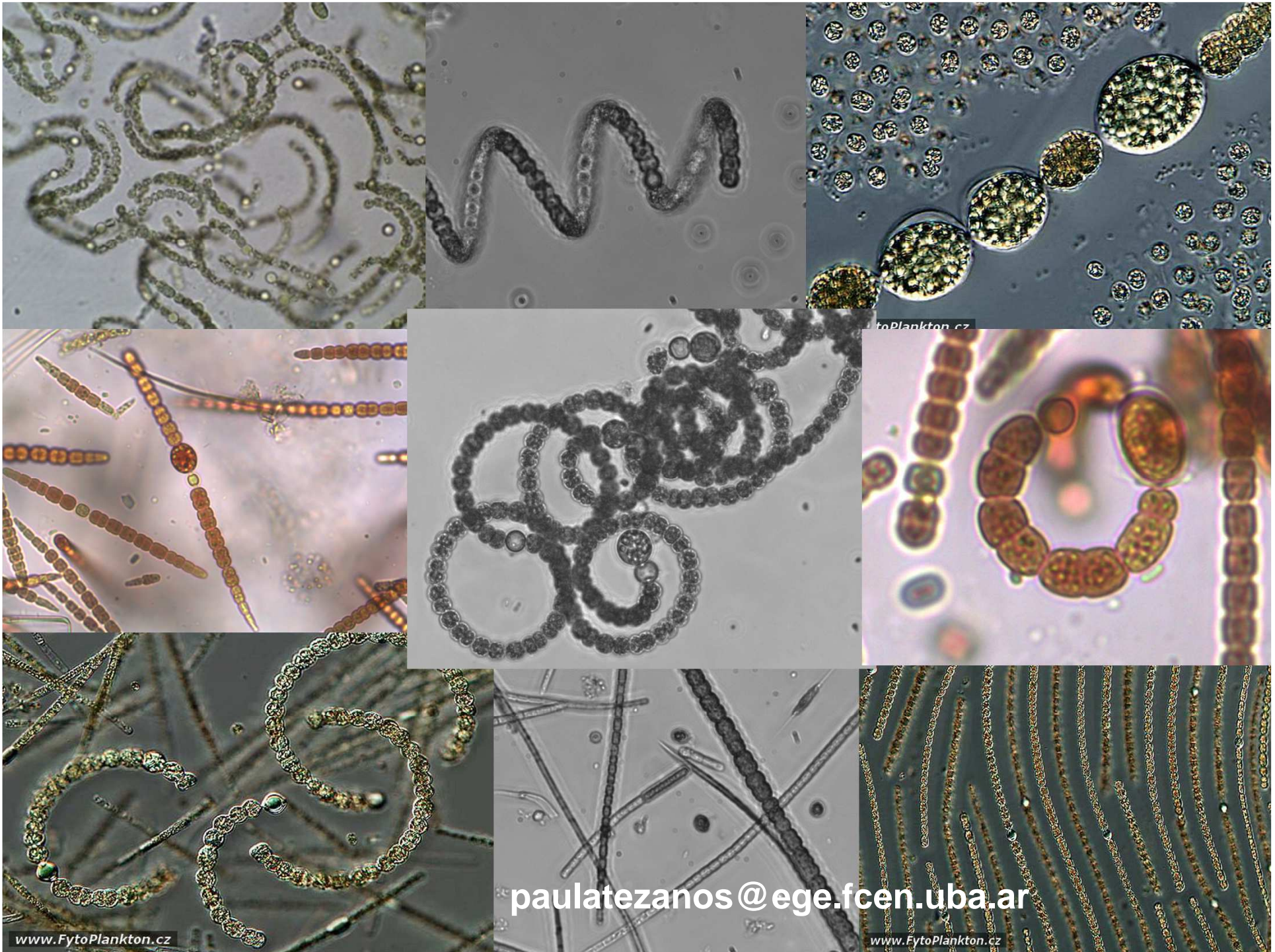
Que se sabe



# Que se sabe

- Hay mas cantidad de cianobacterias y cianotoxinas cuanto mayor es la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo), disminuyendo el P disminuyo su dominancia.
- Las toxinas deben medirse tanto cuando hay como cuando no hay células.
- La geosmina y el 2MIB son producidos por cianobacterias.
- El olor y las toxinas no están relacionadas
- La fijación del nitrógeno tiene costos en crecimiento, y se puede crecer sin fijar nitrógeno (y formar floraciones en ambos esenarios)
- Las floraciones de nostocales comportándose como no fijadoras ocurren cuando el tiempo de residencia es mayor
- La germinación de acinetas puede controlarse, bajando los nutrientes disponibles
- Rasgos dan aptitud solamente en determinadas circunstancias



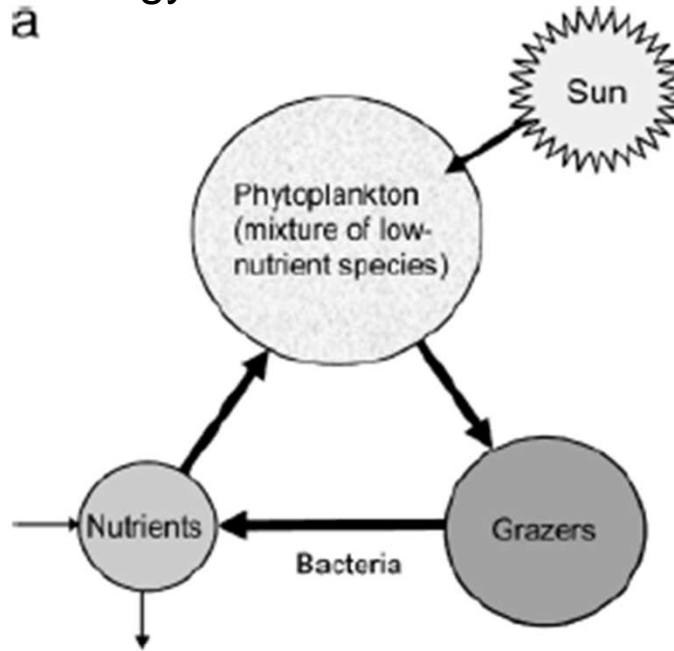


[paulatezanos@ege.fcen.uba.ar](mailto:paulatezanos@ege.fcen.uba.ar)

# Pendings presentacion

- Charla de piccini
- Leer la tesis de la brasilera alemana

a



b

