

**Logística y métodos para  
series de tiempo ecológicas:  
Ejemplos de la EPEA (INIDEP)**

**Conversión de  
Fluorescencia *in vivo* a  
concentración de Clorofila-*a***

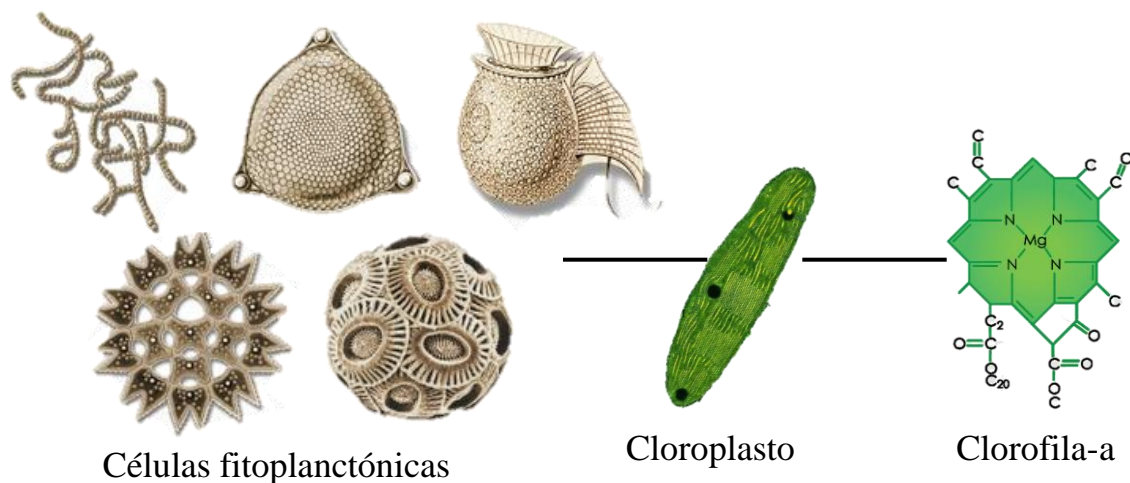


XI Jornadas Nacionales de  
Ciencias del Mar

XIX Coloquio de Oceanografía



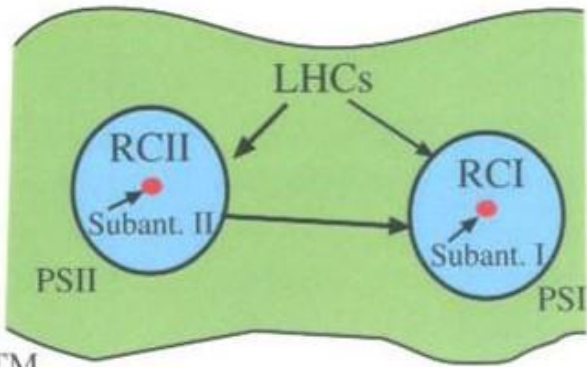
# La concentración de clorofila-a es un 'proxy' de la biomasa fitoplanctónica



La **Clorofila-a (o similar)** es el pigmento que se encuentra en todos los grupos de algas que componen el fitoplancton.

- La Biomasa es la masa total de la célula.
- La masa de carbono es el estimador más adecuado de la biomasa fitoplanctónica.
- La concentración de clorofila-a se utiliza como proxy de la biomasa fitoplanctónica porque es mucho más fácil de medir.

# Procedencia de la Fluorescencia *in vivo* del Fitoplancton



TM

Unidad Fotosintetizadora (PSU):

