



UNIVERSIDAD
INTERNACIONAL
DEL MAR

Acuicultura sostenible y medio ambiente

CARTAGENA // Del 19 al 23 de julio

CAPACIDAD DE CARGA, INDICADORES Y MODELOS



Felipe Aguado Giménez
Consejería de Agricultura y Agua
Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo
Agrario y Alimentario (IMIDA)



¿Qué son los **MODELOS** de aplicación a la acuicultura?

Son herramientas de utilidad para entender procesos y hacer predicciones

Muchos gestores e incluso científicos se sienten intimidados ante un modelo y tienden a aceptarlos o rechazarlos indiscriminadamente

Esto puede ser comprensible, dado que distintos modelos pueden aportar resultados contradictorios

Por tanto, más que el modelo en sí, lo importante son los cimientos en que se sustentan

Existen muchos **tipos de modelos** de interés para la acuicultura:

- Crecimiento
- Alimentación
- Bioenergéticos
- Hidrodinámicos
- Deposición y/o dispersión
- Respuesta bentónica
- Capacidad de carga
- etc...

Un modelo incorpora un determinado nº de variables para explicar procesos

Cuantas más variables, más preciso, pero también más complejo y más restrictivo

Dependiendo de los supuestos sobre los que está construido, el modelo podrá ser aplicable en unas u otras zonas

Por tanto, hay que considerar si los errores que nos aporta un modelo son consecuencia de malas suposiciones de base o de errores de aplicación

Estructura de un modelo:

Normalmente un modelo consta de varios módulos o submodelos que representan diferentes aspectos del sistema

Cada submodelo debe ser desarrollado por especialistas en la materia

¿Cómo se construye un modelo?

Identificación y selección de variables clave: compromiso entre complejidad y manejo del modelo

A partir de observaciones prácticas

Ajustando dichas observaciones a una ecuación o conjunto de ecuaciones que responden a nuestras preguntas

Validación: respuesta del modelo trabajando con otras fuentes de datos

MODELO DE CRECIMIENTO:

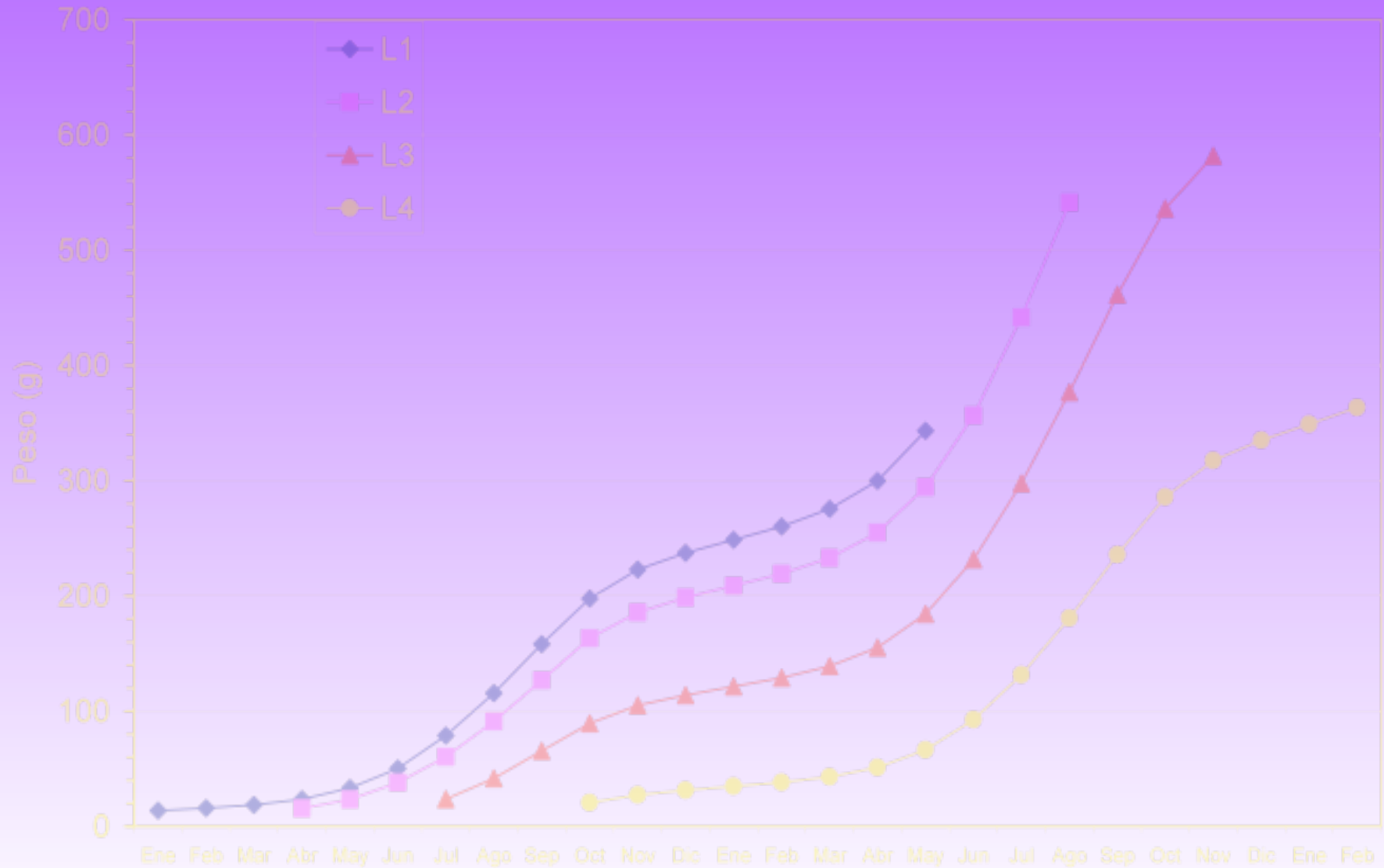
Peso de los organismos y temperatura del agua

