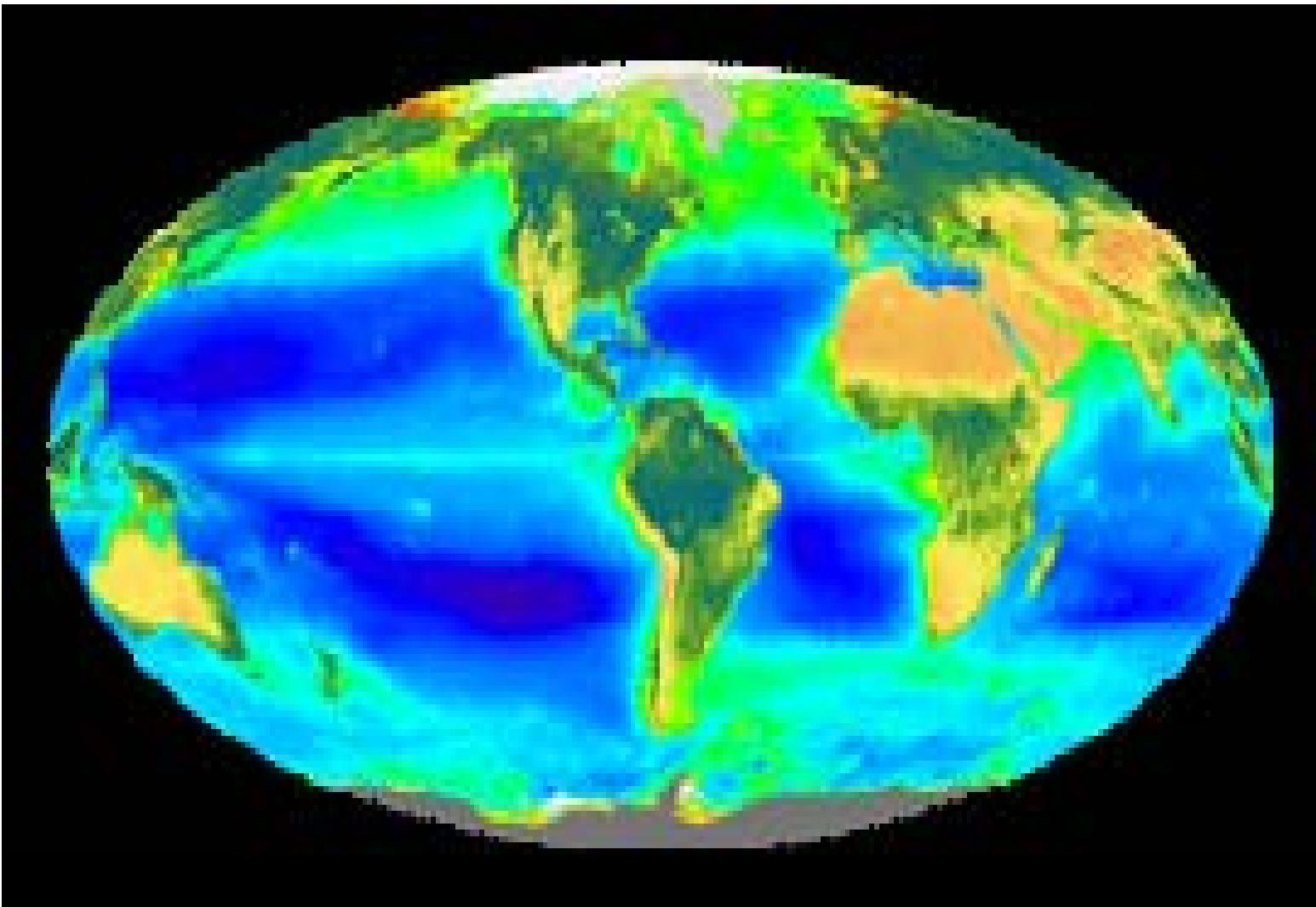


# EFFECTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS DEL OCÉANO

Gilberto Caxiola Castro  
División de Oceanología  
CICESE

# PROCESOS BIOGEOQUÍMICOS:

1. Producción primaria
2. Zonas de producción en México
3. Hipoxia: bajo  $O_2$ , alto  $CO_2$
4. Efectos de procesos físicos
5. Qué hacer?.