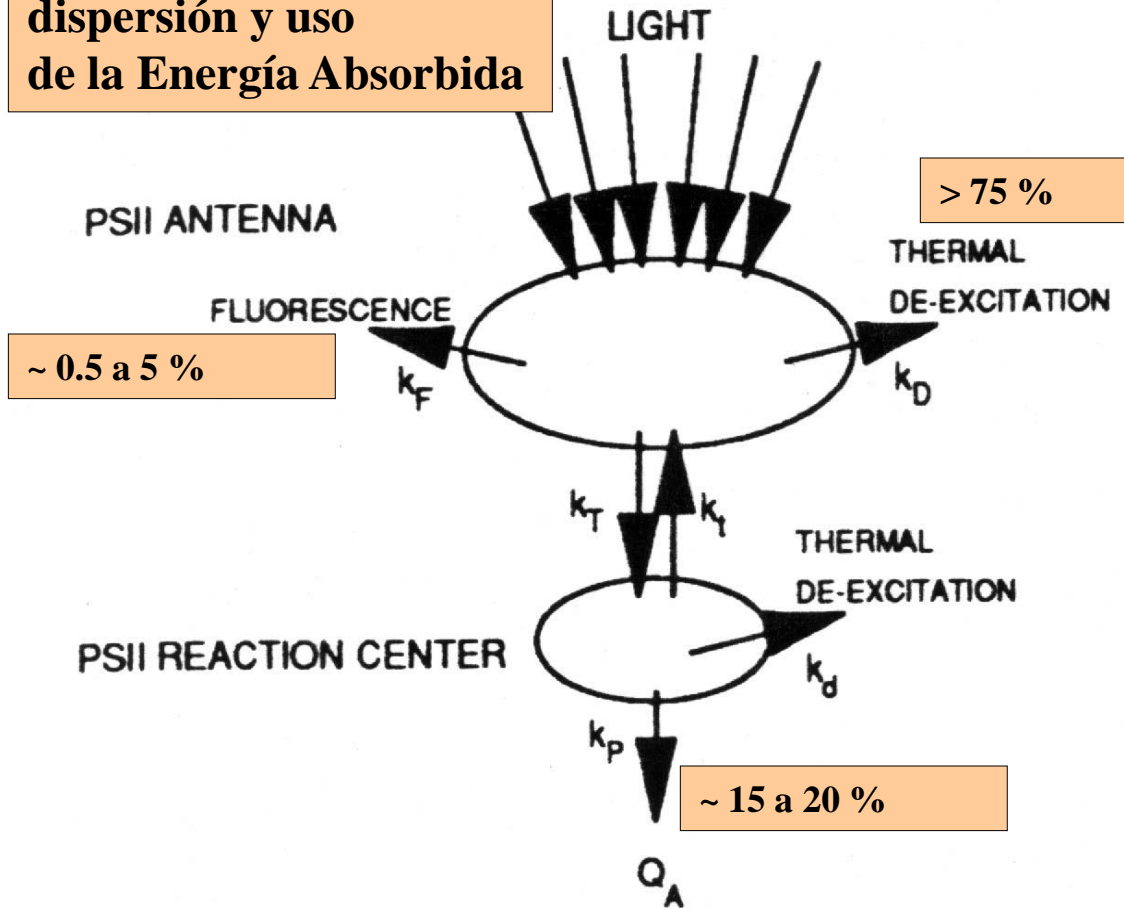
PSI: RCI + Subantena-I

PSII: RCII + **Subantena-II**

Complejos Colectores de Luz (LHCs)

## Distribución de Energía en Fotosistema-II

% aproximados de la dispersión y uso de la Energía Absorbida



(Olaizola and Yamamoto, 1994; Kirk, 1994)