Toma de datos para un amplio rango de valores de las variables clave

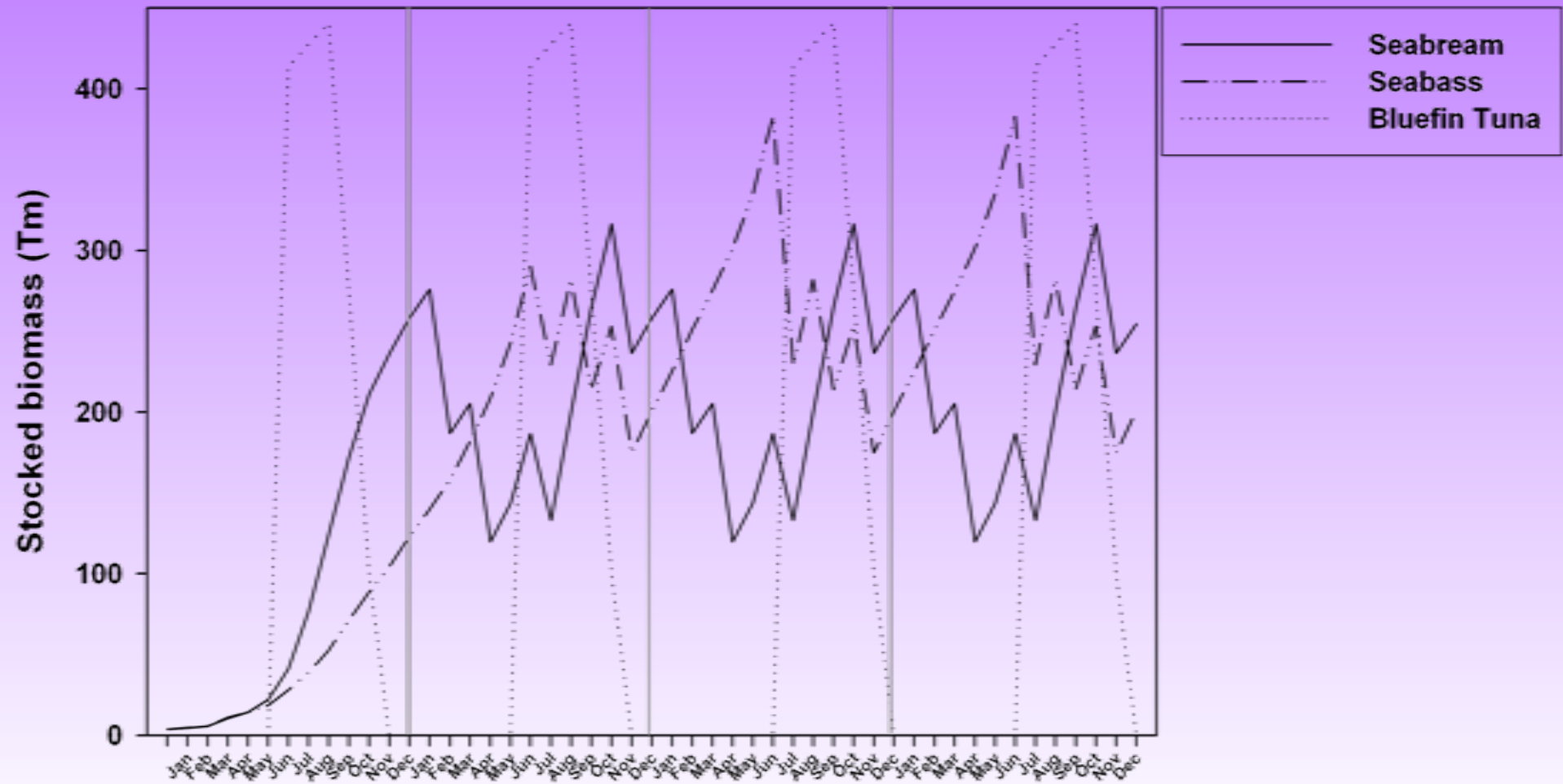
Ajuste matemático

Simulaciones para condiciones de cultivo a escalas mayores

Capacidad de carga, indicadores y modelos



Biomasa en stock: Σ biomasa lotes



MODELO BIOENERGÉTICO:

Determinación de la producción de residuos