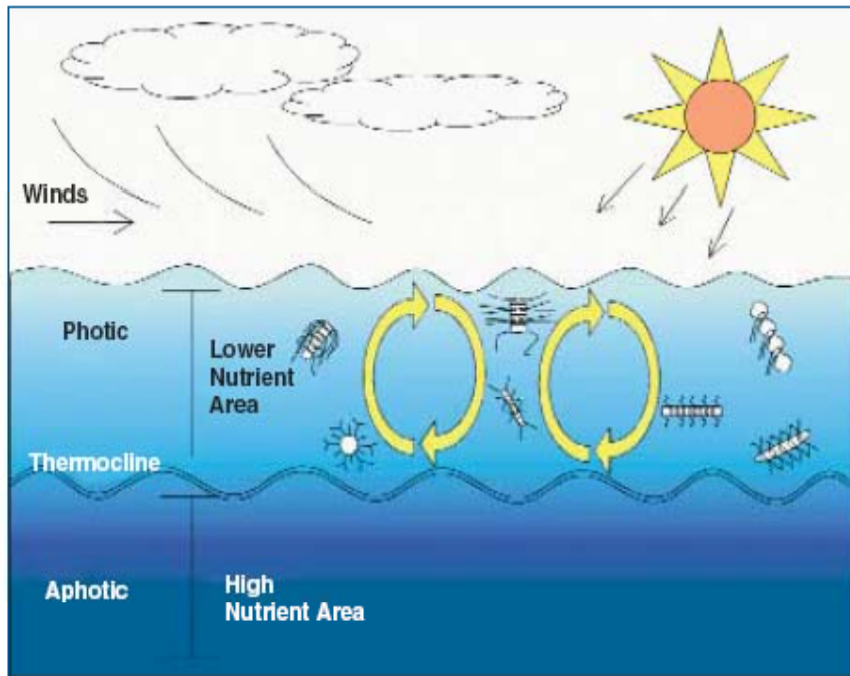


### Producción Biológica:

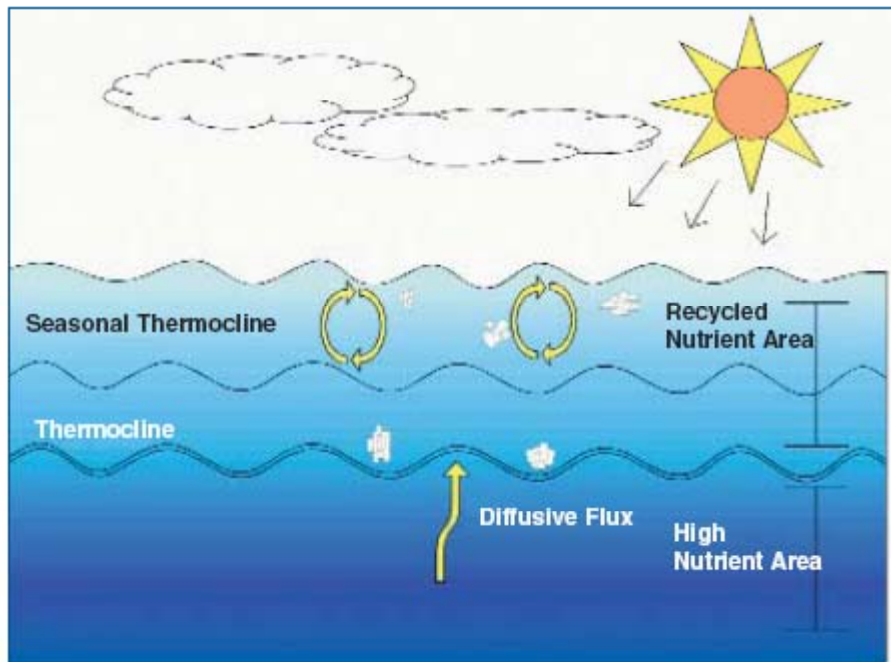
Radiación solar.

Esfuerzo del viento sobre la superficie del océano.

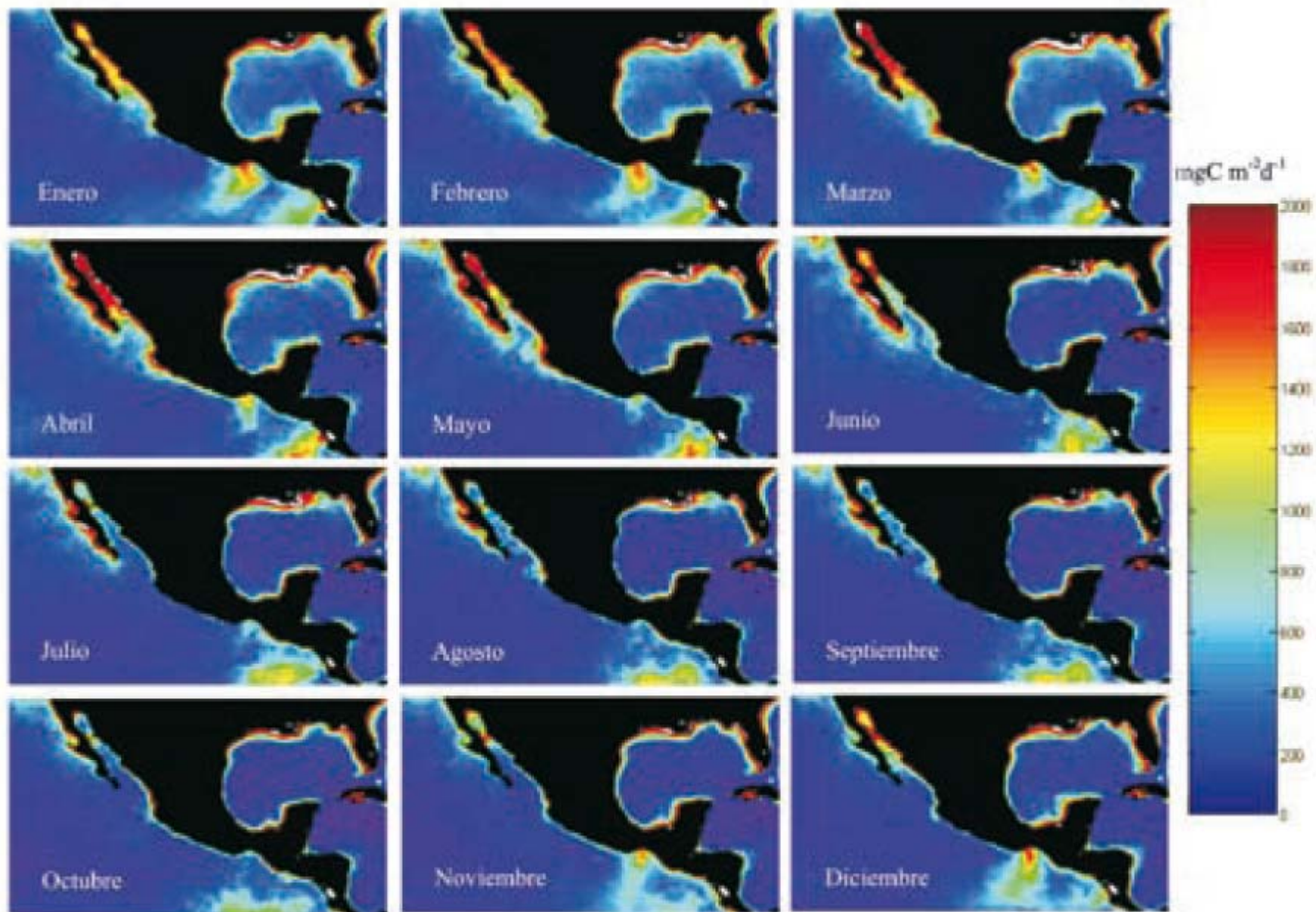
Mezcla (estratificación) de la columna de agua



