



Capacidad Ambiental como Herramienta de Manejo para la Actividad Acuícola

Prof. Marco A. Salamanca. Ph.D
Laboratorio de Oceanografía Química
Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción



ESTRUCTURA DE LA PRESENTACION

- 1.- El problema que se desea abordar
- 2.- Procesos importantes
- 3.- Nuestra aproximación
- 3.- Capacidad Ambiental (Capacidad de Carga Ambiental?)
- 4.- Nuestra experiencia



El problema ambiental básico que enfrenta la actividad acuícola :

CARGA ORGANICA que llega al ambiente → **Transformaciones**

Disuelta: Menor significado ambiental → **Diluye**
Transiente
Extendido

Particulada: Mayor significado ambiental → **Concentrados**
Persistencia
Localizados



PROCESOS IMPORTANTES

1.- Sedimentación vs Acumulación (aporte de carga orgánica)

Sedimentación vertical

Distribución horizontal (Dispersión)

2.- Degradación aeróbica vs Degradación anaeróbica (Transformaciones)

Diagenesis



SEDIMENTACION:

Velocidad con la que una partícula viaja a través de la columna de agua hasta que alcanza el fondo

ACUMULACION:

Es la cantidad de material que permanece en el fondo, considerando procesos como resuspensión, degradación biogeoquímica, bioperturbación y sedimentación natural



TASA DE SEDIMENTACION (VERTICAL)

Para partículas individuales esféricas: Ley de Stokes : es función de Re

$$V = \frac{(\rho_s - \rho) \cdot g \cdot d^2}{18 \cdot \mu}$$

Donde:

ρ_s = densidad de la partícula
 ρ = densidad del agua
 g = aceleración de gravedad
 d = diámetro partícula
 μ = viscosidad

En el caso de los pellets fecales y pellets de alimento, el contenido de humedad juega un rol fundamental ya que define la densidad del material



Ambiente	Velocidad (cm/s)	Autor	Observación
Laboratorio	2	Findlay & Watling (1994)	Pellet fecal
Laboratorio	7	Gowes et al., (1988) ; Cross (1993)	Pellet fecal
Promedio	12	Gowes et al., (1988)	Pellet alimento
Laboratorio	5.5 – 15	Findlay & Watling (1994)	Pellet alimento
---	9-15	Gowes & Bradury (1987)	Pellet alimento
---	1.7 – 6	Hensen (1979)	Pellet alimento



Dispersión horizontal (D):

Es función de:

P = Profundidad (m)

V = Velocidad de la corrientes (m s^{-1})

S = Sedimentación de la partícula (m s^{-1})

$$D = V \cdot P/S \text{ (m)}$$



REACCIONES OXIDO/REDUCCION IMPORTANTES

1.-Oxidación aeróbica (-3190 kJ/mol):



2.-Oxidación por Fe/Mn (-3090 kJ/mol):



3.- Nitrato reducción (Denitrificación; -2750 kJ/mol):



4.-Sulfato reducción (-380 kJ/mol):

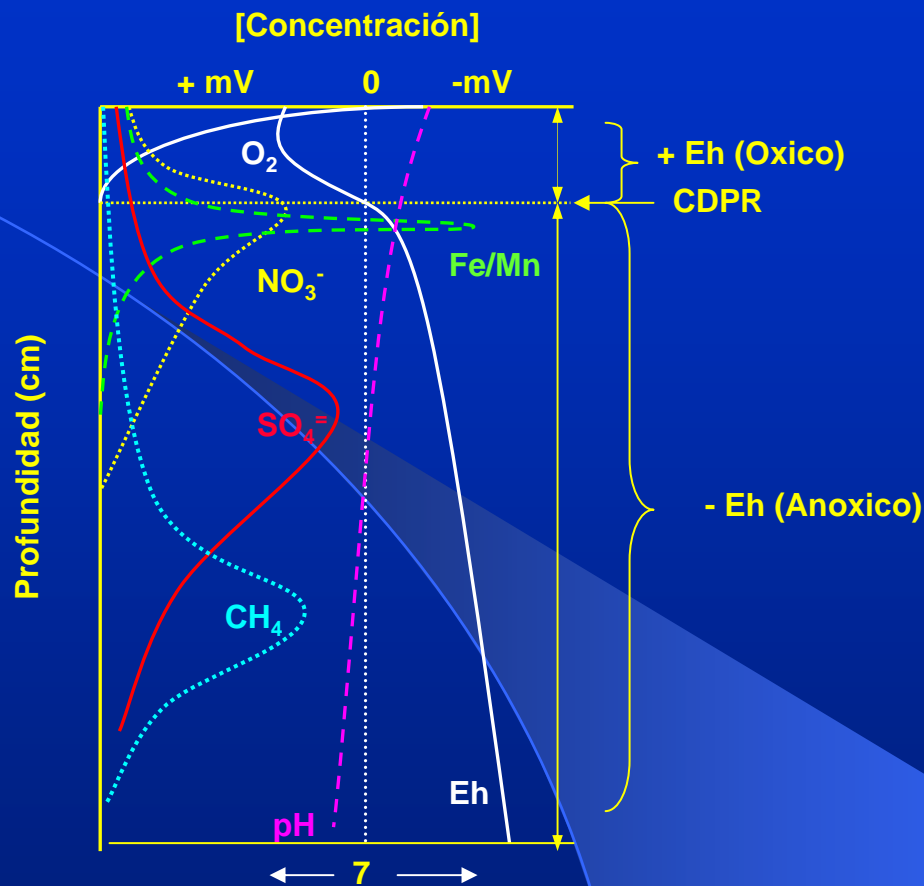


5.- Producción de Metano (-350 kJ/mol)



