

¿Qué mecanismos fisiológicos explican el éxito de las cianobacterias?

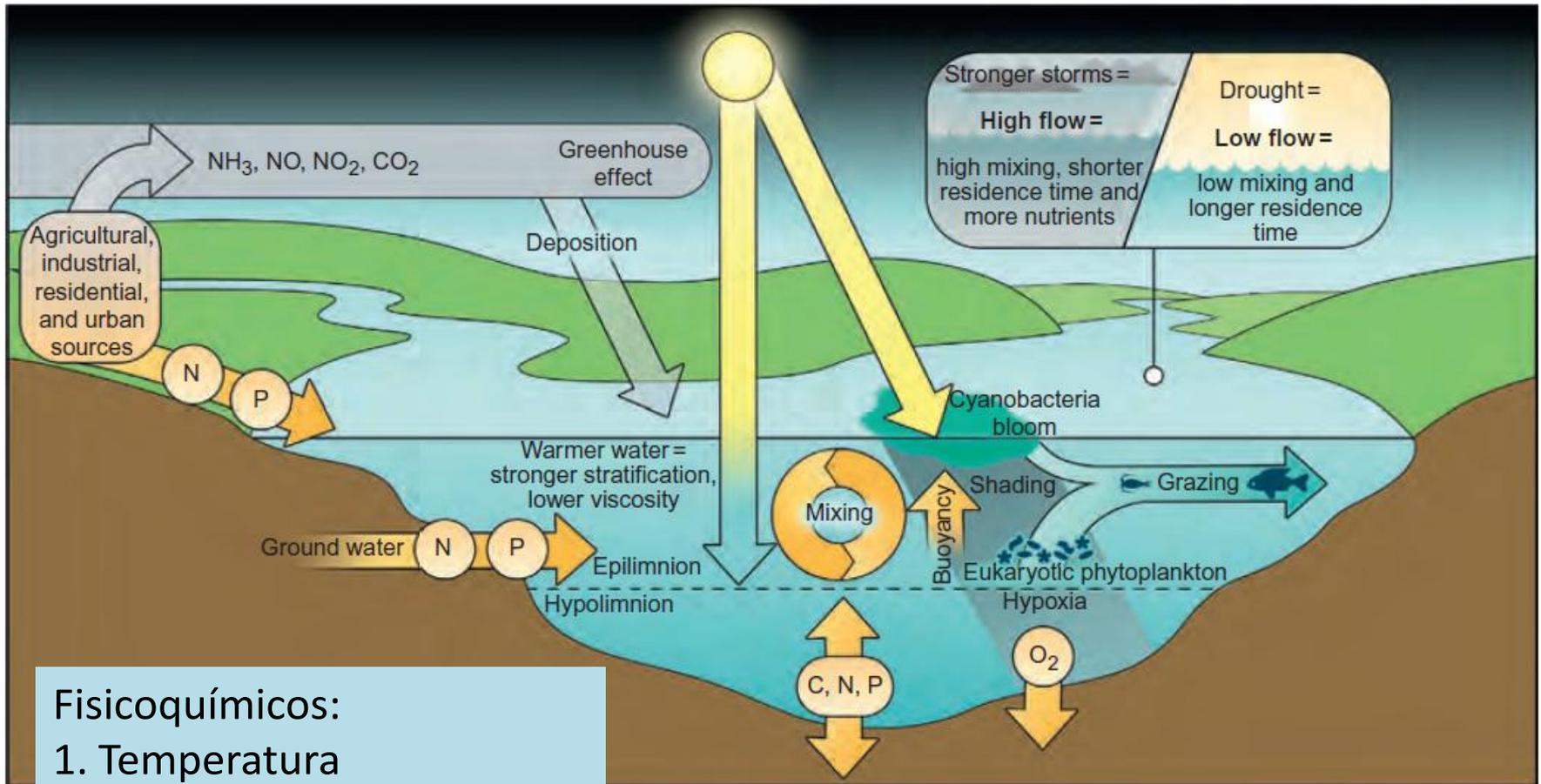
¿Qué sabemos y cuáles son los gaps de conocimiento para mejorar las estrategias de control?



**Luis Aubriot**  
laubriot@fcien.edu.uy

# Harmful Algal Blooms

# Freshwater Algae of North America. I



## Fisicoquímicos:

1. Temperatura
2. Luz y zona de mezcla
3. Hidrología
4. Nutrientes

## Chapter 20

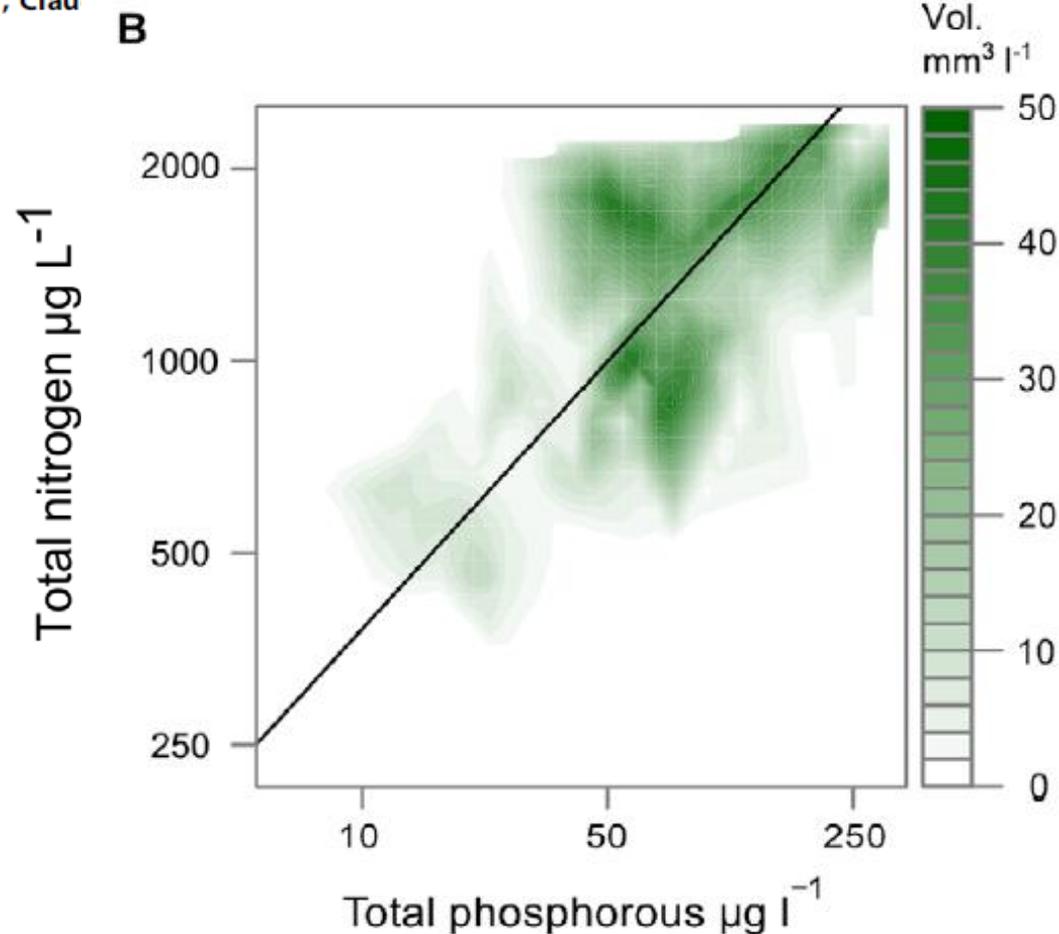
# Nutrientes Fósforo y Nitrógeno

OPEN ACCESS Freely available online

PLoS one 2012

## Cyanobacteria and Cyanotoxins: The Influence of Nitrogen versus Phosphorus

Andrew M. Dolman<sup>1\*</sup>, Jacqueline Rücker<sup>1</sup>, Frances R. Pick<sup>2</sup>, Jutta Fastner<sup>3</sup>, Thomas Rohrlack<sup>4</sup>, Ute Mischke<sup>5</sup>, Clau