$$A = C + E + H$$

Composición del alimento (C:N:P)

Digestibilidad

Indice de Conversión

**Coeficientes de producción de residuos (disueltos y particulados)
en función de biomasa en stock**

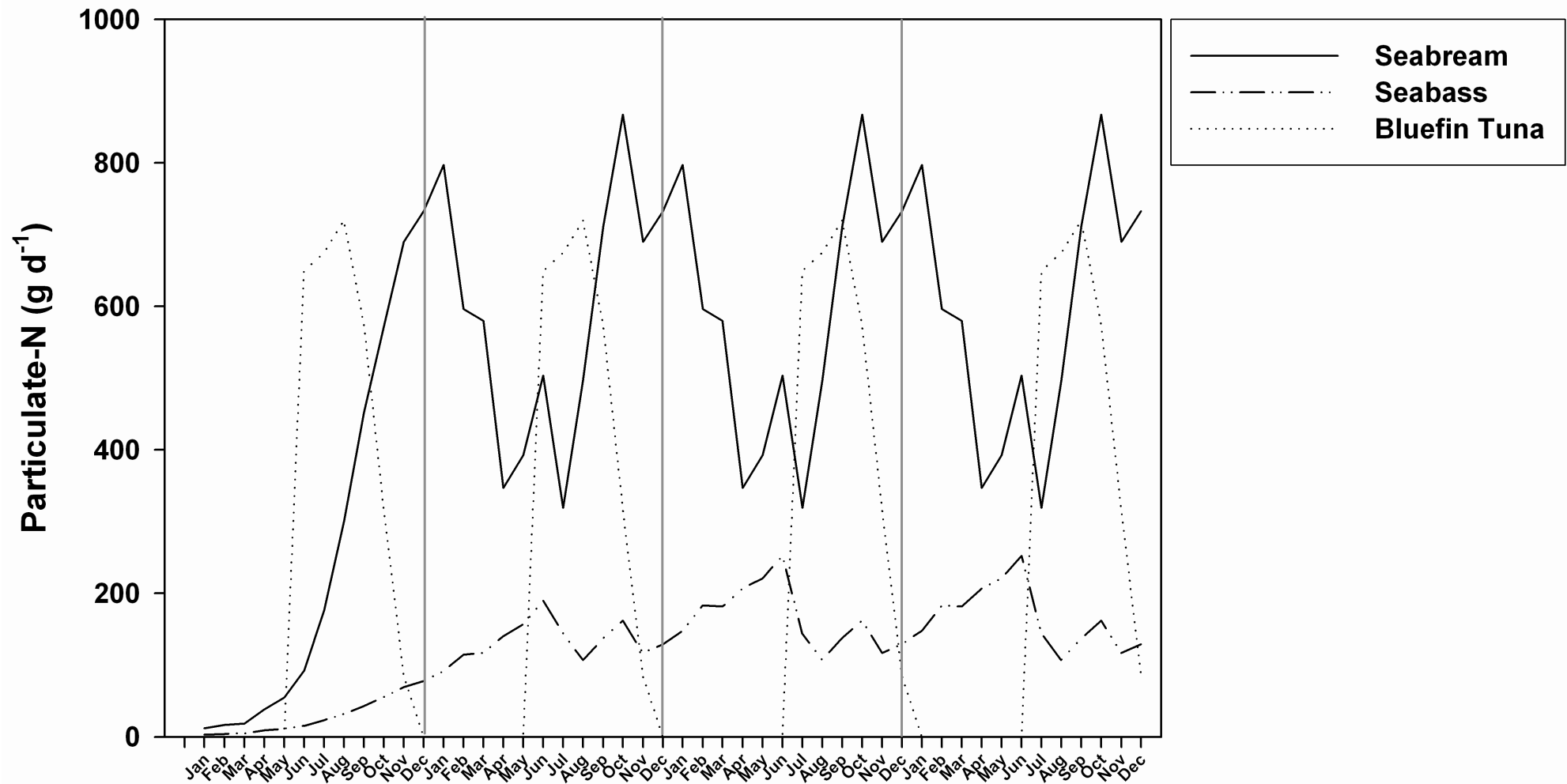
Waste output coefficients (mg kg ⁻¹ fish ⁻¹ d ⁻¹)			
N _p	N _d	P _p	P _d
92,5	298,9	53,8	12,2