# Variaciones en la emisión de fluorescencia

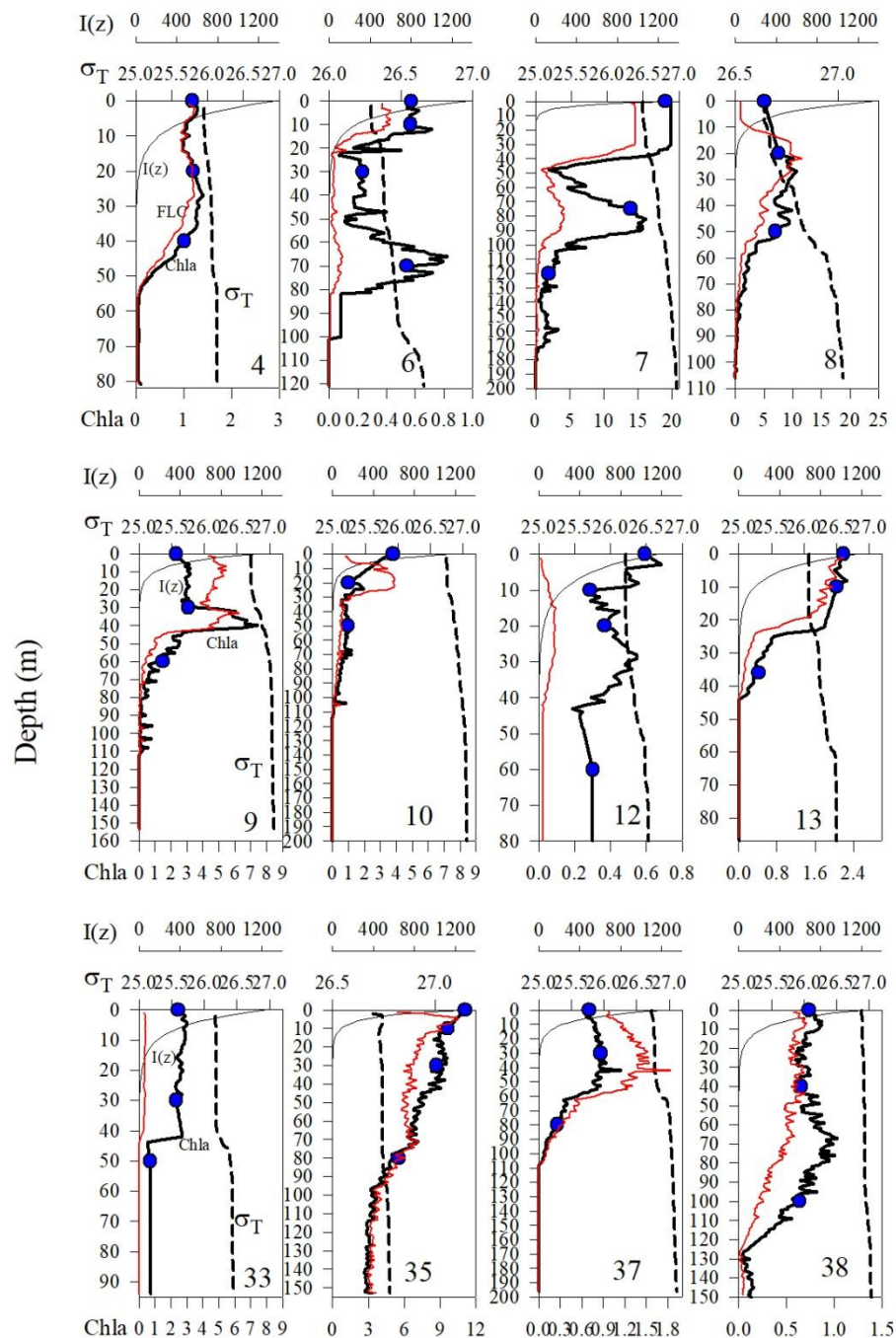
En la naturaleza la fluorescencia proviene solo de la sub-antena que rodea al PS-II.

- La proporción entre la cantidad de clorofila-*a* en la sub-antena-II y la concentración total de clorofila en la célula varía en cada especie de fitoplancton.
  - **El factor Cla/FI no es fijo varía de acuerdo a la composición de especies de fitoplancton en cada lugar.**
- La intensidad de fluorescencia emitida depende del funcionamiento del aparato fotosintetizador y del estado fisiológico de la célula (e.g., fotoaclimatación ,disponibilidad de nutrientes, etc.)
  - **El factor Cla/FI no es fijo para una misma especie de fitoplancton sino que varía de acuerdo a las condiciones ambientales en cada lugar.**