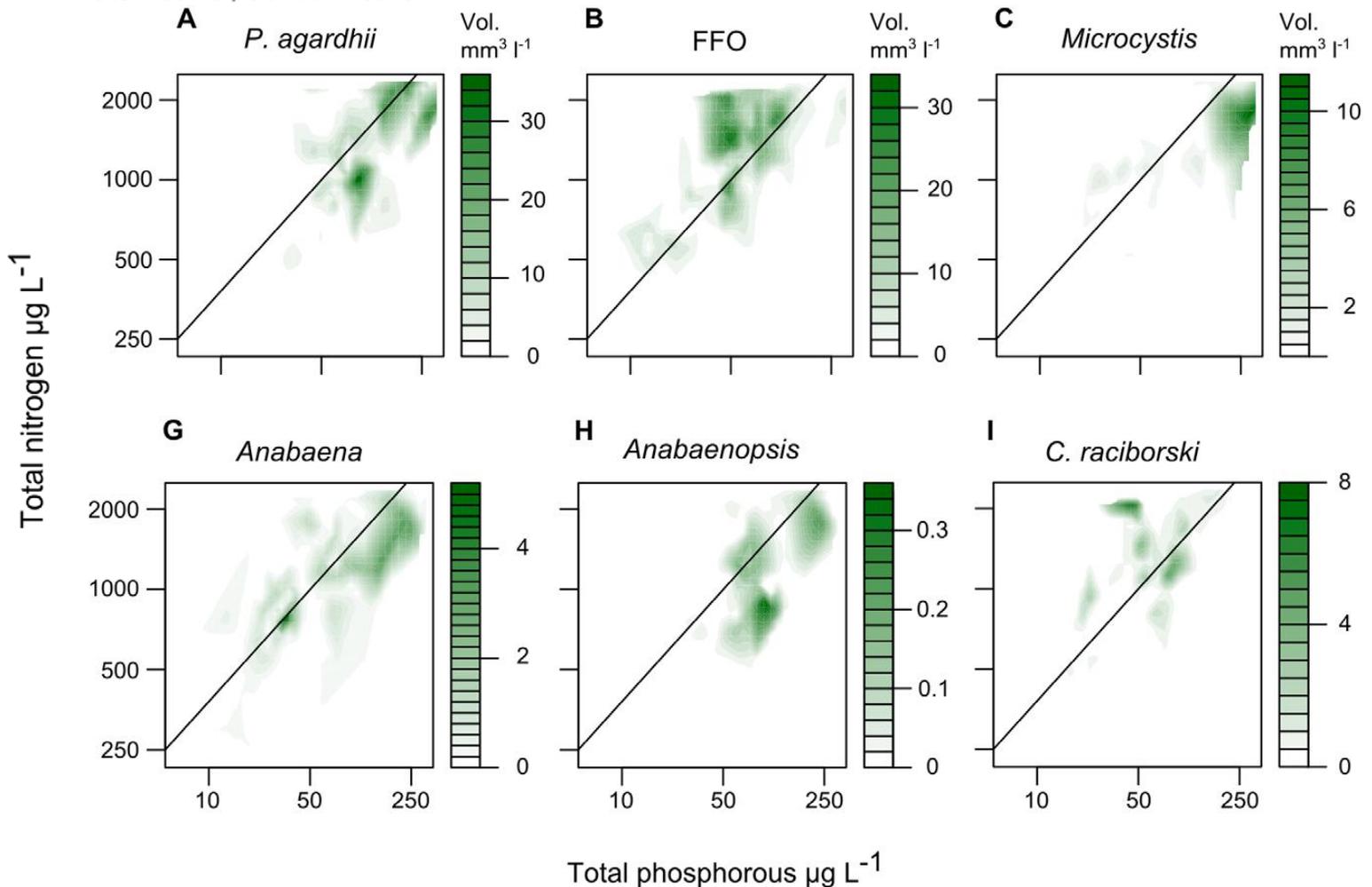
# Nutrientes Fósforo y Nitrógeno

OPEN ACCESS Freely available online

PLoS one 2012

## Cyanobacteria and Cyanotoxins: The Influence of Nitrogen versus Phosphorus

Andrew M. Dolman<sup>1\*</sup>, Jacqueline Rücker<sup>1</sup>, Frances R. Pick<sup>2</sup>, Jutta Fastner<sup>3</sup>, Thomas Rohrlack<sup>4</sup>, Ute Mischke<sup>5</sup>, Claudia Wiedner<sup>1</sup>



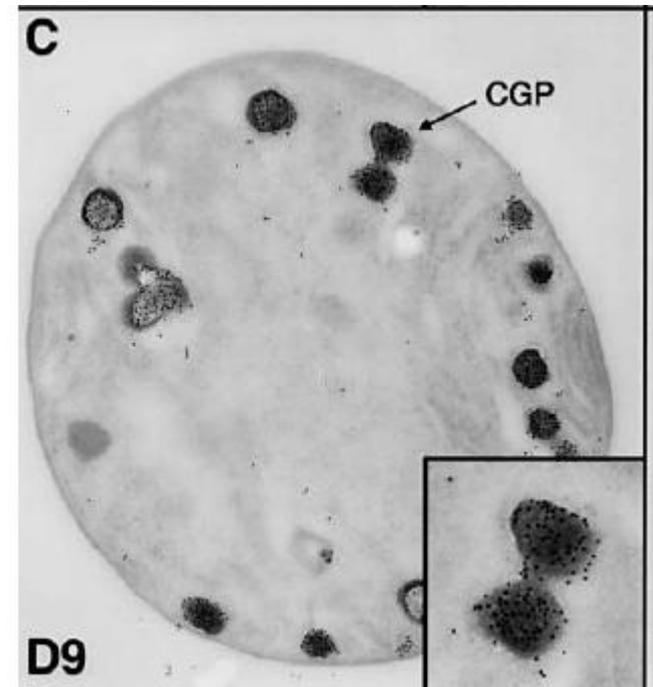
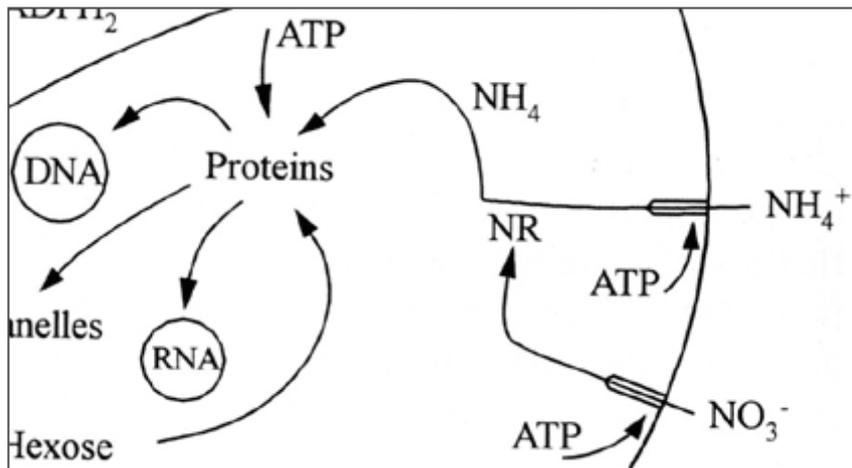
# Nitrógeno

→ aminoácidos y proteínas (3% peso seco)

→ capacidad de almacenar N es restringida: cianoficina → polipéptidos condensados

Preferencias:  $\text{NH}_4 > \text{NO}_3 > \text{N}_2$

→  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$  son reducidos nitrato-nitrito-reductasas NR →  $\text{NH}_4^+$

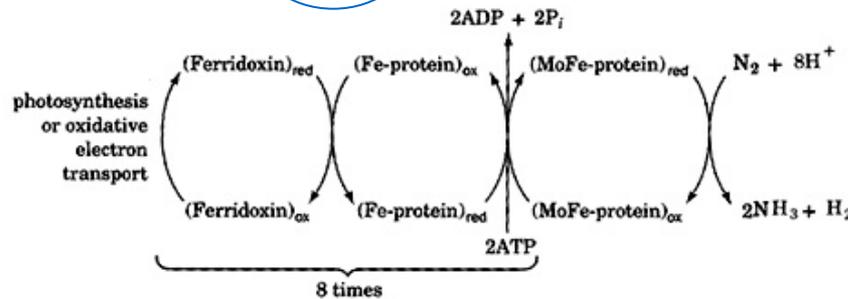


**Cianoficina CGP** (copolímero de aspartato y arginina)

# Nitrógeno

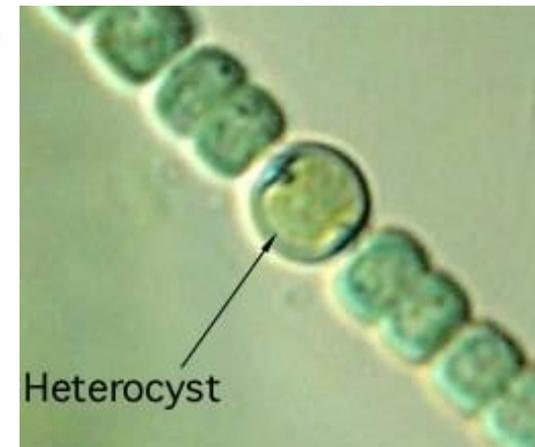
→ N<sub>2</sub>: Principal reservorio de nitrógeno en agua

- N<sub>2</sub> atmosférico es convertido a NH<sub>3</sub>
- Procariotas (bacterias y cianobacterias)
- Proceso enzimático, nitrogenasa – rica en **Fe**



→ **Heterocitos** – paredes engrosadas (O<sub>2</sub> bloquea actividad nitrogenasa)