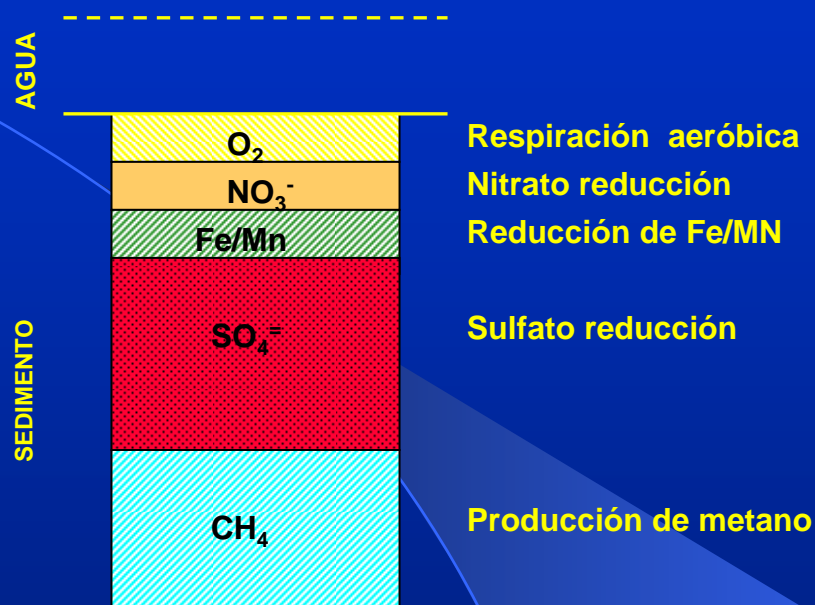


DISTRIBUCION VERTICAL DE ESPECIES QUIMICAS





ZONACION DE LA DESCOMPOSICION DE LA MATERIA ORGANICA





Nuestra aproximación



DESARROLLO DE UN MODELO PARA PREDECIR LA CAPACIDAD AMBIENTAL DE UN CENTRO ACUICOLA Y SUS EFECTO EN LA PRODUCCION

Proyecto FONDEF D04I-1333



¿Qué problema u oportunidad aborda el proyecto?

La optimización de la producción salmonícola compatibilizando la productividad y la calidad ambiental para incrementar la sustentabilidad económica de esta actividad.

Busca entender el problema de fondo, cual es conocer y manejar la capacidad de carga productiva y ambiental, facilitando información básica para el manejo de aspectos productivos y ambientales.



OBJETIVO GENERAL

Mejorar la competitividad de la industria salmonera a través de la aplicación de un modelo numérico de la disponibilidad ambiental del oxígeno, que permita el manejo eficiente de la producción y resguarde la calidad ambiental, integrando información básica a decisiones operativas de la actividad acuícola.



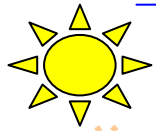
OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. **Cuantificar los procesos que regulan el contenido de oxígeno en el ambiente acuático en los cuales se desarrolla la actividad acuícola**
2. **Incorporar los resultados de la información biogeoquímica del oxígeno a un modelo numérico que permita simular las condiciones de producción óptimas para mantener la productividad**
3. **Validar el modelo**
4. **Definir opciones de manejo que se pueden derivar de la aplicación del modelo a la salmonicultura**



DESCRIPCION DEL MODELO

Es un modelo holístico y comprensivo que considera la capacidad asimilativa y ambiental del ecosistema donde se desarrollan los cultivos, no reductivo i.e., multiparamétrico, entendiendo las relaciones entre las variables y los flujos que hay entre los diferentes compartimentos que interactúan en el ecosistema en que se inserta la actividad