# Ejemplos perfiles GEF-1

## Perfil de concentración de Cla:

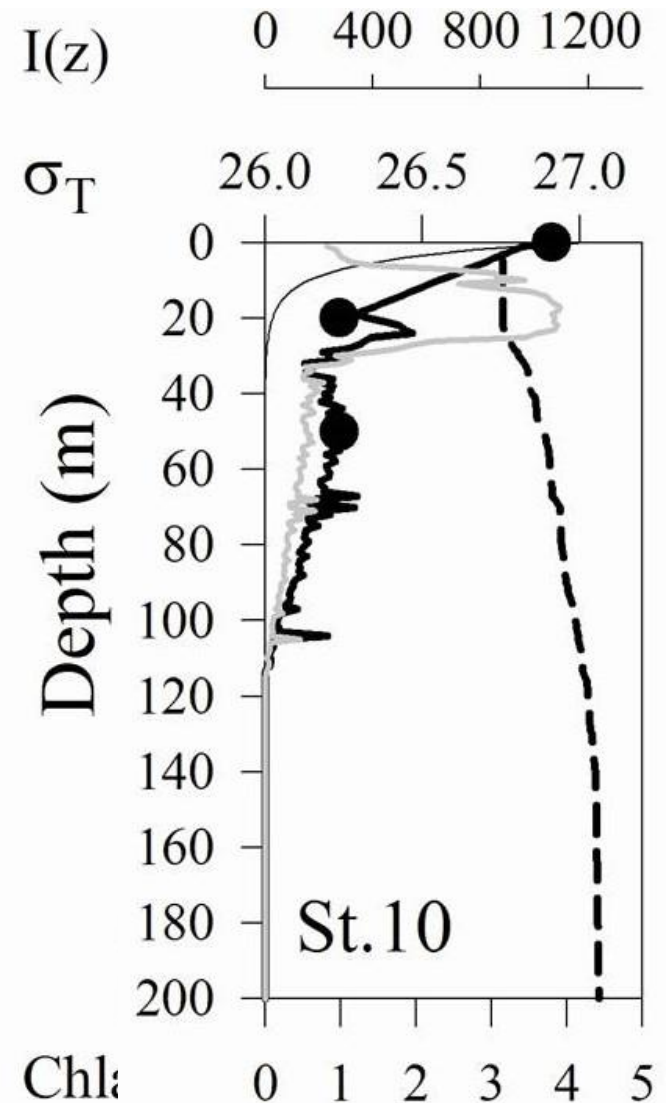
- A las profundidades donde se analizó químicamente la concentración de Cla, se calcula un factor Cla/FI.
- Entre profundidades con muestra de Cla se interpola el factor Cla/FI metro a metro y se multiplica por la FI.
- El factor obtenido en la última muestra de Cla, se usa para multiplicar por la FI hasta el final del perfil.



# Fotoinhibición de la Fluorescencia *in vivo*

## Perfil de concentración de Cla:

- Controlar si entre la muestra de Cla de superficie y la segunda muestra de Cla el perfil de Fl muestra un “aparente máximo de Fl”.
- En ese caso simplemente interpolar los valores de Cla entre las dos profundidades.



# El factor que relaciona fluorescencia *in vivo* con la concentración de clorofila-*a* es sumamente variable

- Puede variar en más de **2** órdenes de magnitud.
- El perfil de fluorescencia solo indica en forma **general** la distribución de fitoplancton pero **NO** su concentración.
- La fluorescencia **NO** tiene unidades de concentración de clorofila.
- **NO se calibra un sensor de fluorescencia.**  
Se puede transformar la señal en valores de clorofila habiendo tomado muestras *in situ* en cada estación a diversas profundidades.





**Fluorescencia**  $\neq$  **Clorofila**  $\neq$  **Producción**

[Adimensional]

[M L<sup>-3</sup>]