Mayor biomasa y mayor producción del fitoplancton



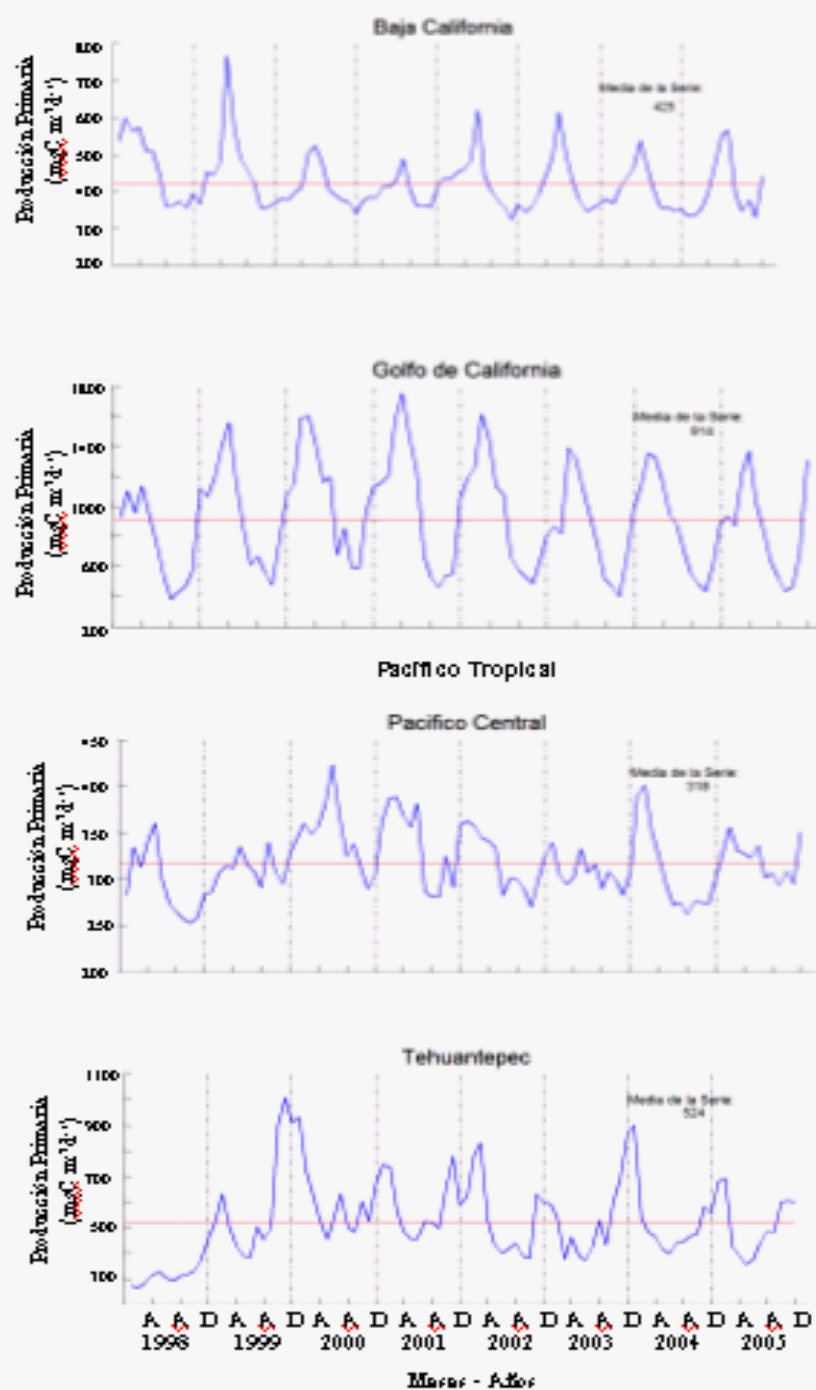
Menor biomasa y menor producción del fitoplancton