Luz PAR

INTERCAMBIO OCEANO-ATMOSFERA

Interfase océano-atmósfera

Difusión vertical

$t^{\circ}, S \times 10^{-3}, \sigma_t$

ADVECCION

PRODUCCION
FITOPLANCTON

Nutrientes

O_2

RESPIRACION

SISTEMA DE CULTIVO

Difusión Horizontal

Difusión horizontal

Nutrientes

MOP

RESPIRACION
ZOPLANCTON

DBO

MOP

Interfase agua-sedimento

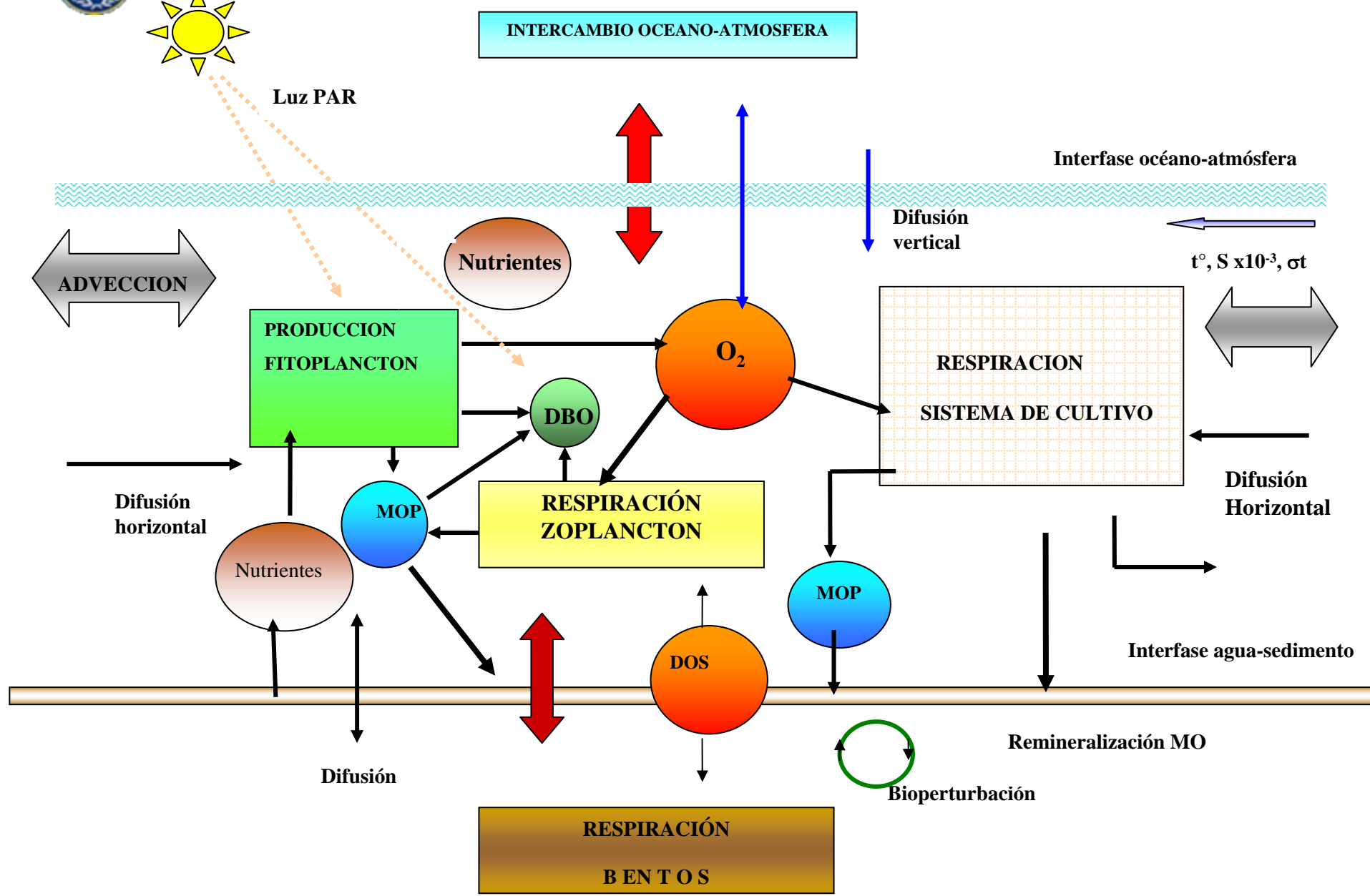
Difusión

DOS

Remineralización MO

Bioperturbación

RESPIRACION
BENTOS





APROXIMACION METODOLOGICA

1. **Integración** diferentes procesos físicos, químicos y biológicos, a la forma de balances de masa entre los diferentes componentes de un ecosistema y las tasas de transferencia de materia y /o energía entre ellos, a la forma de flujos.
2. **Caracterización:** La hidrodinámica y los procesos biogeoquímicos que ocurren en la columna de agua que determinan el consumo y/o producción de oxígeno, mientras ésta es transportada por las corrientes del área de estudio a diferentes escalas espaciales y temporales
3. **Simulación:** mediante un modelo validado que sea capaz de reproducir como funciona el sistema en estudio, los estados de equilibrio ecológicos, el efecto de perturbaciones tanto naturales como antropogénicas (salmonicultura) en este equilibrio y evaluar como estos cambios, que pueden significar que el sistema alcance una nueva condición de equilibrio (e.g., oxia, hipoxia v/s anoxia) pueden a su vez afectar a la salmonicultura (retroalimentación).



ENFOQUE METODOLOGICO:

i) Estudios sinópticos

- **Caracterización oceanográfica:**

Distribución vertical (perfiles) estacional de temperatura, salinidad, densidad y DO: CTDO, i.e., invierno, primavera, verano, otoño

Distribución vertical (perfiles) estacional nutrientes (nitratos, nitritos, amonio, fosfato y silicatos), pigmentos fotosintéticos y luz PAR: Botellas Niskin, Espectroflurómetro; Quantómetro

- **Información meteorológica**

- **Información hidrodinámica: ADCP , ADC**



ii) Estudios dinámicos (flujos, inventarios, tasas)

Frecuencia de mediciones : Estacional.