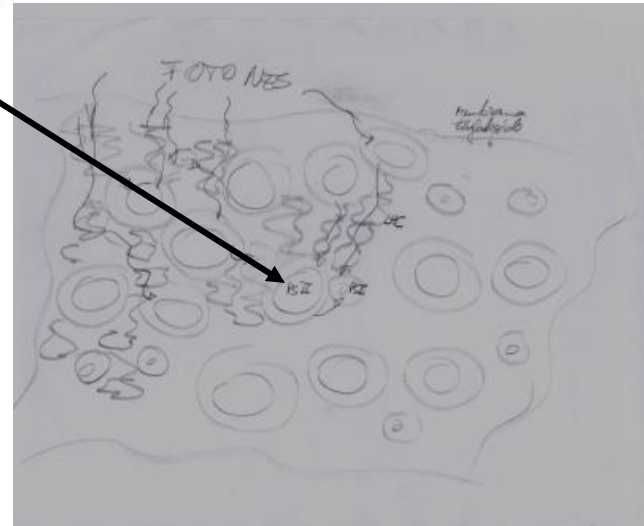
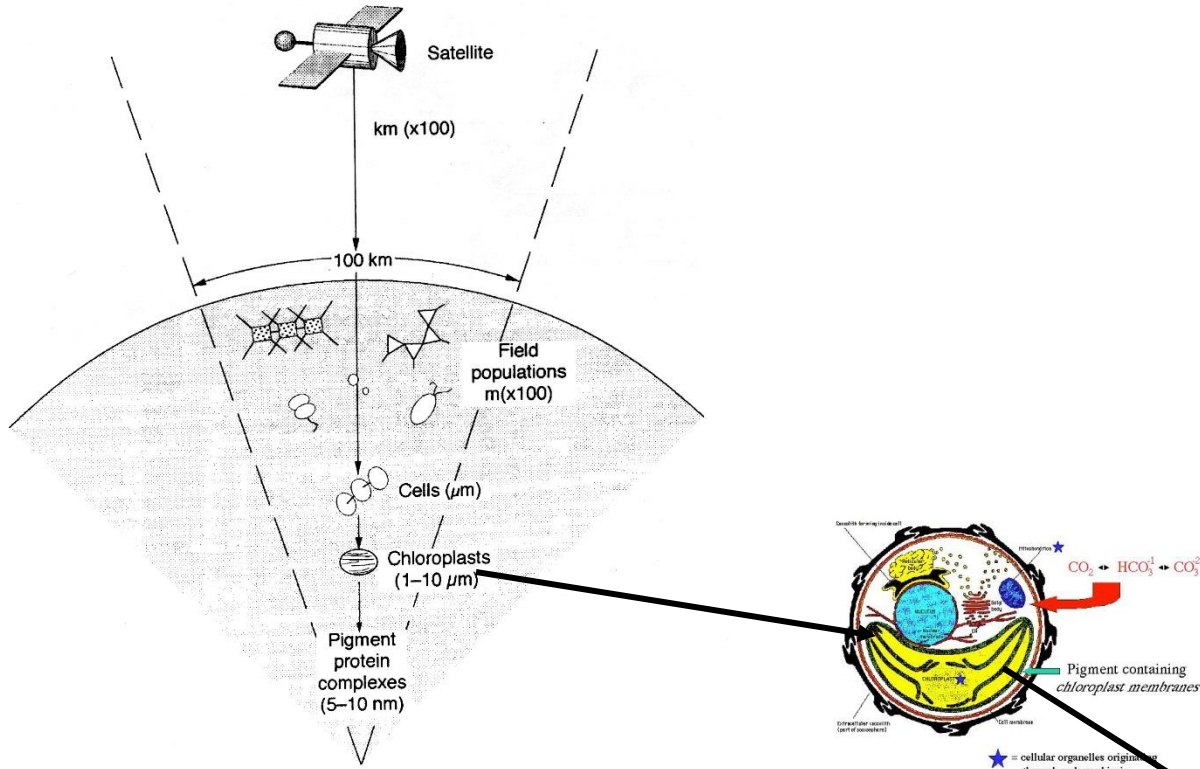
[M L<sup>-3</sup> T<sup>-1</sup>]

[u.r.]

[mg *Cl* m<sup>-3</sup>]

[mg *C* m<sup>-3</sup> h<sup>-1</sup>]