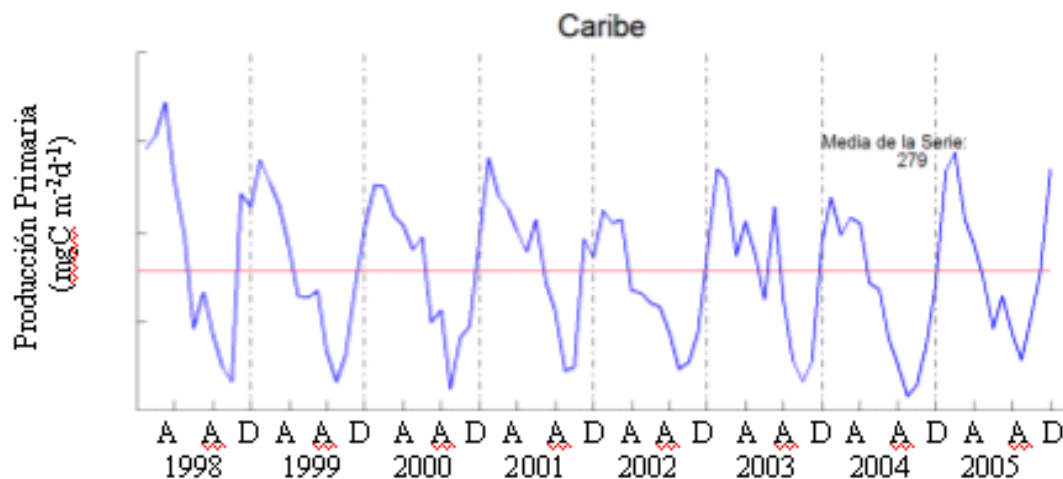
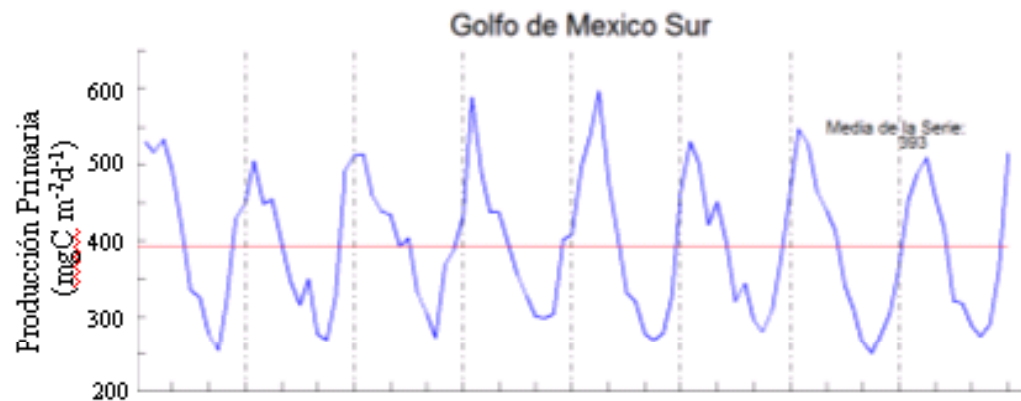
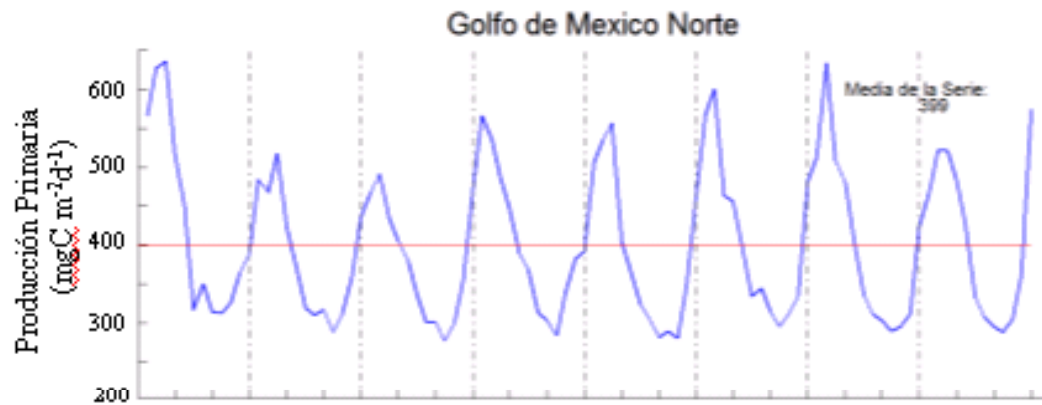
Producción primaria en los mares mexicanos: 1998-2005

Martínez-Gaxiola et al. 2007

## Producción primaria en el Océano Pacífico mexicano



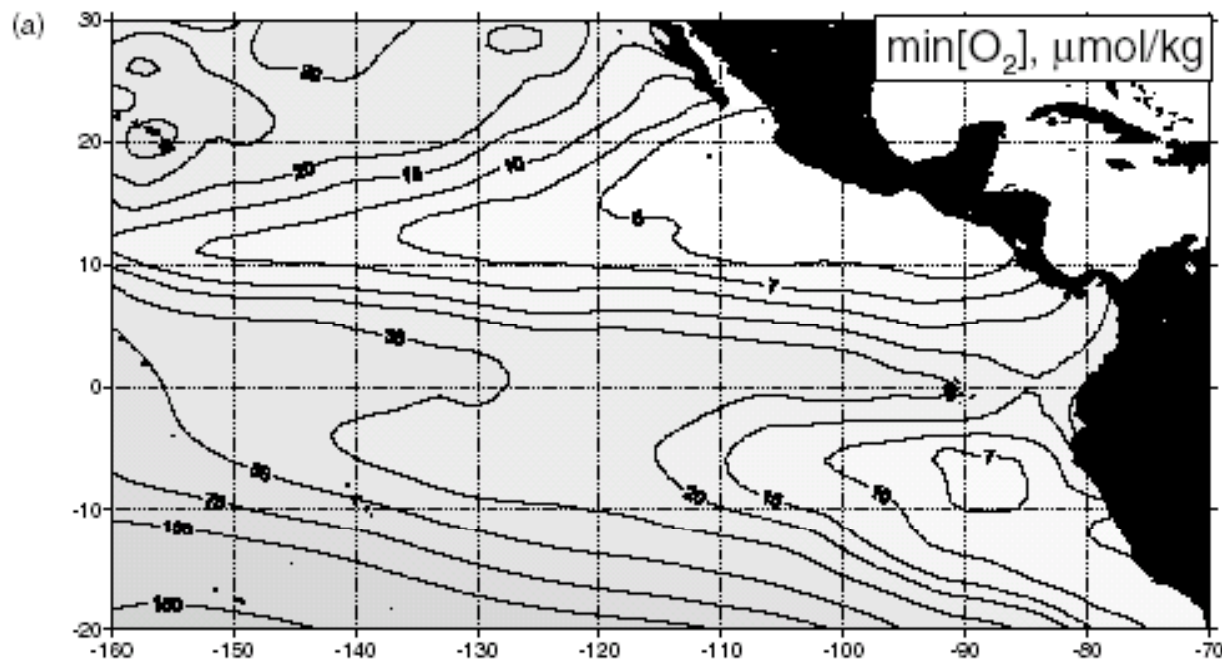
Martínez-Gaxiola et al. 2007.