Lugar de mediciones : i) fuera del sistema de cultivo
ii) dentro de una balsa jaula

- **Medición de Producción Primaria**
- **Medición de Demanda de Oxígeno de Sedimento (DOS)**
- **Medición de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) en columna de agua**



iii) Inventarios de los compartimentos

- **Fitoplancton.**
- **Sistemas de cultivos**
- **Zooplancton**
- **Nutrientes inorgánicos**
- **Demanda de Oxígeno de Sedimento (DOS)**
 - Estudios *ex situ***
 - Estudios *in situ***
- **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)**



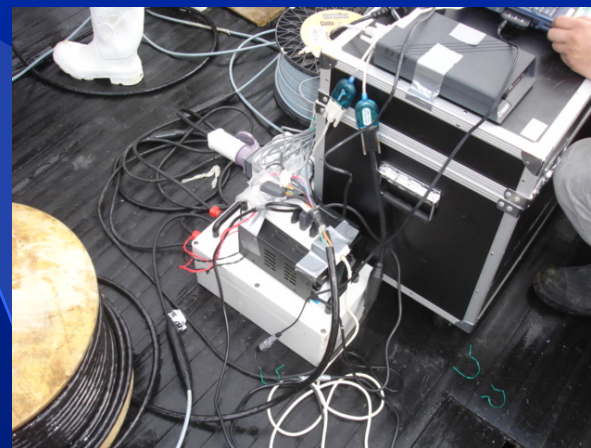
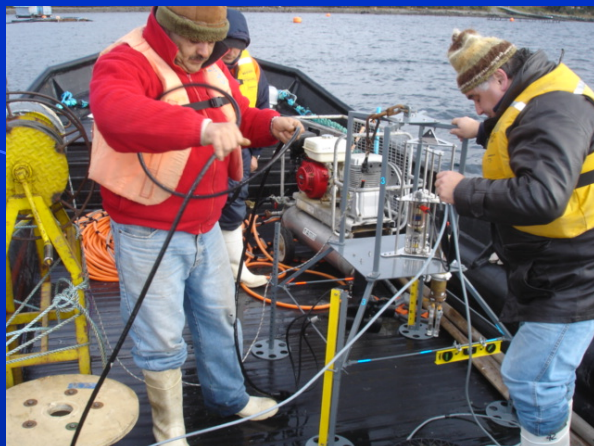
MODELACION

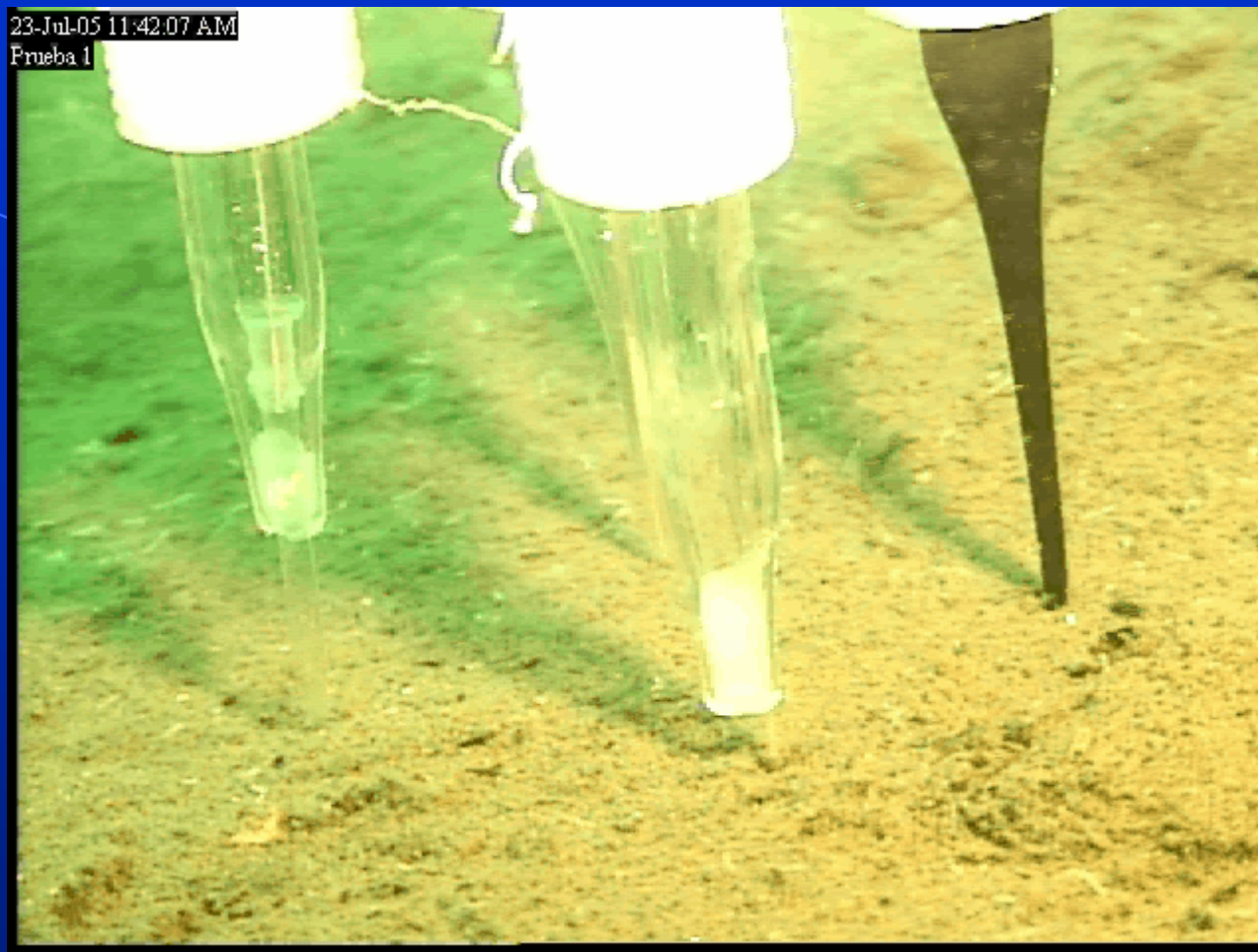
1. **Condiciones de borde**
2. **Base de datos**
3. **Modelo hidrodinámico + Modelo biológico + Modelo de Oxígeno**
4. **Simulación**