Simulaciones acoplando modelo de crecimiento con modelo bioenergético:

Table 2

Characteristics of the rearing conditions that were set for the simulations of *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax* and *Thunnus thynnus* growth and waste output (Av. W_i : initial average weight; Av. W_f : average final weight; N_p : particulate nitrogen; N_d : dissolved nitrogen; P_p : particulate phosphorus; P_d : dissolved phosphorus).

			Fish batches input dates		No. fish	Av. W_i (g)	Av. W_f (g)	Initial biomass (Tm)	Monthly mortality (%)	Fish harvest (months after input)	Final biomass (Tm) per batch	Annual production (Tm y ⁻¹)	Waste output coefficients (mg kg ⁻¹ fish ⁻¹ d ⁻¹)				Monthly average water temperature (°C)		
													N _p	N _d	P _p	P _d			
<i>Sparus aurata</i>		January	300,000	12	≥350	3.6	0.6	13	102	412		92.5	298.9	53.8	12.2	Jan: 14, Feb: 14, Mar: 15, Apr: 17, May: 20, Jun: 23, Jul: 26, Aug: 27, Sep: 25, Oct: 22, Nov: 18, Dec: 15			
		April																	
		July																	
		October																	
<i>Dicentrarchus labrax</i>		January	300,000	12	≥350	3.6	0.6	18	105	409		21.5	454.0	50.7	21.7				
		April																	
		July																	
		October																	
			Fish input date	No. fish	Av. W_i (kg)	Max. Av. W_f (kg)	Initial biomass (Tm)	Monthly mortality (%)	Fish harvest (months after input)	Fish harvested (d ⁻¹)	Max. biomass (Tm)	Annual production (Tm y ⁻¹)	Waste output coefficients (mg kg ⁻¹ fish ⁻¹ d ⁻¹)						Monthly average water temperature (°C)
													N _p	N _d	P _p	P _d			
<i>Thunnus thynnus</i>	Small Big	July	830	60	102	50	0.6	3	13	67	444	77.7	1069	117.5	80.7	Jan: 14, Feb: 14, Mar: 15, Apr: 17, May: 20, Jun: 23, Jul: 26, Aug: 27, Sep: 25, Oct: 22, Nov: 18, Dec: 15			
			2500	140	167	350		3	30	377		44.7	634.9	67.5	49.5				



Patrón temporal: específicos para cada especie en cultivo

Importancia de los modelos de CRECIMIENTO y BIOENERGÉTICO:

Son la base para conocer la cantidad de residuos que va a producir un cultivo y como se van a eliminar a lo largo del tiempo (patrón temporal del vertido)