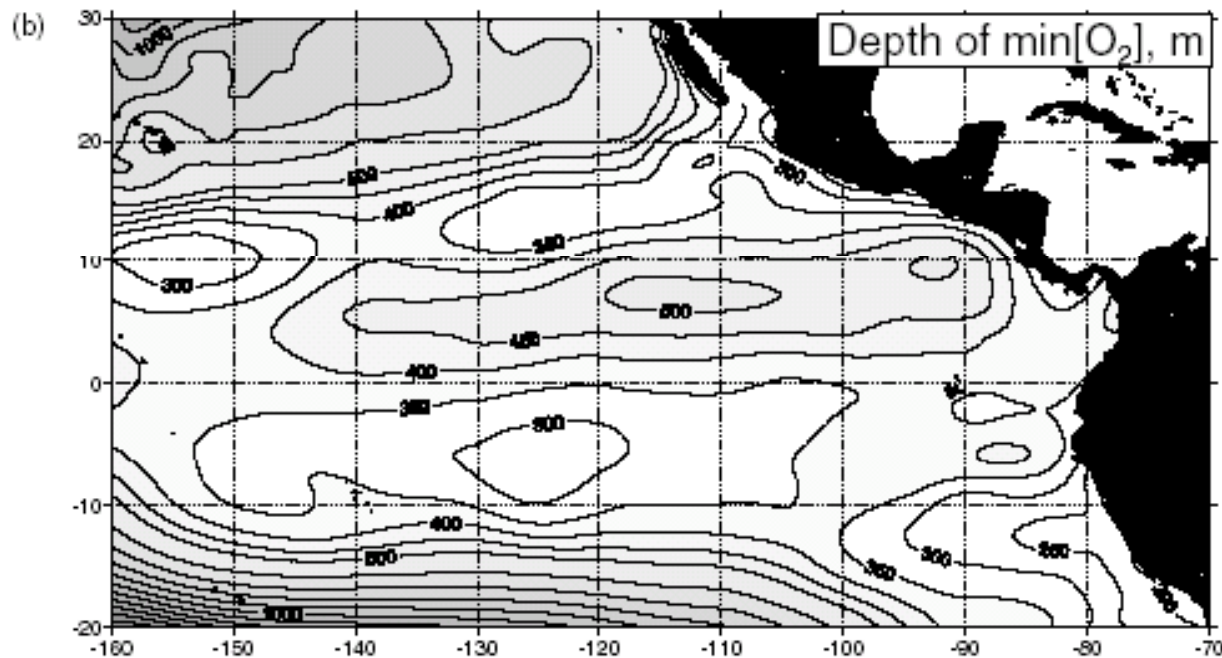
Producción primaria en el Golfo de México y en el Mar Caribe mexicano

Martinez-Gaxiola et al. 2007.





# Extensión de la zona de mínimo de oxígeno disuelto (ZMO) en el Océano Pacífico oriental



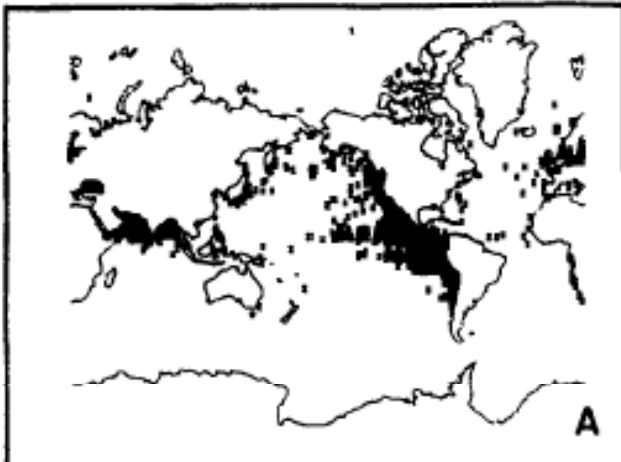
## Profundidad del mínimo de oxígeno el Océano Pacífico oriental

Fielder y Talley. 2006.