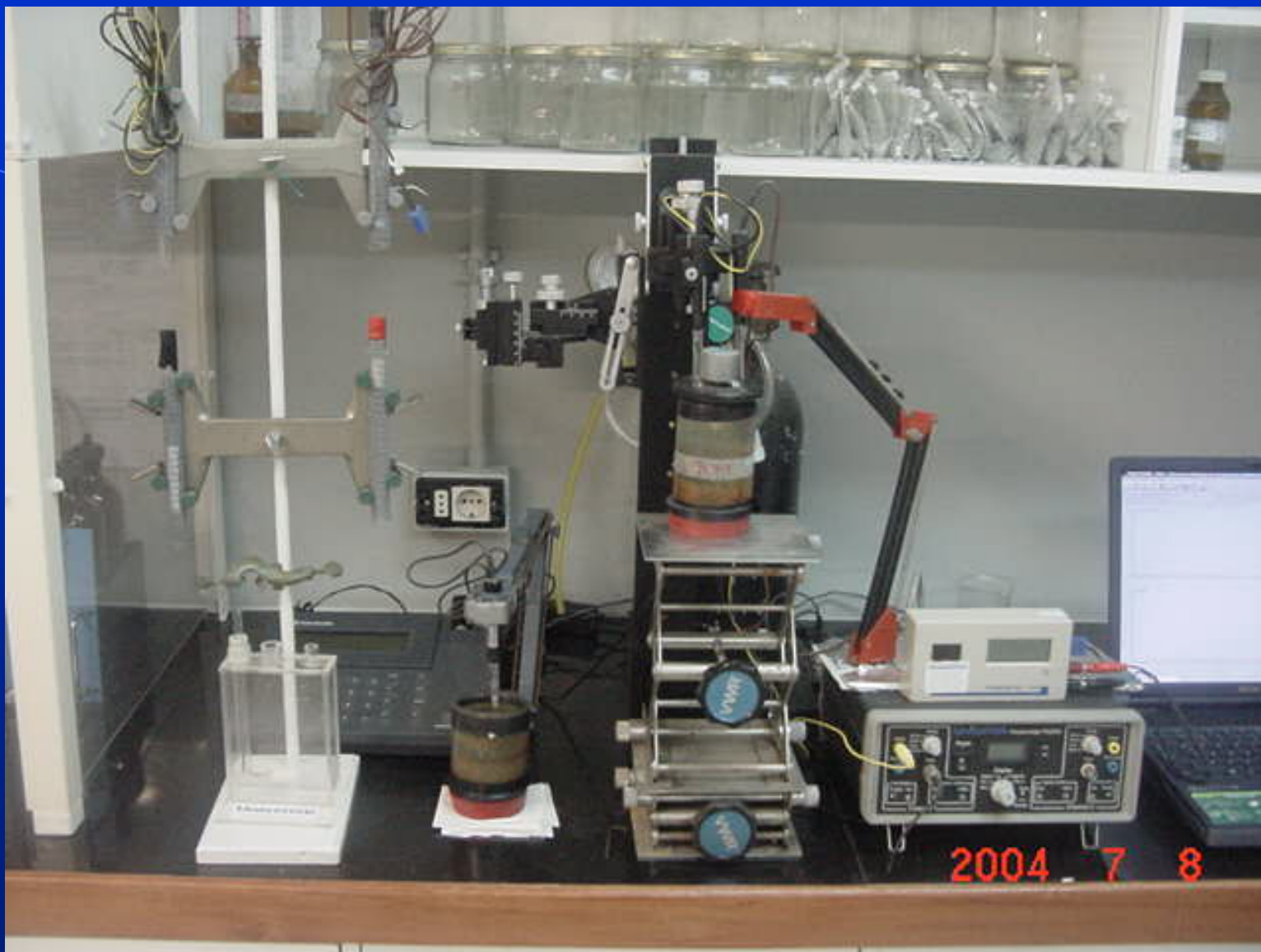




INTERNATIONAL AQUACULTURE WORKSHOP
Environmental and Social Responsibility for Sustainable Aquaculture











NUESTRA EXPERIENCIA

**Modelo de Capacidad de Carga productiva para el
cultivo de mitilidos (SWEM 3D)**



***CAPACIDAD DE CARGA:
UNA FORMA DE ADMINISTRAR
AREAS DE CULTIVO***

“CANAL DE YAL - CHILOE”

PROYECTO: D98I-1054



Procesos Físicos

Corriente
Marea
Viento
Hidrografía
Luz

Subproyecto 1

Procesos Químicos

Nutrientes
Isótopos
Carbono
Nitrógeno

Subproyecto 1

Procesos Fisiológicos

Filtración
Excreción
Asimilación
Respiración
Crecimiento

Subproyecto 2

Producción Primaria

Biomasa
Producción
P/I
Pastoreo

Subproyecto 3

Caracterización Dinámica y
Descriptiva del Area de Estudio

CAPACIDAD DE CARGA CANAL YAL

Subproyecto 1, 2, 3

**MODELOS
CONCEPTUALES**

Corrientes
Nutrientes
Producción
Etc..