Modelos flexibles: se adaptan a condiciones

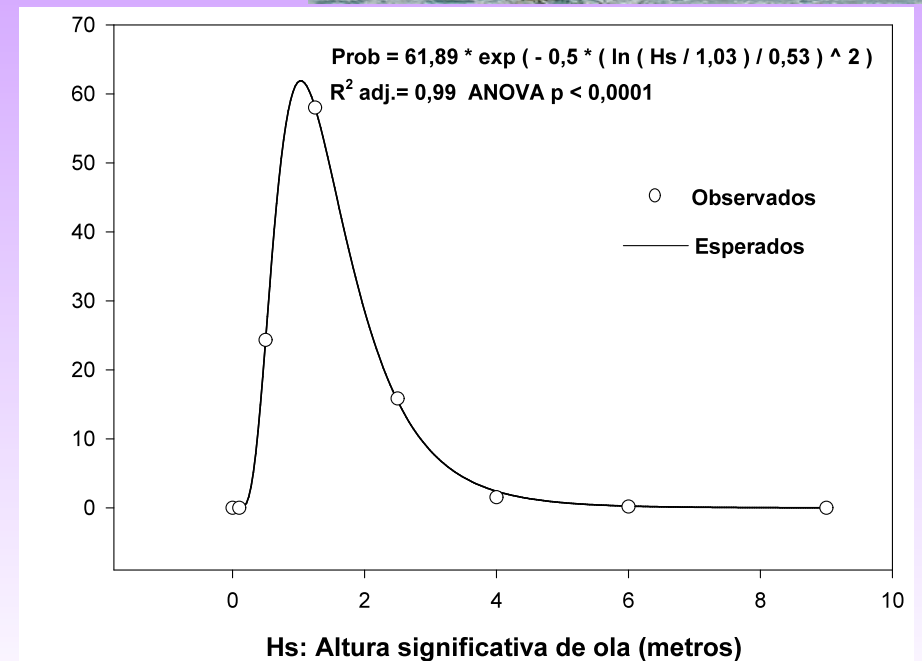
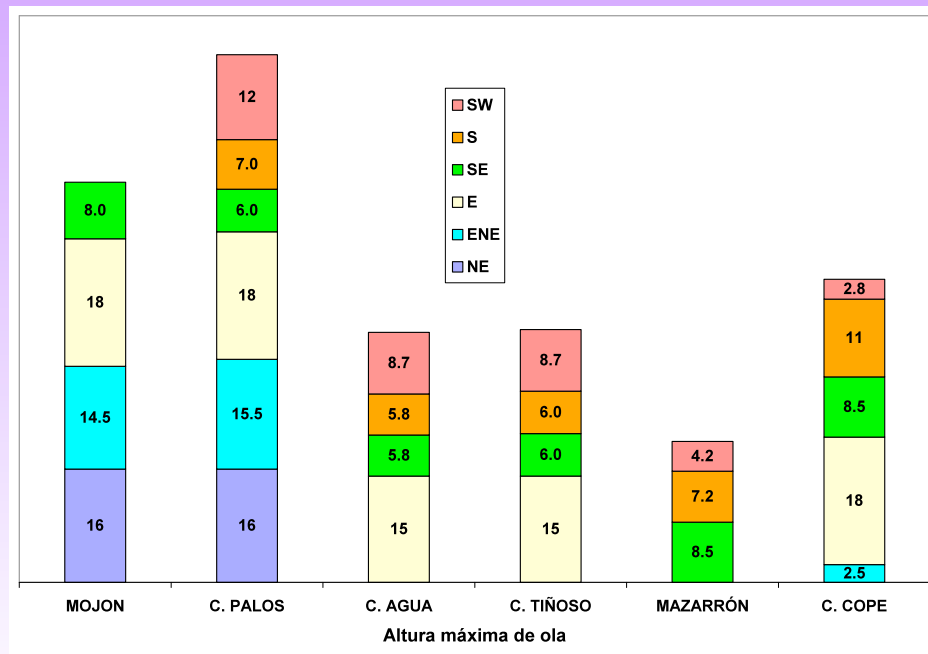
Basados en asunciones fisiológicas robustas

MODELOS HIDRODINÁMICOS:

Determinar movimientos 2D y 3D de las masas de agua

Altura de ola significativa y máxima

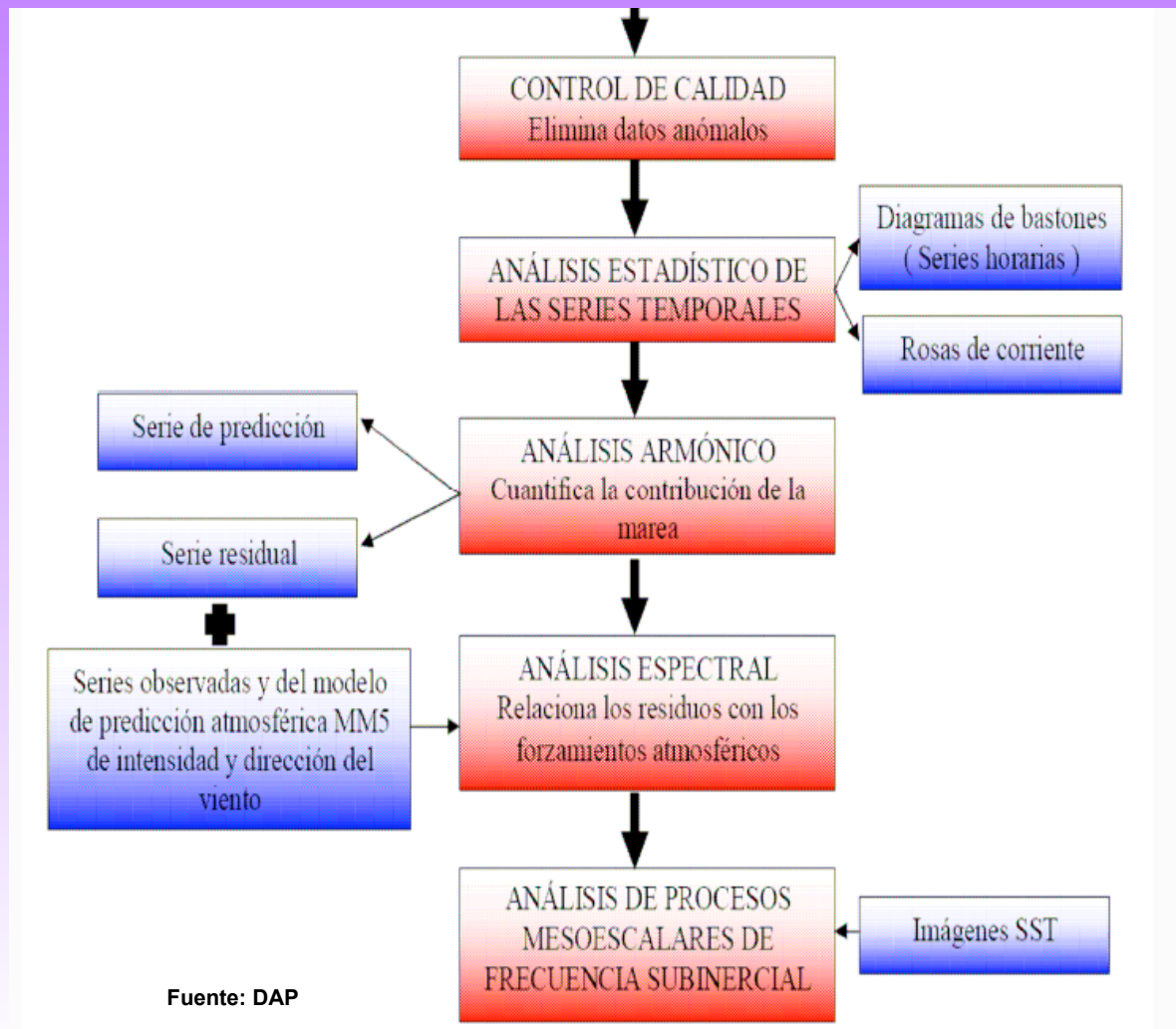
Modelo probabilístico



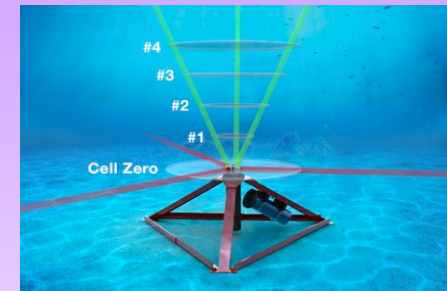
MODELOS HIDRODINÁMICOS: *Capacidad de carga, indicadores y modelos*

Determinar movimientos 2D y 3D de las masas de agua (ADCP):