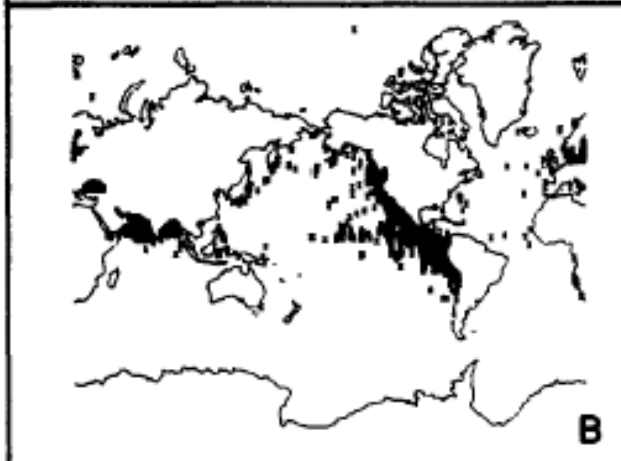


# Hipoxia ( $O_2 < 0.2 \text{ ml L}^{-1}$ ) en los océanos

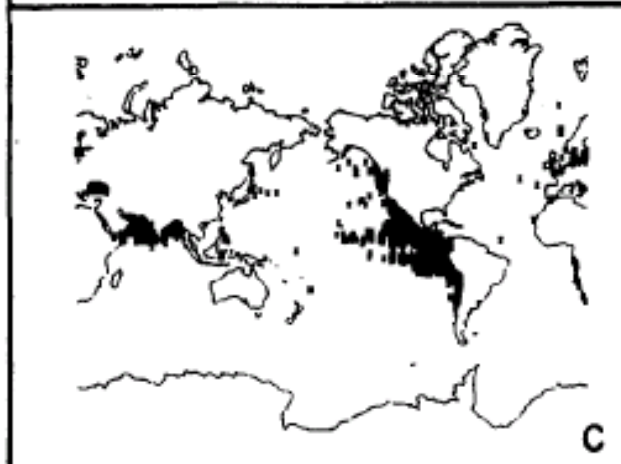
Todos los datos



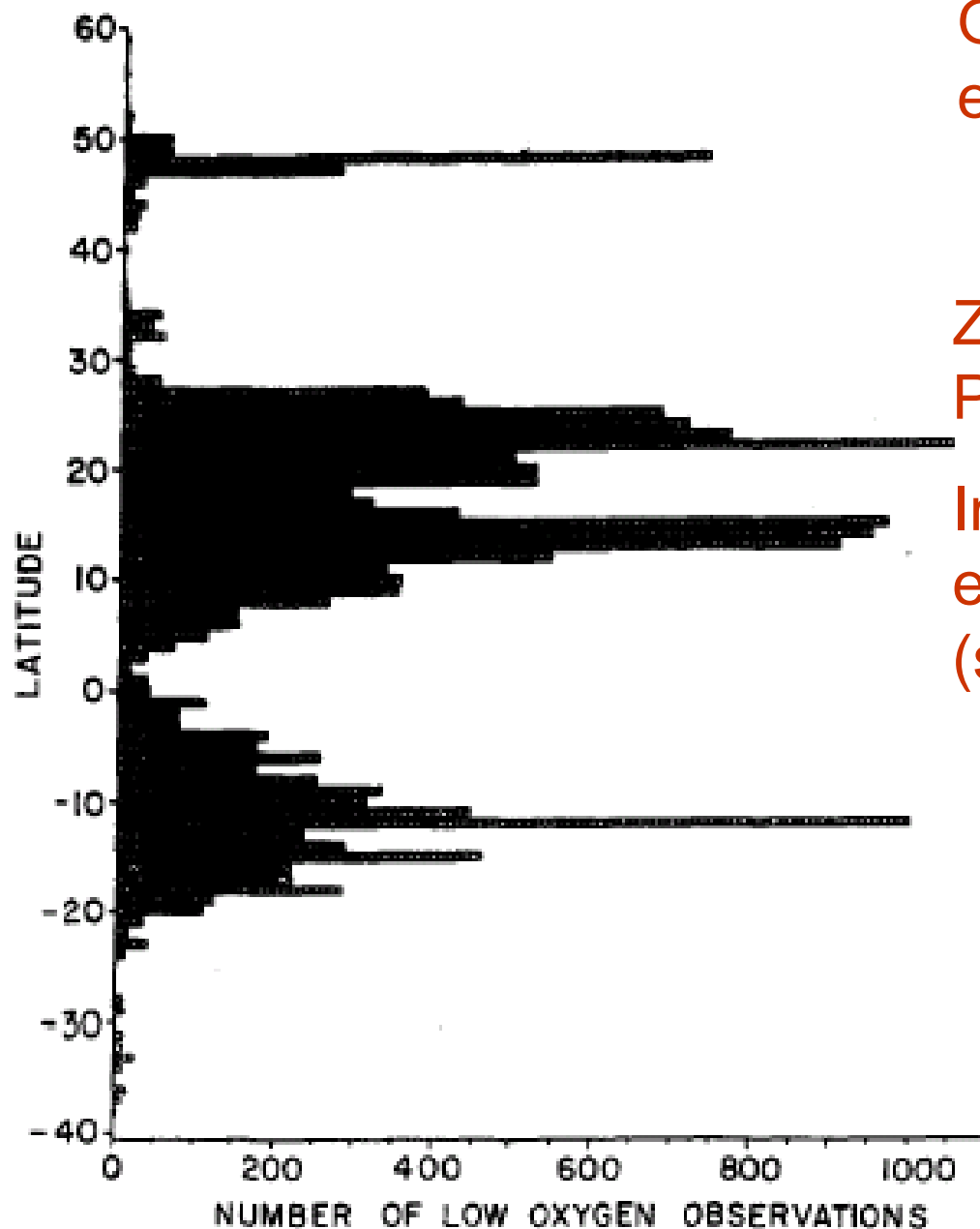
Abril-Septiembre



Octubre-Marzo



Kamykowski y Zentara. 1990.