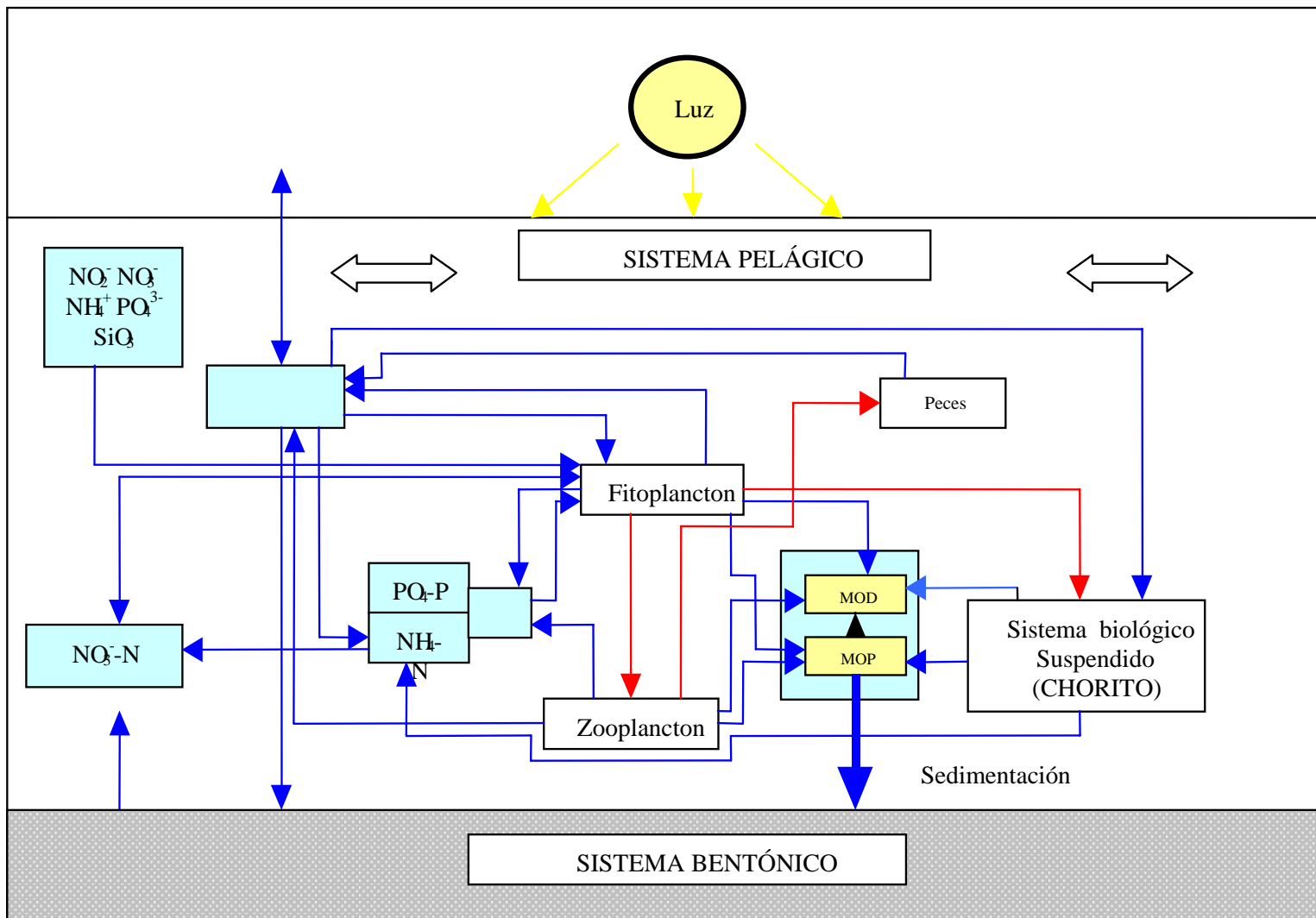
Subproyecto 4

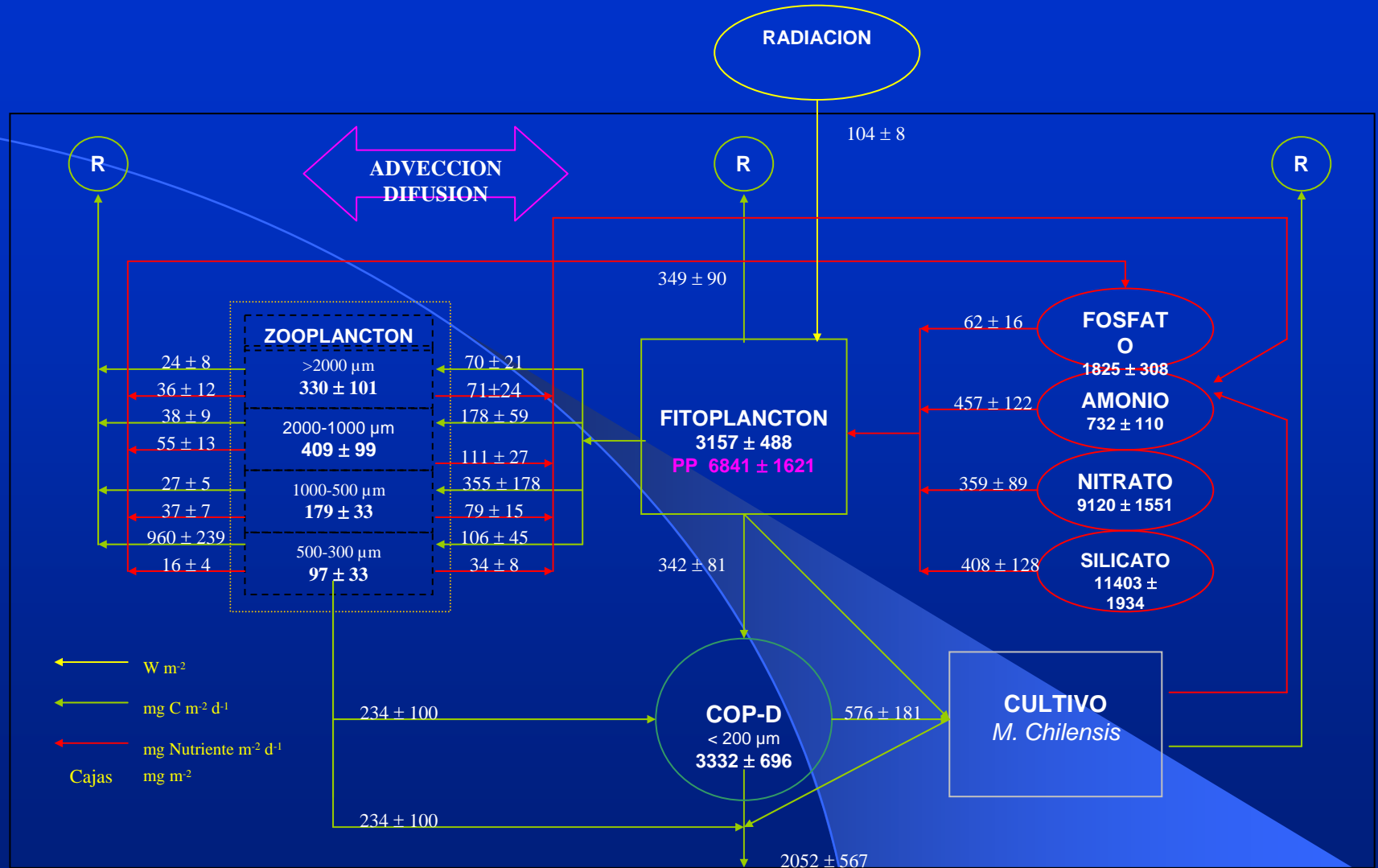