# Escalas: de molecular a global

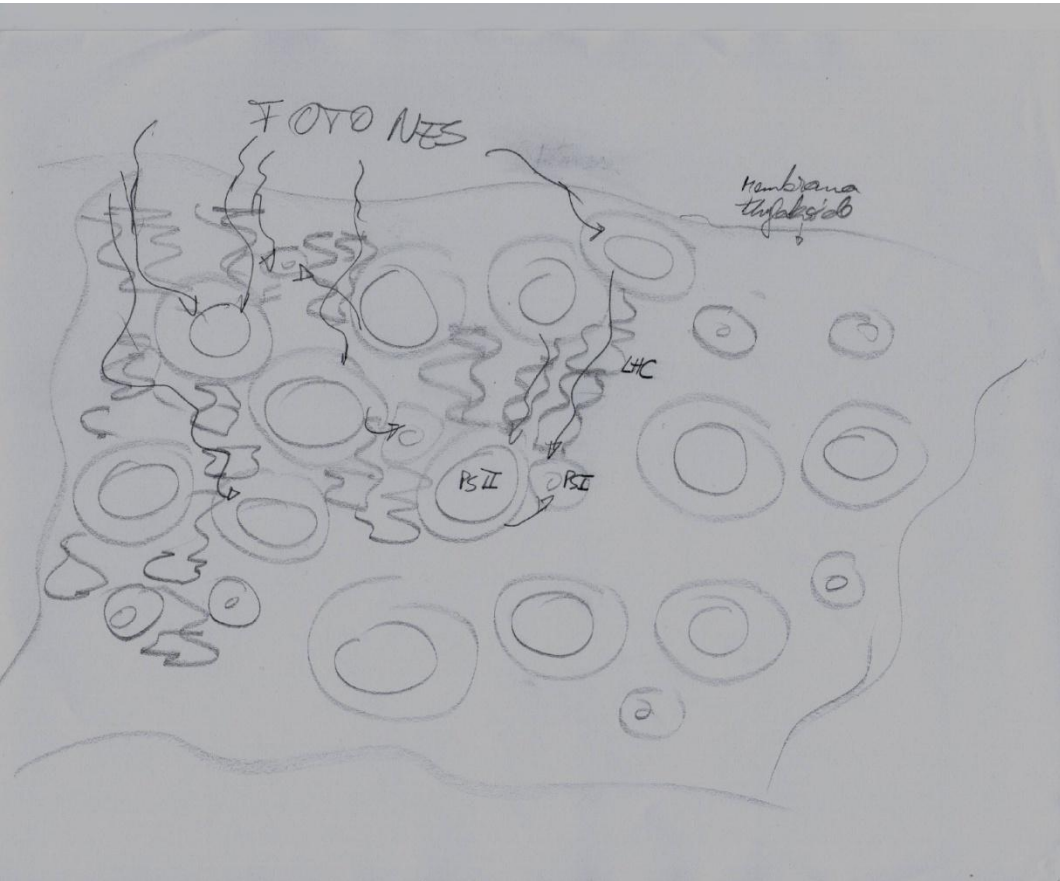


(Jeffrey y Mantoura 1997)

# Flujo de energía dentro del aparato fotosintético

Fotones circulan de:

- Distintos LHCs a PSII o PSI
  - **Fotosíntesis** (~15-20%)
- De PSII a PSI
  - **Fluorescencia** (~0.5-5%)
  - **Calor** (> 75%)



(autor anónimo)