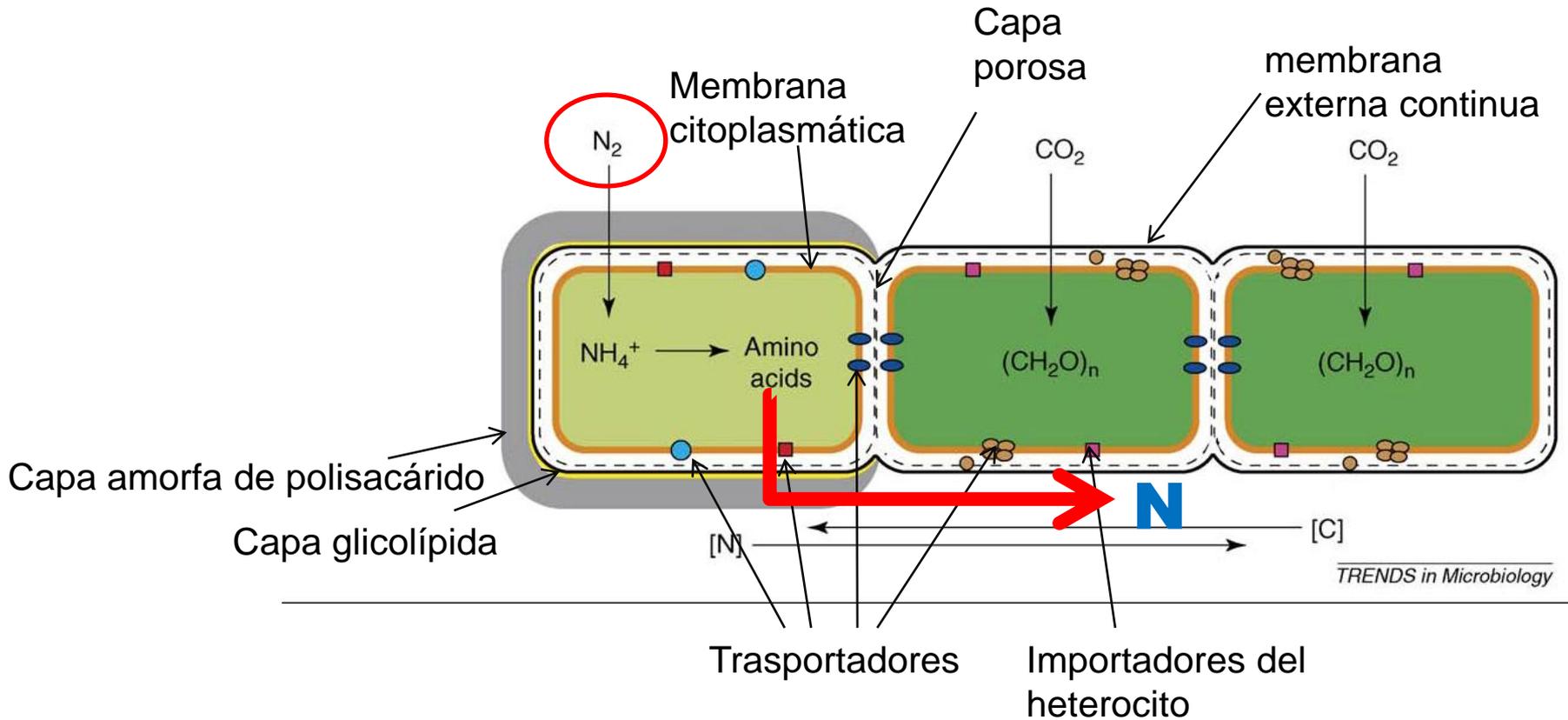
→ Bajo NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> estimula formación/función de heterocitos



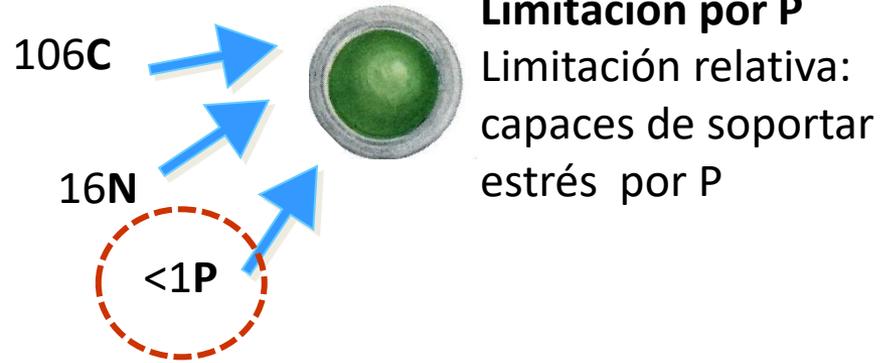
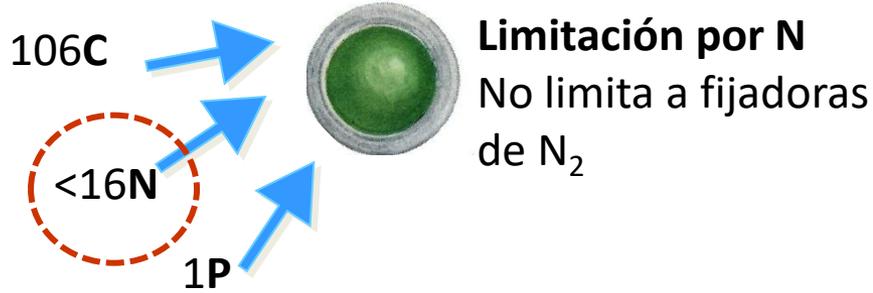
# Nitrógeno

## Fijación $N_2$

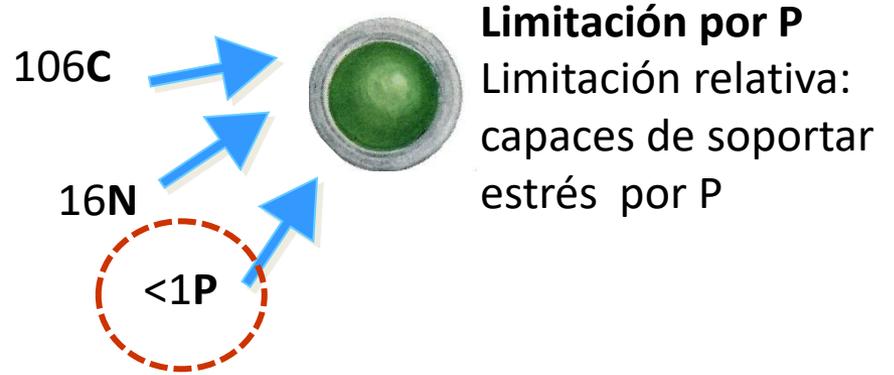
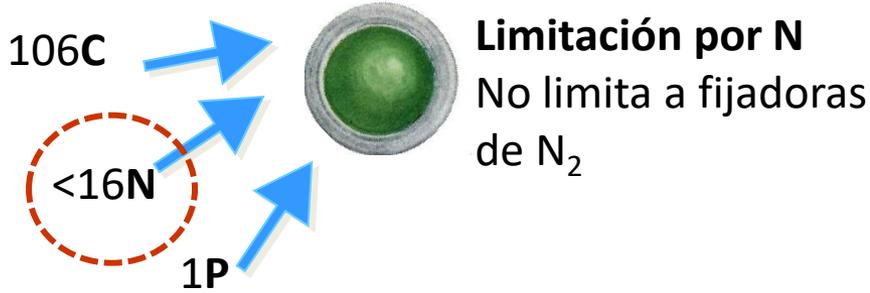
### Transporte inter-celular de N



# Estado nutricional



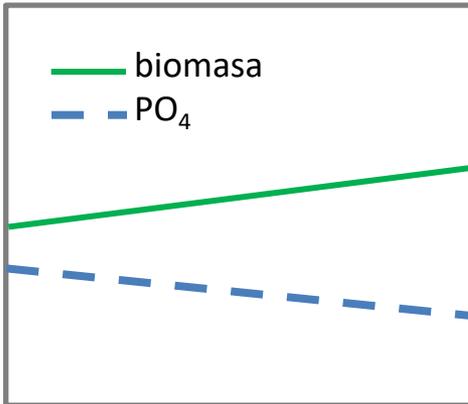
# Estado nutricional



Crecimiento  
Incorporación

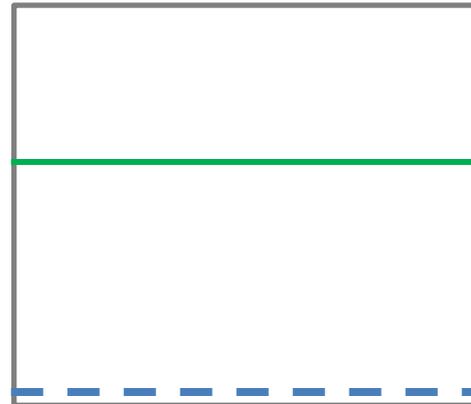
concentración

- Crecimiento **acoplado**
- No limitación



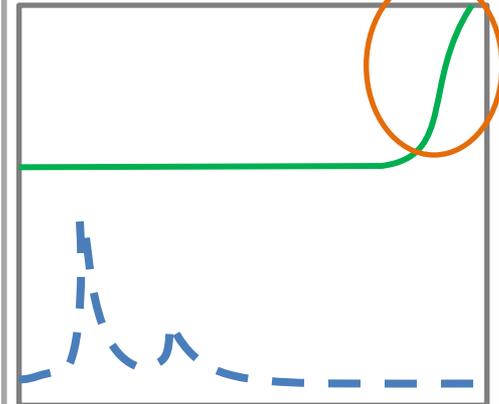
tiempo

- Limitación, estrés o **estado deficiente**
- No incorporación
- No crecimiento



tiempo

- Crecimiento **desacoplado** (reservas de P)