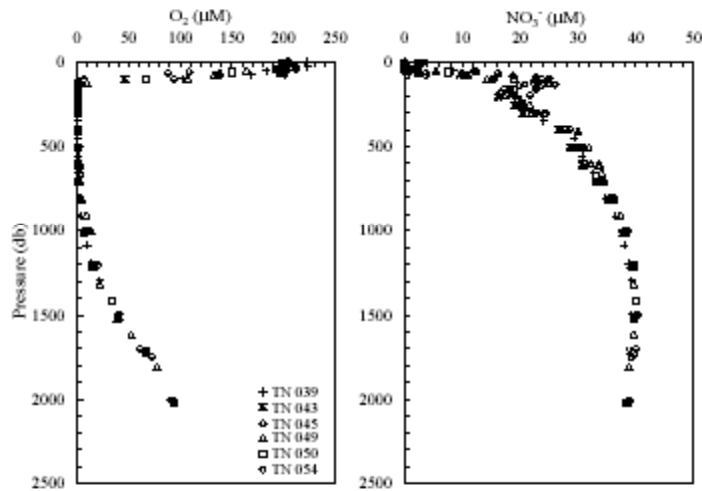


Observaciones de hipoxia en  
el Océano Pacífico oriental

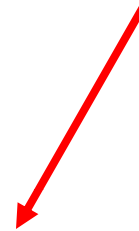
Zona mexicana del Océano  
Pacífico.

Interacción de condiciones  
ecuatoriales y templadas  
(subárticas)

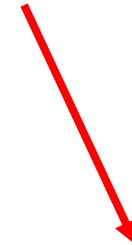
Kamykowski y Zentara. 1990.



Oxígeno Disuelto: ciclo del N, en especial en ZMO hipóxicas



Pérdida de N bio-disponible



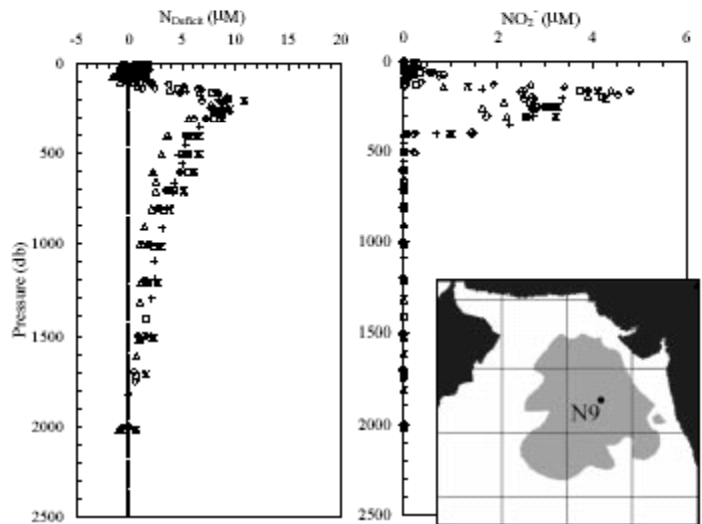
Aumento de  $N_2O$  (gas invernadero)

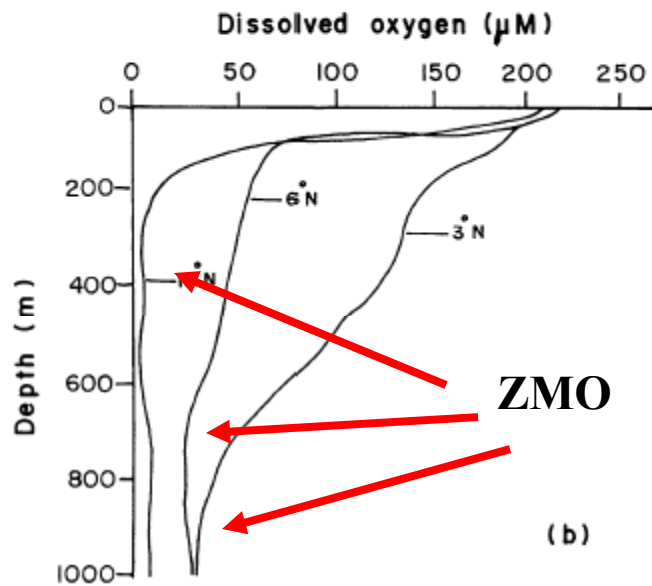


Favorece el calentamiento global



Aumenta el volumen de las ZMO

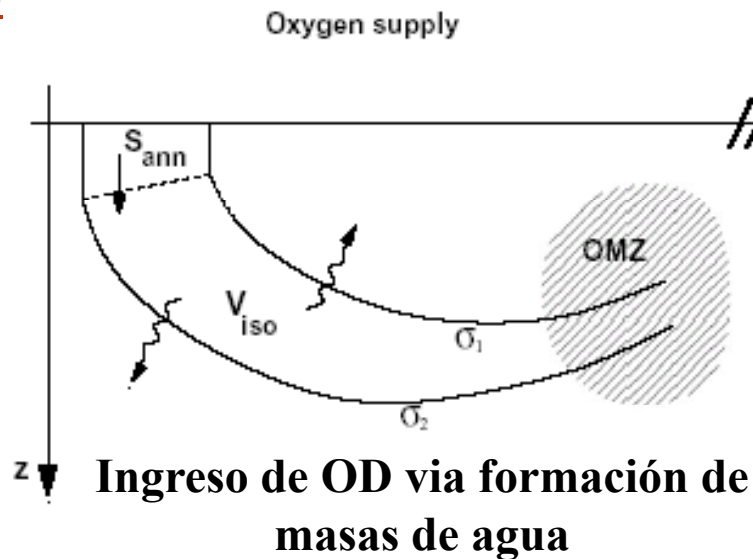




## Perfil Típico de OD

### Procesos

### Físicos



### Procesos

### Biológicos

Utilización de OD  
por la biota (aOUR  
 $\mu\text{mol kg}^{-1} \text{y}^{-1}$ )