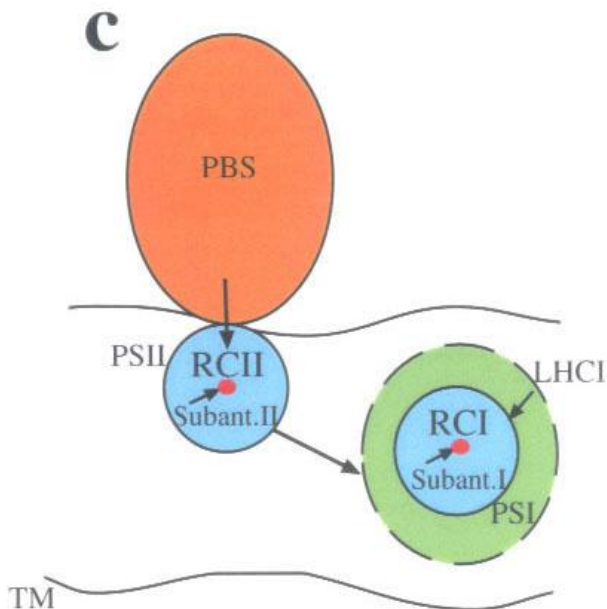
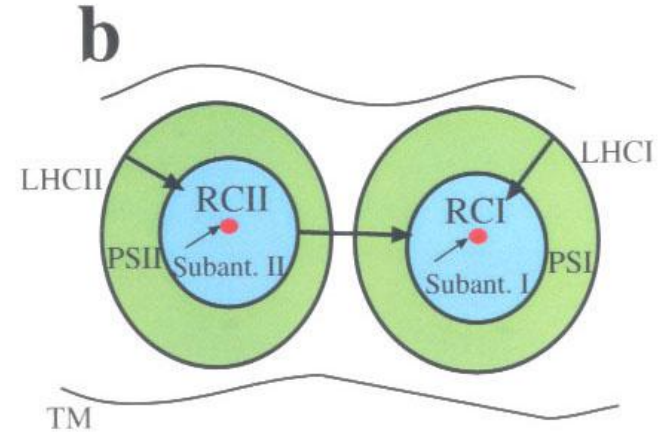
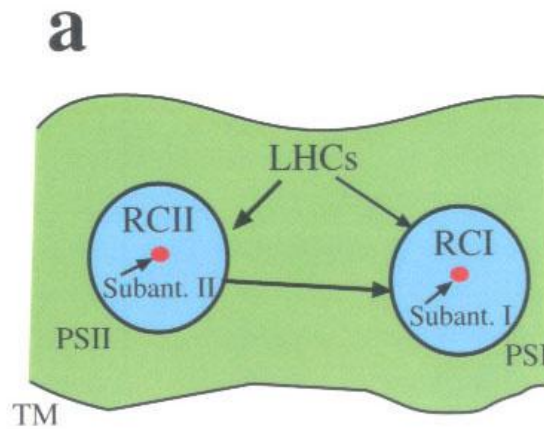
Cite as: H. Lin *et al.*, *Science*  
10.1126/science.aab2213 (2016).

# The fate of photons absorbed by phytoplankton in the global ocean

Hanzhi Lin,<sup>1\*</sup> Fedor I. Kuzminov,<sup>1</sup> Jisoo Park,<sup>2</sup> SangHoon Lee,<sup>2</sup> Paul G. Falkowski,<sup>1,3†</sup> Maxim Y. Gorbunov<sup>1†</sup>

Solar radiation absorbed by marine phytoplankton can follow three possible paths. By simultaneously measuring the quantum yields of photochemistry and chlorophyll fluorescence *in situ*, we calculate that, on average, ~60% of absorbed photons are converted to heat, while only 35% are directed toward photochemical water splitting and the rest are re-emitted as fluorescence. The spatial pattern of fluorescence yields and lifetimes strongly suggests that photochemical energy conversion is physiologically limited by nutrients. Comparison of *in situ* fluorescence lifetimes with satellite retrievals of solar induced fluorescence yields suggest that the mean values of the latter are generally representative of the photophysiological state of phytoplankton, however the signal to noise ratio is unacceptably low in extremely oligotrophic regions, which comprise 30% of the open ocean

# Transferencia de energía dentro de la PSU



LHCs: light-harvesting-complexes

LHCI and LHCII: light-harvesting-complex I and II

PBS: phycobilisomes (special type LHCII)

PSI and PSII: photosystem I and II

Subant. I and II: subantenna I and II

RCI and RCII: reaction center I and II

TM: thylakoid membrane

(Lutz 1999)

# Mediciones de Fluorescencia del Fitoplancton

- *In vitro*
  - **Determinación fluorométrica de la clorofila-*a* (extracto)**
- *In vivo*
  - Actínica (inducida por luz artificial)
    - **Perfil de Fluorescencia (campo)**
    - LIDAR (campo)
    - Microscopio de Epifluorescencia (muestra)
    - Citometría de Flujo (muestra)
    - Espectros de Excitación de Fluorescencia (muestra)
    - Curva de Inducción de Fluorescencia (muestra)
    - Fluorimetría de Pulsos Repetitivos (muestra o campo)
  - Pasiva (inducida por luz solar)
    - Perfil de Fluorescencia (campo)
    - Sensoramiento Remoto (campo)