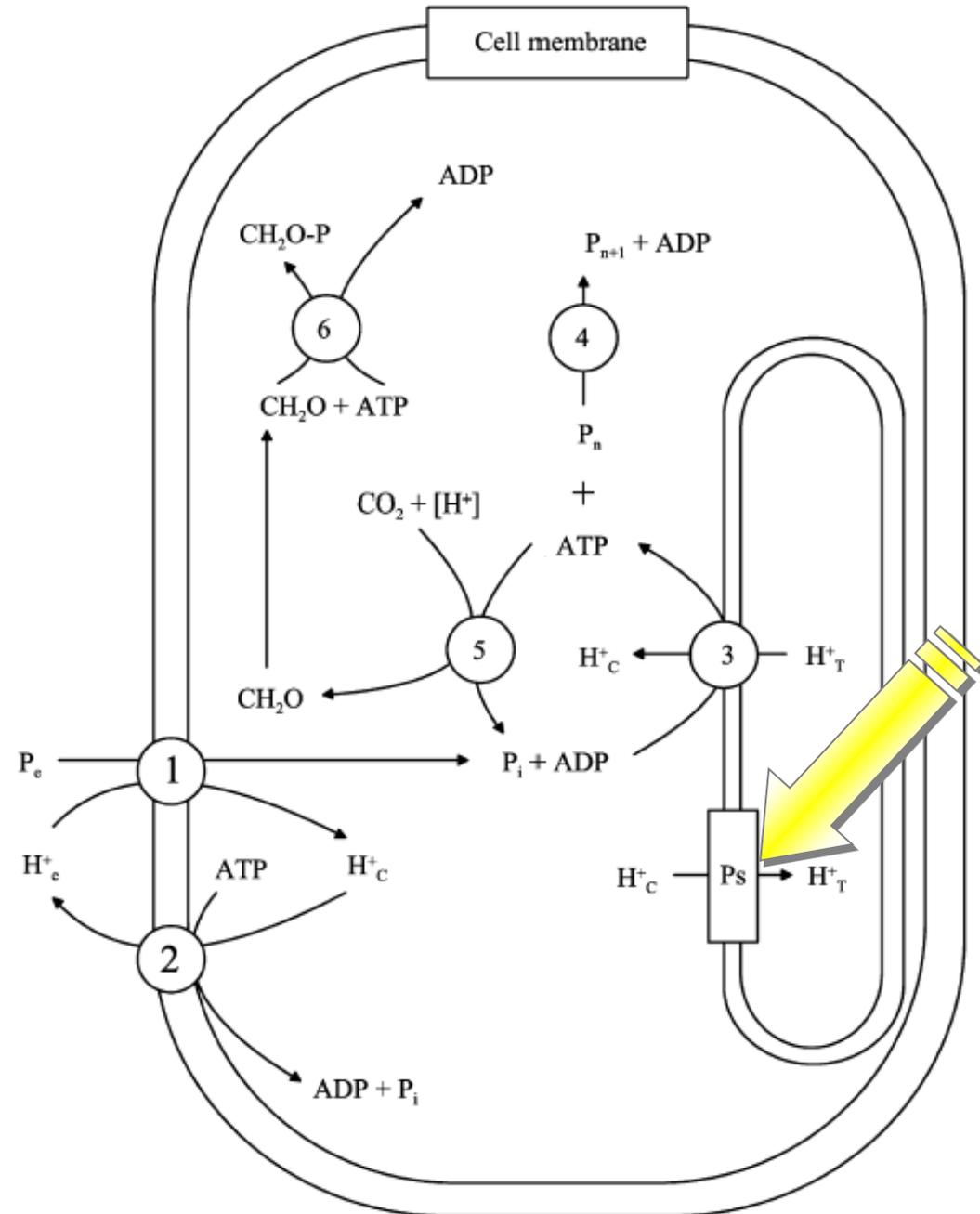
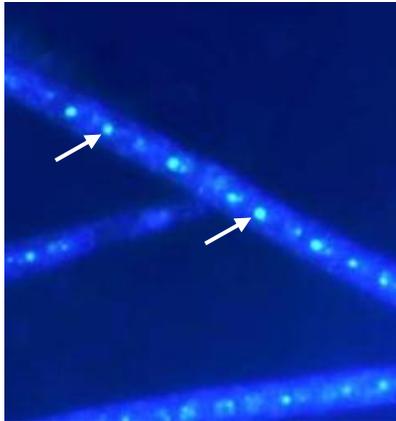


tiempo

# FÓSFORO

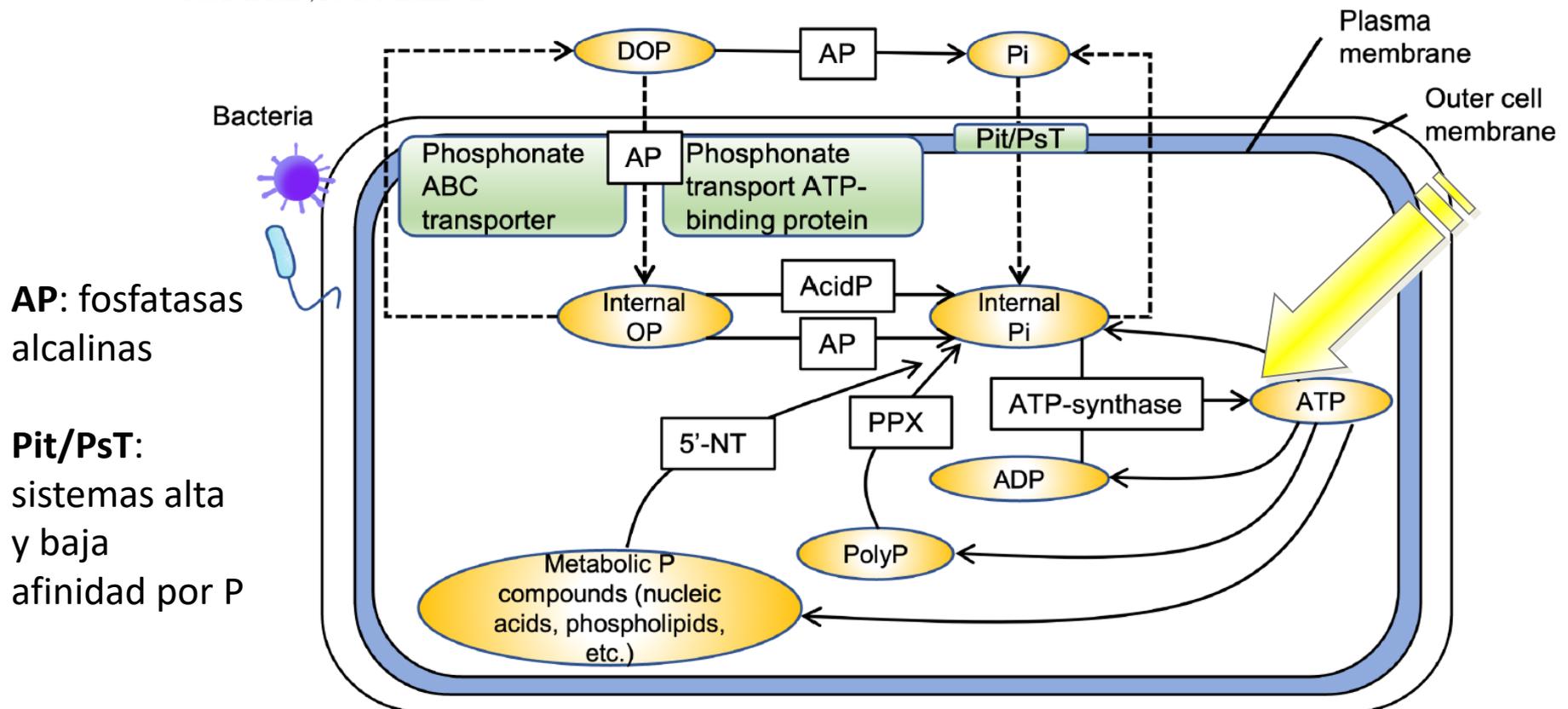
→ ácidos nucleicos, ATP, fosfolípidos

→ gránulos de polifosfato: cadenas de fosfato



## Schindler's legacy: from eutrophic lakes to the phosphorus utilization strategies of cyanobacteria

Man Xiao<sup>1,2,\*</sup>, Michele A. Burford<sup>1</sup>, Susanna A. Wood<sup>3</sup>, Luis Aubriot<sup>4</sup>, Bas W. Ibelings<sup>5</sup>, Matthew J. Prentice<sup>1</sup>, Elena F. Galvanese<sup>6,7</sup>, Ted D. Harris<sup>8</sup>, David P. Hamilton<sup>1</sup>