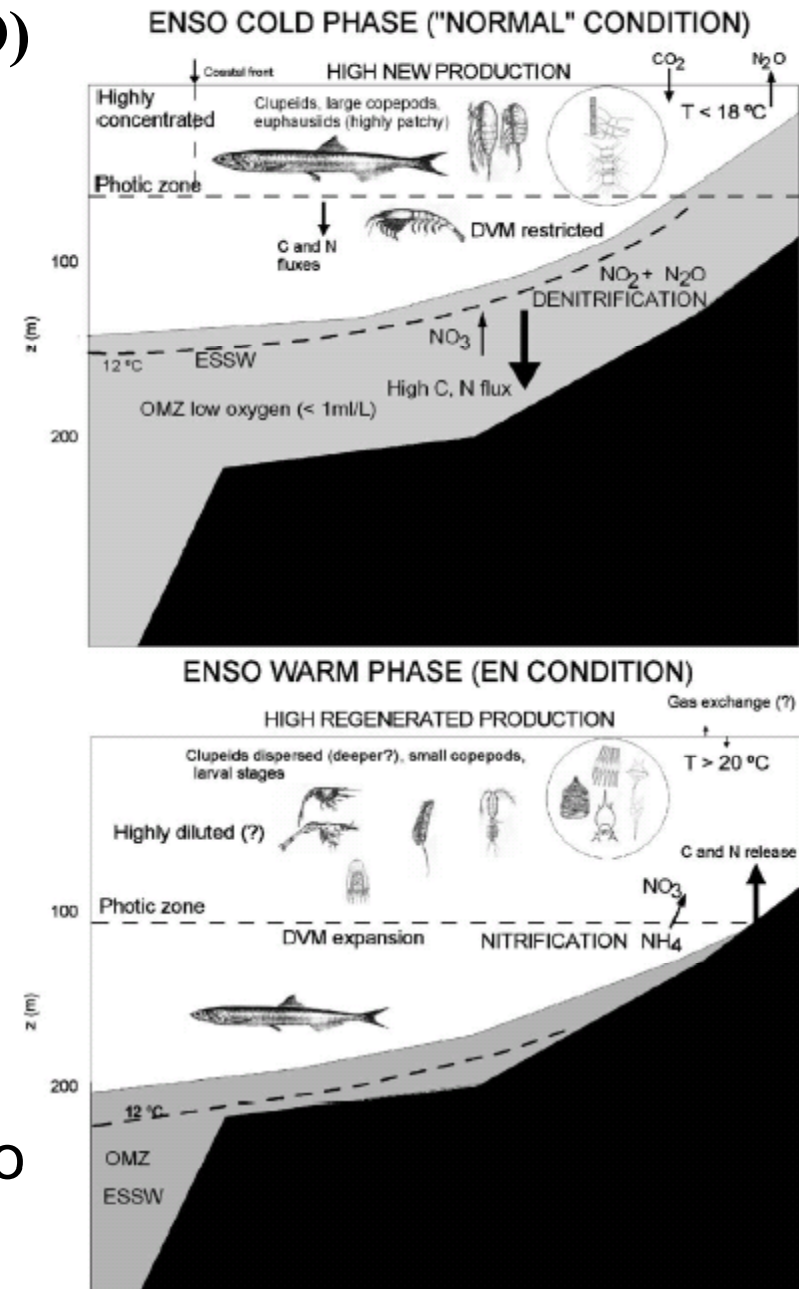
# Efectos de mesoescala: El Niño (ENSO)

Profundiza el limite superior de la ZMO

Escribano et al. 2004. Morales et al. 1999

“The normally shallow OMZ deepened with the arrival of the Kelvin waves”

Impacto de la variación de la circulación en el ecosistema pelágico



## **Oxígeno Disuelto depende de:**

1. Ventilación: Circulación profunda (grandes volúmenes)  
Circulación superficial (distribución)
2. Intercambio océano-atmósfera: solubilidad de los gases (variabilidad climática)
3. Consumo (respiración) y producción de materia orgánica

Escala global: Formación de masas de agua.

Escalas regionales: Procesos que afectan al límite superior de la ZMO

Surgencias (Hundimientos)

Advección masas de agua

Cambios en el nivel del mar..?



## Contexto Global de las ZMO

Helly & Levin (2004). “El calentamiento global puede conducir a disminución del contenido de OD en los océanos ...”. Efectos estacionales de productividad primaria y la circulación oceánica.

Karstensen et al. (2008). Procesos de ventilación (circulación oceánica) afecta el grado de hipoxia. Océano Pacífico norte combina un gran volumen y poca ventilación. Procesos Físicos >>>Proc. Biológicos

Bograd et al. (2008). Corriente de California. Disminución en el contenido de Oxígeno Disuelto por debajo de la termoclina. Disminución de la profundidad de la ZMO.

Aumento en la advección de agua hipóxica y estratificación por calentamiento superficial y disminución del flujo vertical del Oxígeno Disuelto en el océano.

# EVIDENCIAS RECIENTES

## The change in oceanic O<sub>2</sub> inventory associated with recent global warming

Ralph F. Keeling<sup>†</sup> and Hernan E. Garcia<sup>†</sup>

## Persistently declining oxygen levels in the interior waters of the eastern subarctic Pacific

Frank A. Whitney \*, Howard J. Freeland, Marie Robert

# QUÉ HACER?

1. Mostrar evidencias para aguas mexicanas
2. El ejemplo de IMECOCAL en Baja California
3. Esfuerzos en regiones y ecosistemas más sensibles a cambios biogeoquímicos
4. Comunicar los resultados a los usuarios y tomadores de decisión.....Urgente