**MODELOS
NUMÉRICOS**

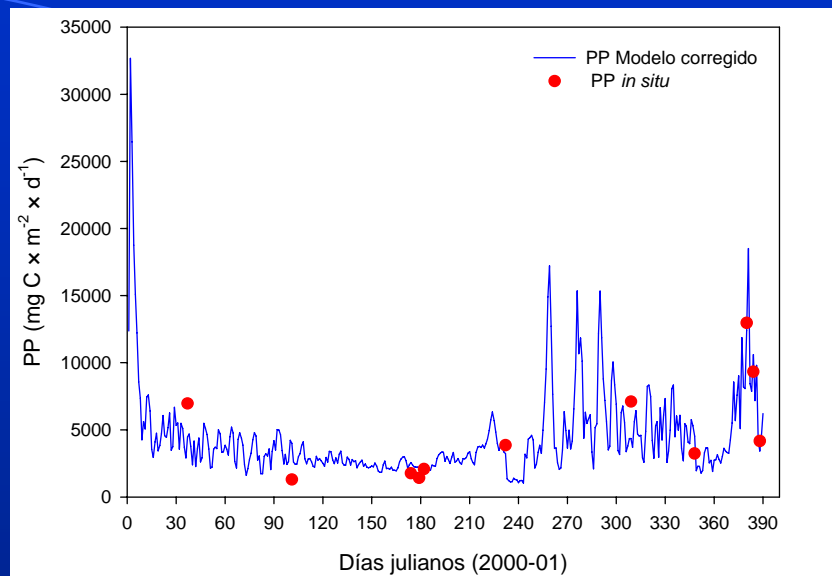
Representación cuantitativa
sistema en estudio