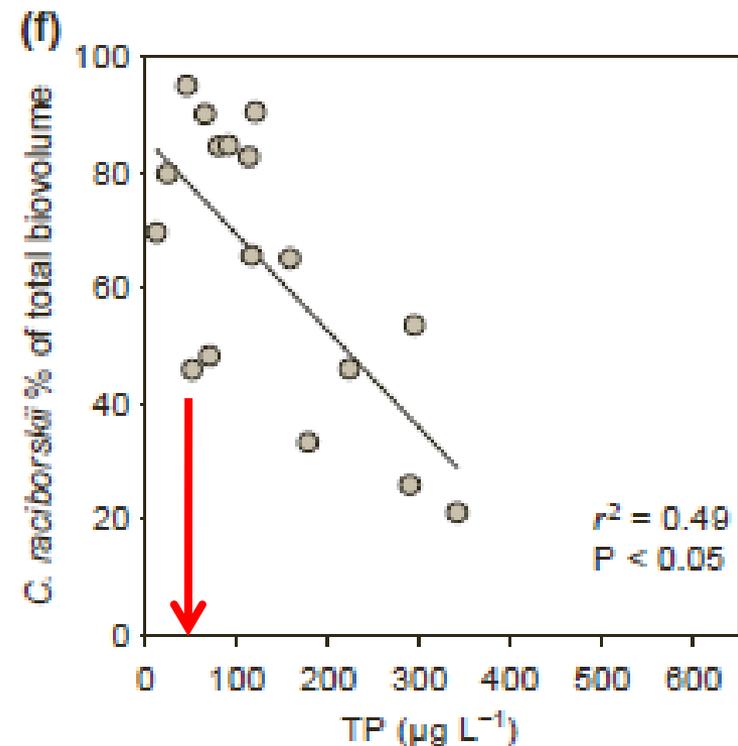
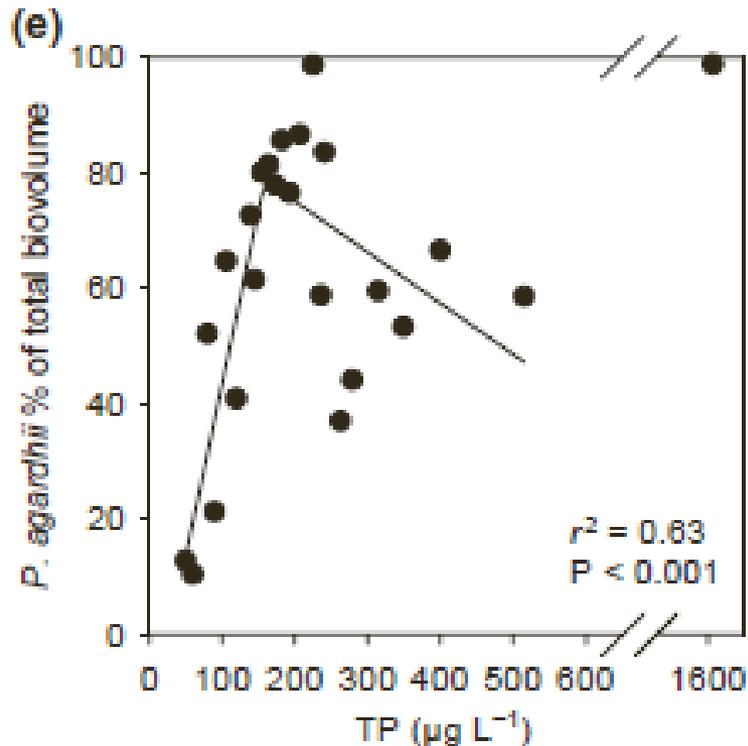


**Figure 1.** Conceptual diagram illustrating molecular mechanisms in phosphorus (P) uptake, metabolism and storage by a cyanobacterial cell. The diagram shows the flow of phosphorus from the environment through various transporters and enzymes into the cell, where it is used for ATP synthesis, storage as PolyP, and incorporation into metabolic P compounds like nucleic acids and phospholipids.

## RESEARCH ARTICLE

### What drives the distribution of the bloom-forming cyanobacteria *Planktothrix agardhii* and *Cylindrospermopsis raciborskii*?

Sylvia Bonilla<sup>1</sup>, Luis Aubriot<sup>1</sup>, Maria Carolina S. Soares<sup>2</sup>, Mauricio González-Piana<sup>1</sup>, Amelia Fabre<sup>1</sup>, Vera L.M. Huszar<sup>3</sup>, Miquel Lürling<sup>4,5</sup>, Dermot Antoniades<sup>1</sup>, Judit Padisák<sup>6</sup> & Carla Kruk<sup>1</sup>



# Fósforo: efecto de pulsos en crecimiento

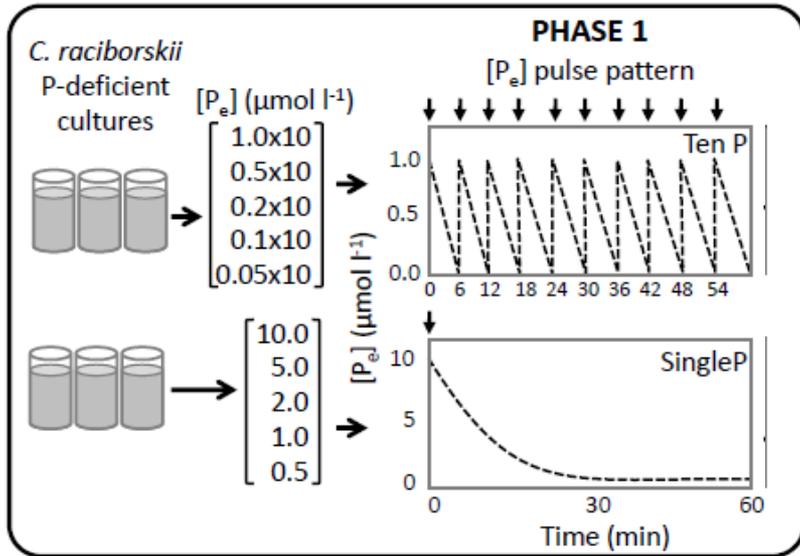
Eur. J. Phycol. (2014), 49(1): 134–141



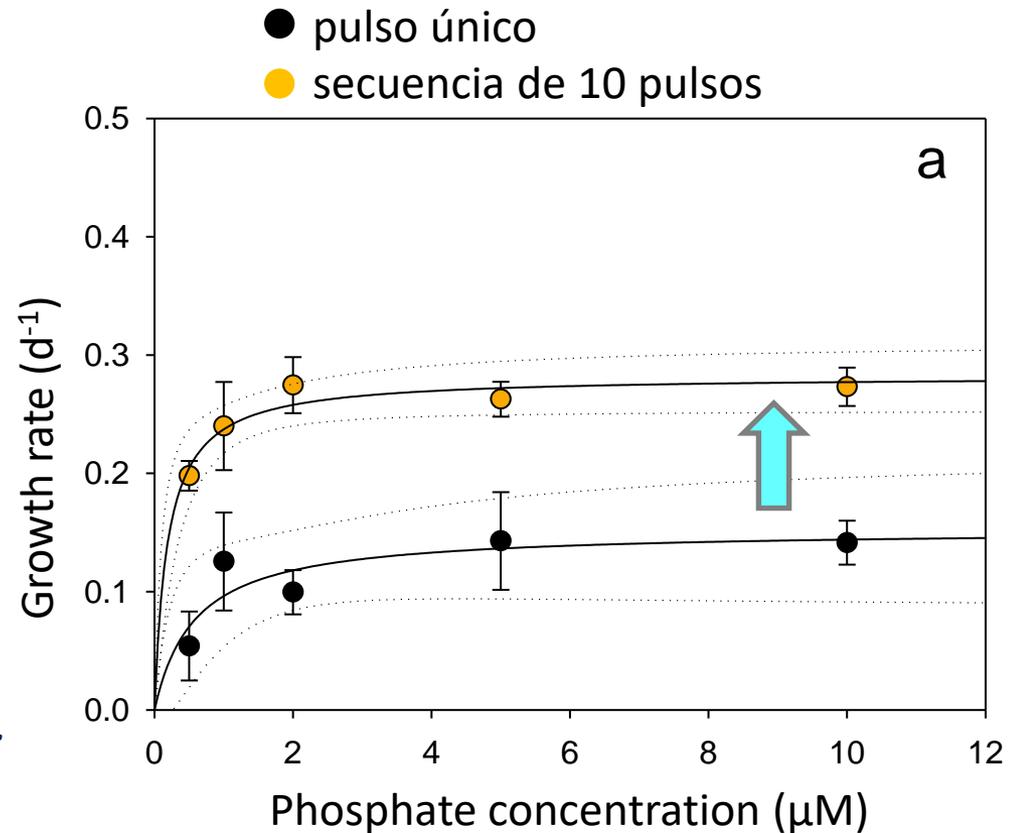
## Growth optimization of the invasive cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* in response to phosphate fluctuations