Velocidad y dirección de la corriente en la columna de agua



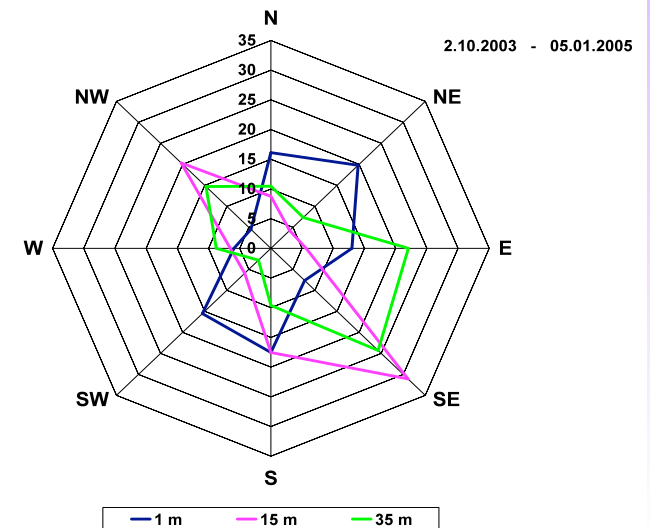
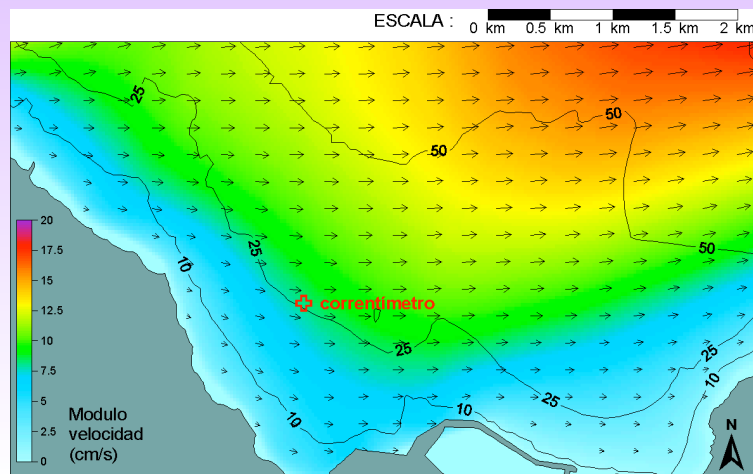
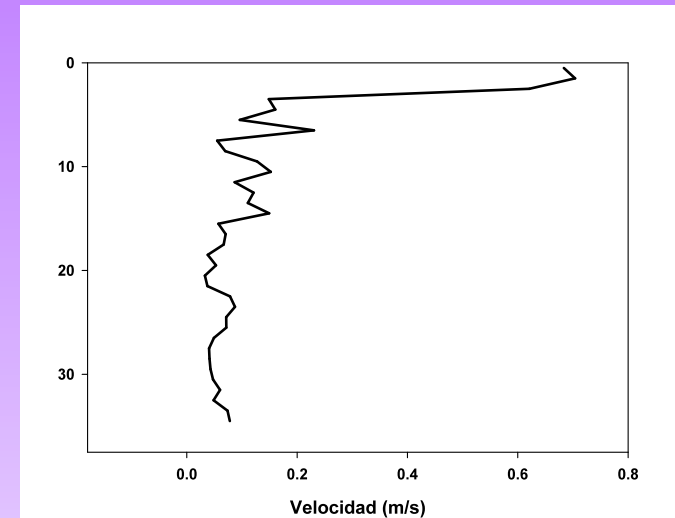
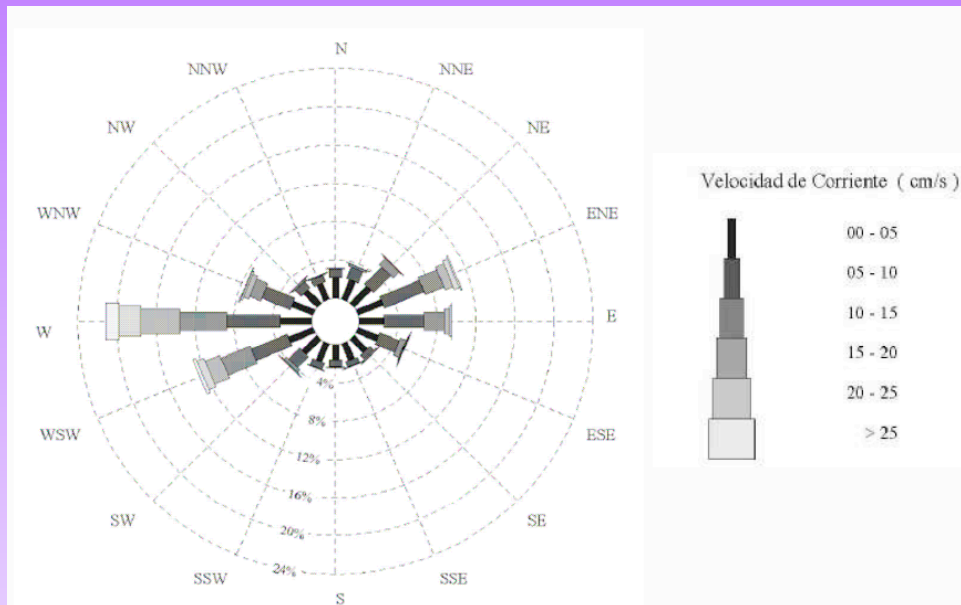
Fuente: DAP



MODELOS HIDRODINÁMICOS: *Capacidad de carga, indicadores y modelos*

Determinar movimientos 2D y 3D de las masas de agua

Velocidad y dirección de la corriente en la columna de agua



MODELOS de DEPOSICIÓN:

Determinar velocidad de sedimentación de las partículas (residuos):