SIMULACION

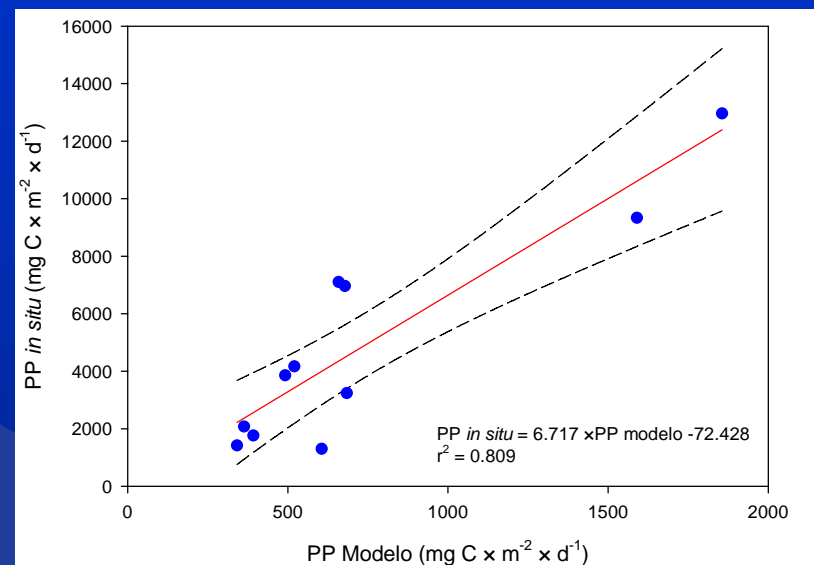
Manejo de biomasa
a cultivar



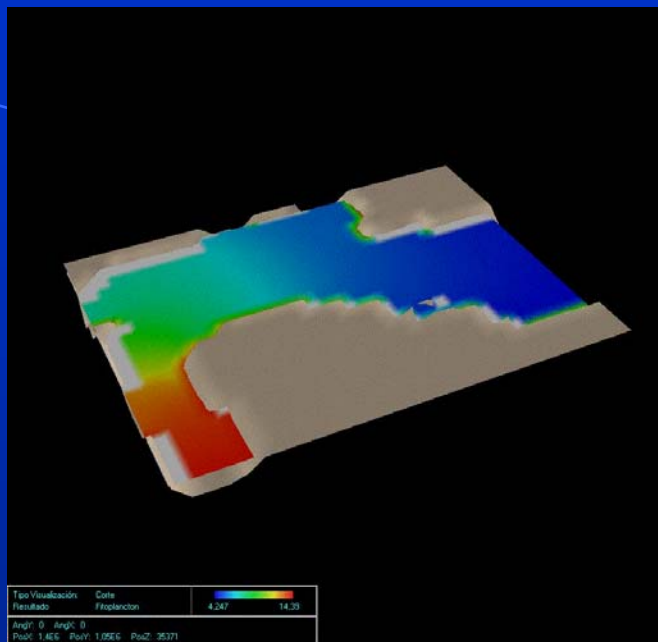




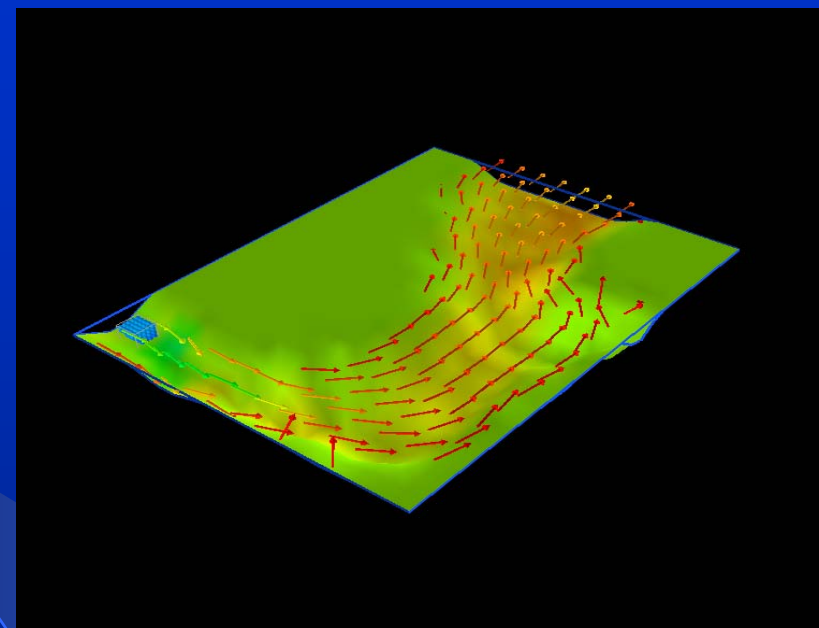
Variabilidad temporal de la PP modelada corregida ($\times 6.7$, condición “botella”) del Cana de Yal (Estación 4) y PP *in situ* de la misma estación entre enero del 2000 y enero del 2001.



Producción primaria integrada del modelo *versus* la PP *in situ*.



CLOROFILA (mg/m3)



Flujo vaciante



CONCLUSIONES

- 1.- Los desechos sólidos producidos por la actividad acuicola respresentan la mayor carga organica al ambiente por su persitencia y difícil degradación, aunque su efecto es localizado.
- 2.- La modelación numérica es una herramienta de manejo que permite tomar desiciones operativas para resguardar la calidad ambiental, compatibilizando de esta manera produccion y ambiente.
- 3.- Para abordar el problema de fondo del desarrollo sustentable de la actividad acuícola en términos ambientales es necesario utilizar un enfoque holístico ecosistémico.