VALENTINA AMARAL\*, SYLVIA BONILLA AND LUIS AUBRIOT

### Sistema “sensor” de P ambiental



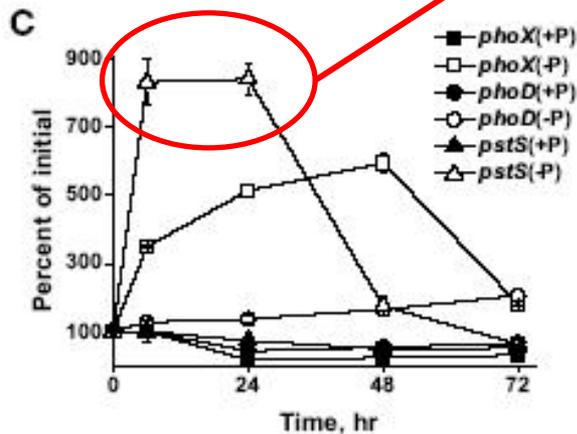
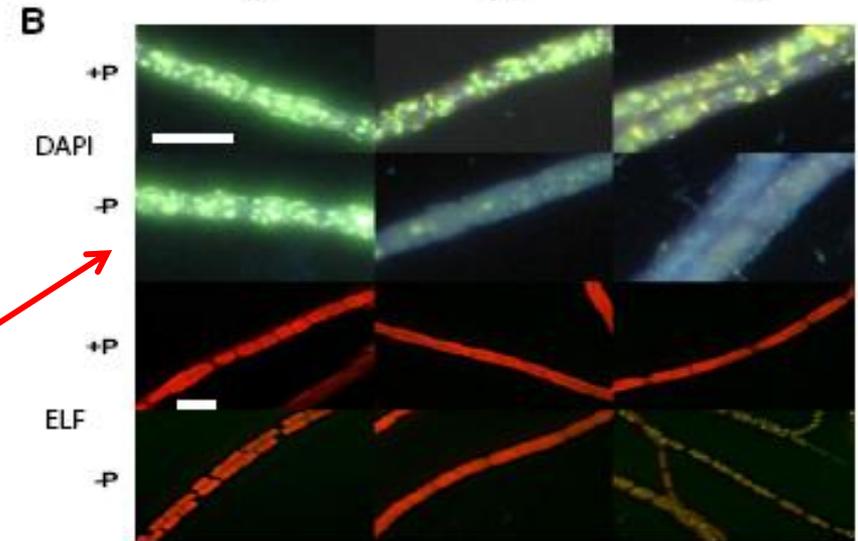
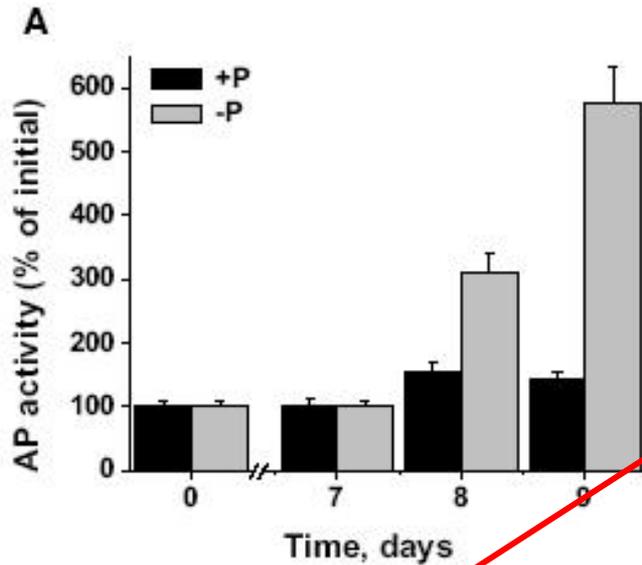
*Cylindrospermopsis raciborskii*  
MVCC19



# FÓSFORO

Expresión génica de **fosfatasa alcalinas PhoA** y **transportadores de alta afinidad por P pstS**

Respuesta de *Aphanizomenon*



Sistema “sensor” de P ambiental

Bar-Yosef et al. 2010 Current Biology

# Interacciones N y P

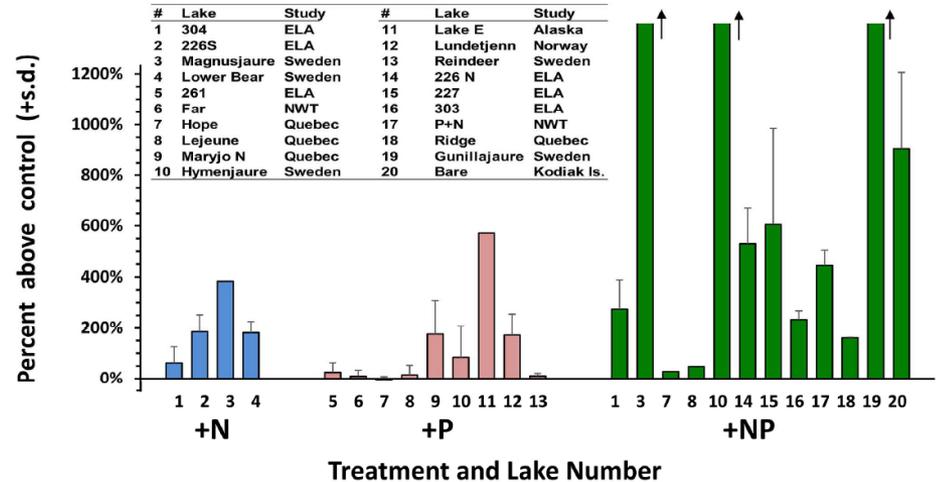
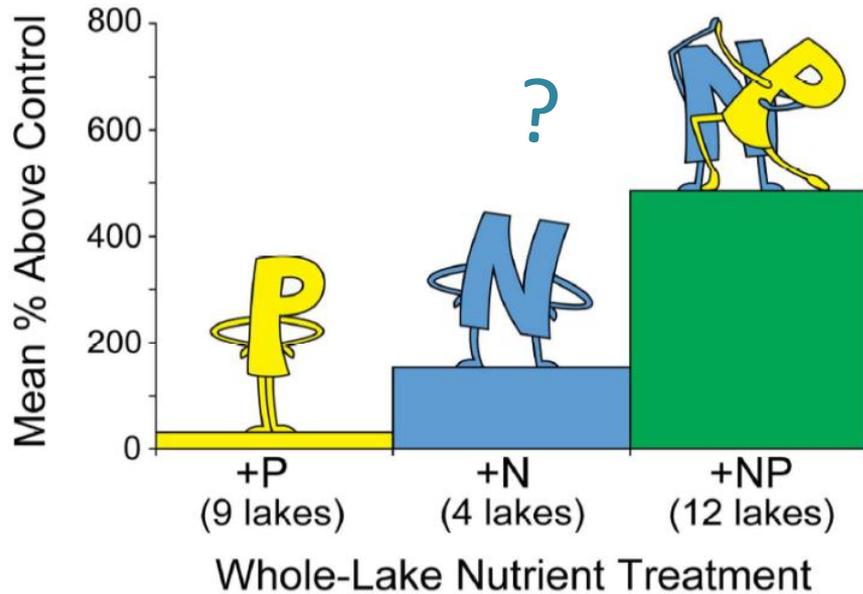


Subscriber access provided by UNIV NEW ORLEANS

## Policy Analysis

### It takes two to tango: When and where dual nutrient (N & P) reductions are needed to protect lakes and downstream ecosystems

Hans W. Paerl, J. Thad Scott, Mark J. McCarthy, Silvia E. Newell, Wayne Gardner, Karl E. Havens, Daniel K Hoffman, Steven W. Wilhelm, and Wayne A. Wurtsbaugh



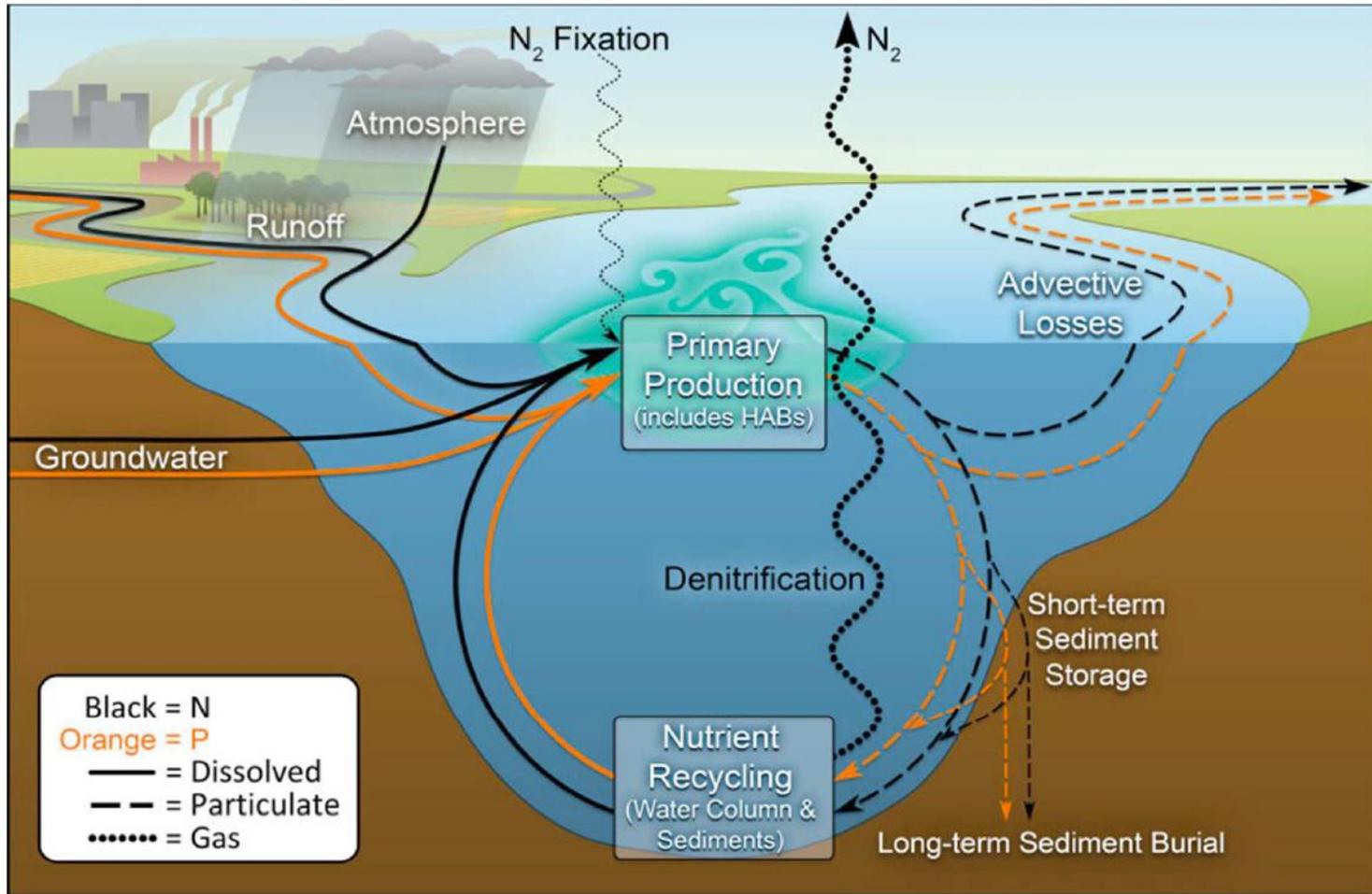
Mayor frecuencia de limitación por N en lagos eutróficos.

1. Efecto capacidad de carga: un nutriente aumenta biomasa hasta que el otro falta.
2. Efecto fisiológico: alivio de limitación por un nutriente facilita acceso al otro.

Policy Analysis

## It takes two to tango: When and where dual nutrient (N & P) reductions are needed to protect lakes and downstream ecosystems

Hans W. Paerl, J. Thad Scott, Mark J. McCarthy, Silvia E. Newell, Wayne Gardner, Karl E. Havens, Daniel K Hoffman, Steven W. Wilhelm, and Wayne A. Wurtsbaugh



# Interacciones N y P

## Environmental Processes

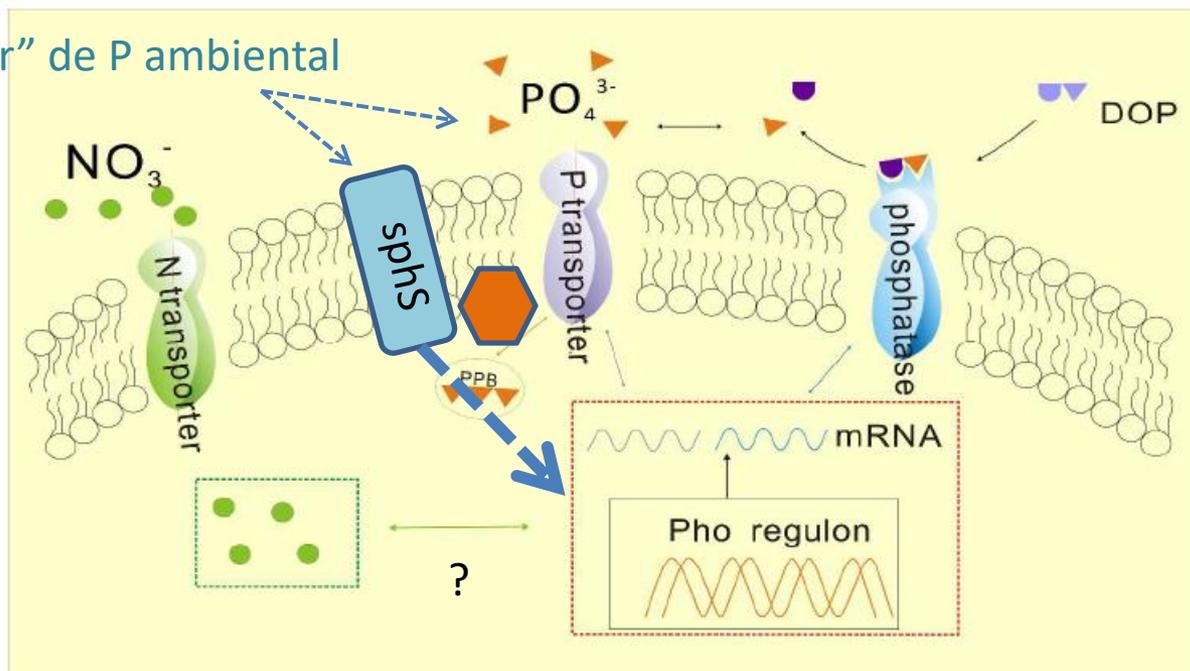
### Mutual dependence of nitrogen and phosphorus as key nutrient elements: one facilitates Dolichospermum flos-aquae to overcome limitation by the other

Siyang Wang, Jian Xiao, Lingling Wan, Zijun Zhou, Zhicong Wang, Chunlei Song, Yiyong ZHOU, and Xiuyun Cao

*Environ. Sci. Technol.*, Just Accepted Manuscript • DOI: 10.1021/acs.est.7b04992 • Publication Date (Web): 24 Apr 2018

Downloaded from <http://pubs.acs.org> on April 24, 2018

Sistema "sensor" de P ambiental



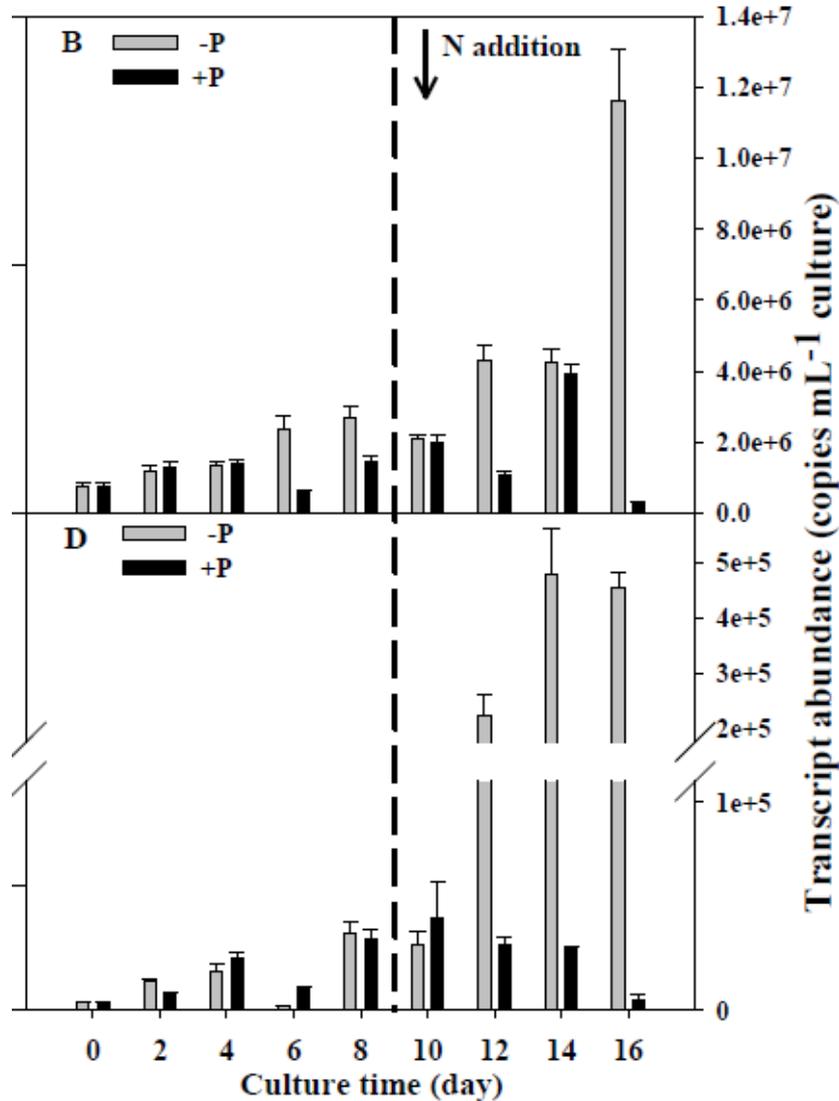
# Interacciones: N + P

## Mutual dependence of nitrogen and phosphorus as key nutrient elements: one facilitates *Dolichospermum flos-aquae* to overcome limitation by the other

Siyang Wang, Jian Xiao, Lingling Wan, Zijun Zhou, Zhicong Wang, Chunlei Song, Yiyong ZHOU, and Xiuyun Cao

Environ. Sci. Technol., Just Accepted Manuscript • DOI: 10.1021/acs.est.7b04992 • Publication Date (Web): 24 Apr 2018

Downloaded from <http://pubs.acs.org> on April 24, 2018



2. The expression levels of *pstS* (A) and *phoD* (C) genes in the low phosphorus (-P) cultures relative to those of the high phosphorus (+P) cultures, and a time series of *pstS* (B) and *phoD* (D) gene transcript abundance with low phosphorus (-P) and high phosphorus (+P) concentrations in cultures of *Dolichospermum flos-aquae* CHB 245.

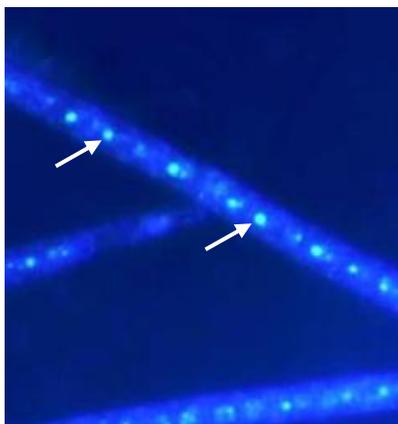
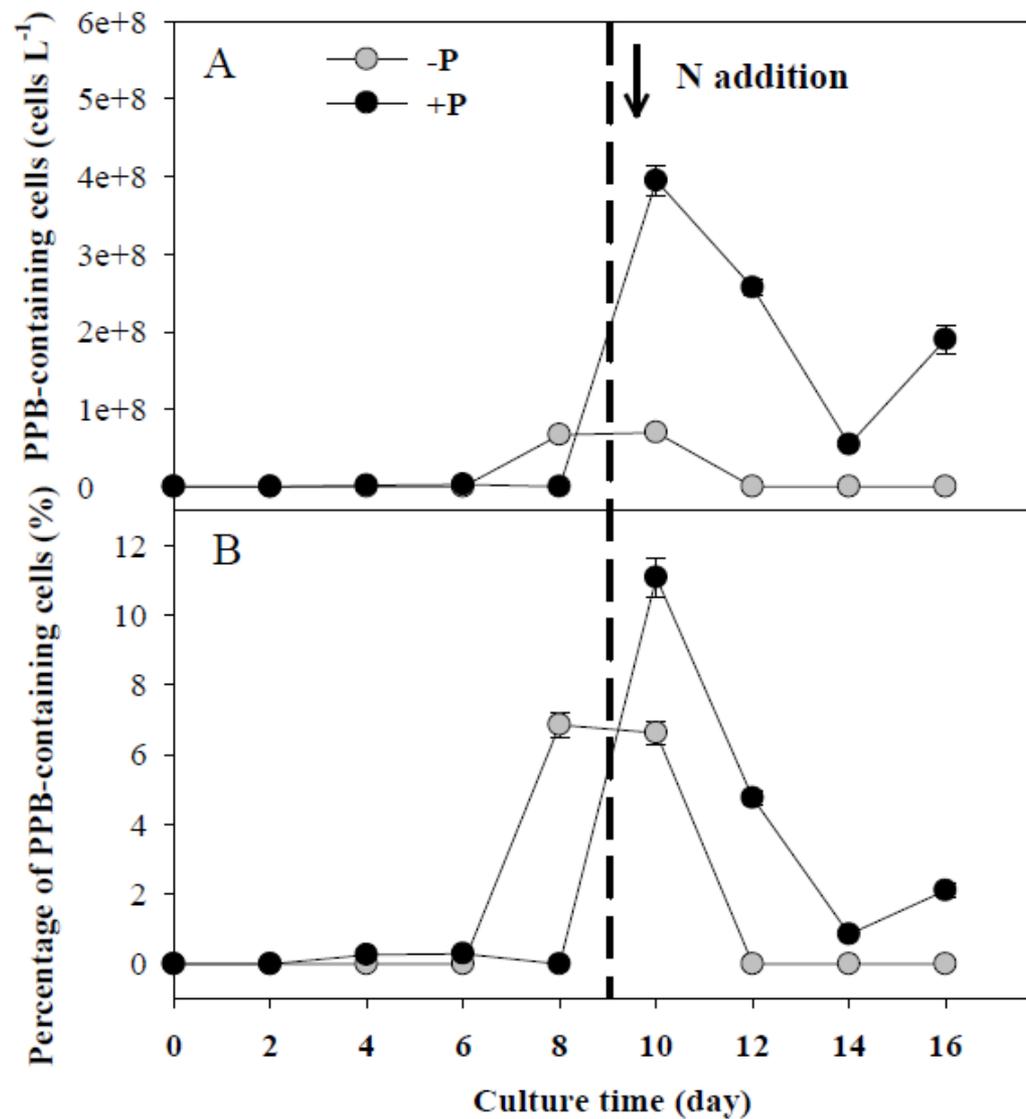
# Interacciones: N + P

Mutual dependence of nitrogen and phosphorus as key nutrient elements: one facilitates *Dolichospermum flos-aquae* to overcome limitation by the other

Siyang Wang, Jian Xiao, Lingling Wan, Zijun Zhou, Zhicong Wang, Chunlei Song, Yiyong ZHOU, and Xiuyun Cao

Environ. Sci. Technol., Just Accepted Manuscript • DOI: 10.1021/acs.est.7b04992 • Publication Date (Web): 24 Apr 2018

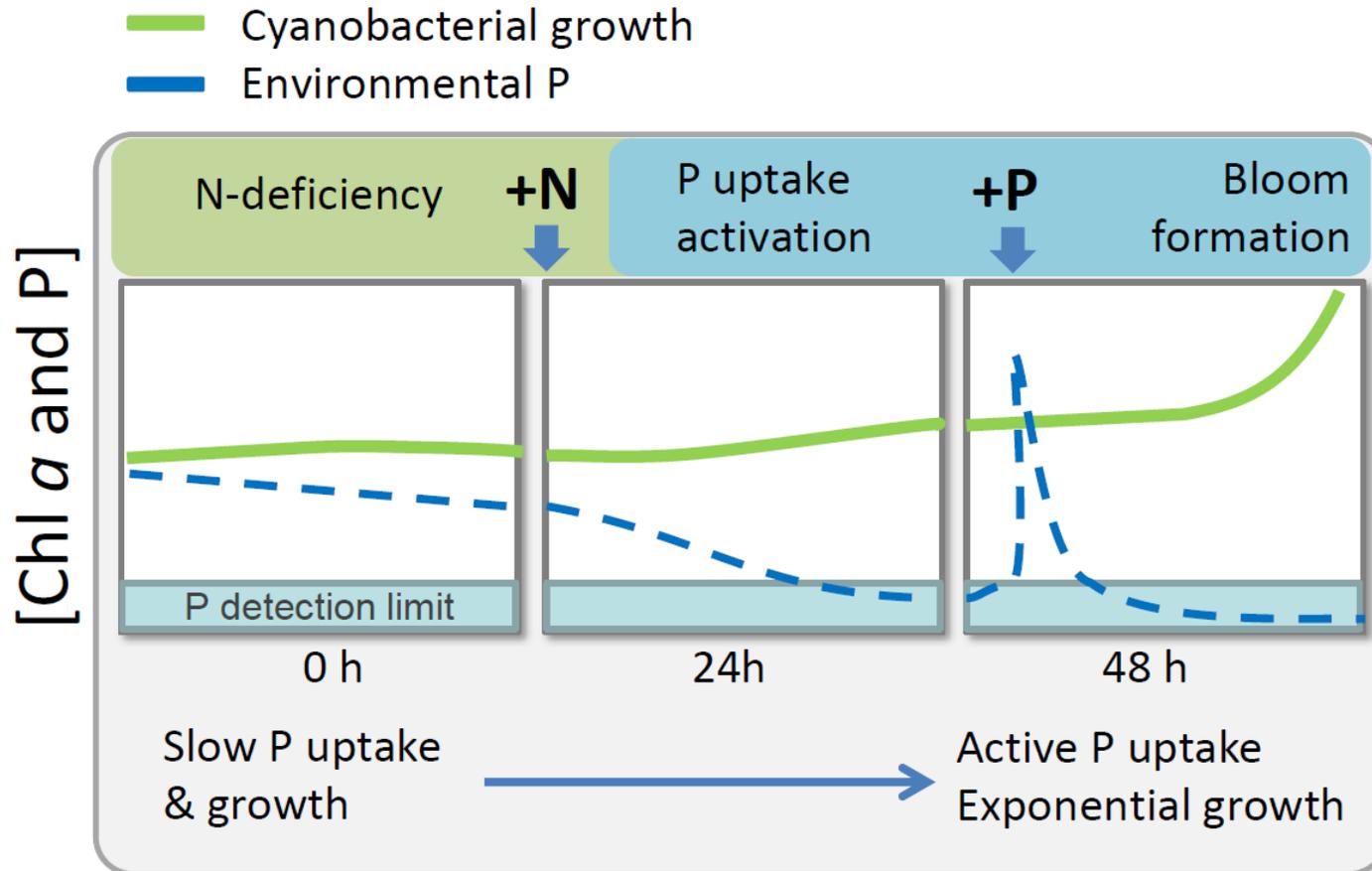
Downloaded from <http://pubs.acs.org> on April 24, 2018



RESEARCH ARTICLE

## Nitrogen availability facilitates phosphorus acquisition by bloom-forming cyanobacteria

Luis Aubriot\*



¿Qué sabemos y cuáles son los gaps de conocimiento para mejorar las estrategias de control?

## Posibles gaps:

Factores que ayudan a explicar la sobrevivencia al estrés y que favorecen el crecimiento

- Interacciones entre nutrientes: N, P, Fe..
- Papel de formas orgánicas disueltas: reserva de P, N, inhibición
- Interacciones entre nutrientes y factores físicos: temperatura, luz, hidrología
- Interacciones entre cianobacterias y ciano-bacterias: inhibición, facilitación a acceso a nutrientes

## Estrategias de control:

1. Disminución de fuentes difusas y puntuales de P, N y MO...
2. Si se cumple (1) (generalmente funciona con las puntuales).

Control de P interno de lagos y embalses:

- **Estrés nutricional:** geoingeniería (La, Al, Ca, Fe), aireación. Obj: atrapar P en sedimentos.

P: difícil de disminuir biomasa por sistemas de alta afinidad y acumulación de pulsos de P.

N: más efectivo pero estimula el crecimiento de fijadoras de  $N_2$ .

Aireación: facilitar co-precipitación de óxidos Fe-P, pero si hay mucho  $SO_4$  secuestra el Fe..  $FeS$ .

- **Floculación y precipitación:** varios elementos y combinaciones. Efecto “rebote”.
- **Ultrasonido:** llave en mano, sin éxitos, solo in vitro.
- **Oxidación:** Peróxido de hidrógeno  $H_2O_2$ : costoso y técnico, lisis celular, liberación de toxinas.
- **Lavado:** Tiempo de residencia (embalses).
- Medias anteriores combinadas.

¿Qué sabemos y cuáles son los gaps de conocimiento para mejorar las estrategias de control?