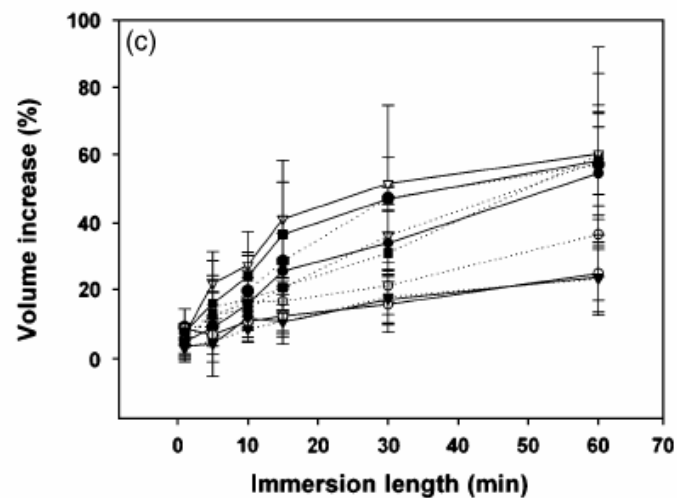
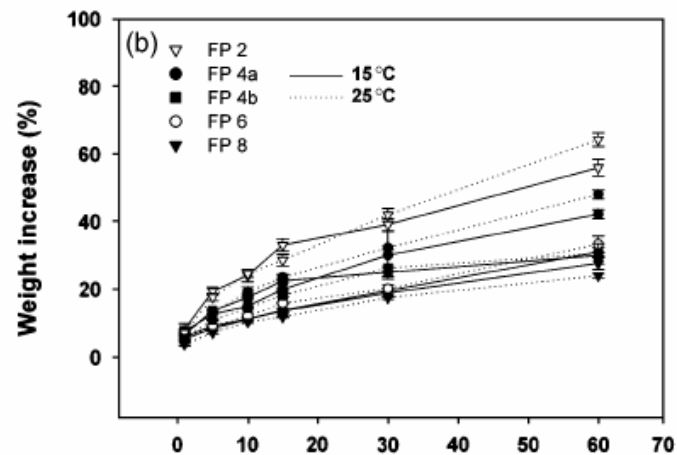
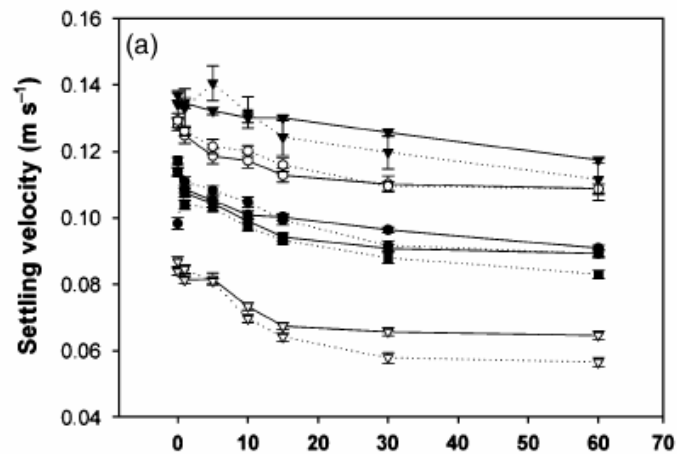
Piensos y heces

Tamaño

Tiempo de inmersión

**Temperatura y salinidad del agua
(estratificación)**





idad de carga, indicadores y modelos

MODELOS de DEPOSICIÓN:

Pellets de pienso

>A mayor tamaño: mayor veloc.sedim.

Cambios físicos en inmersión

A mayor tiempo inm.: mayor veloc. Sedim

Conforme sedimentan se hidratan y disminuye su velocidad de caída

MODELOS de DEPOSICIÓN:

Pellets fecales:

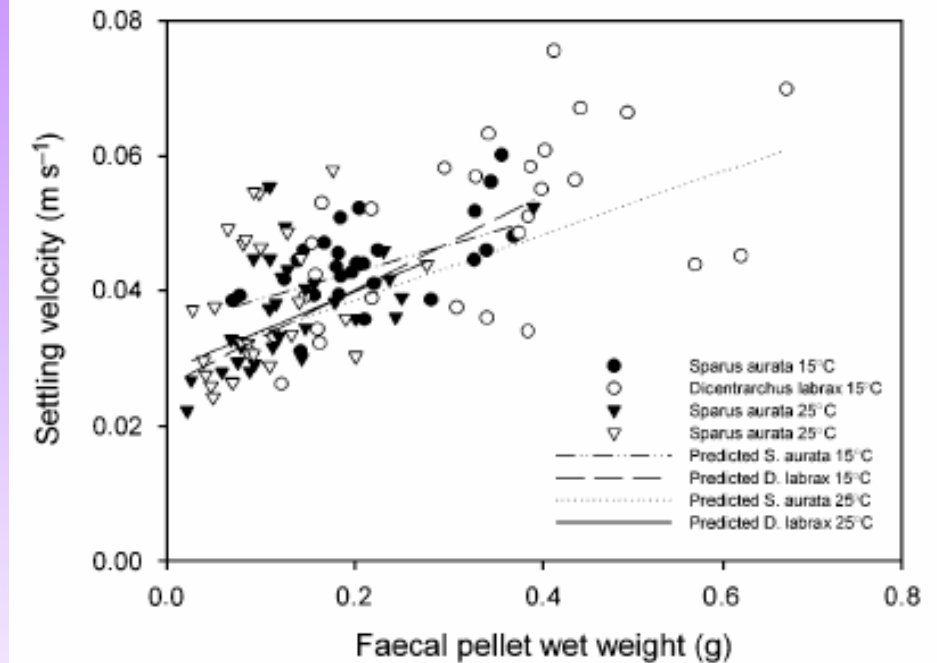
>A mayor tamaño: mayor veloc.sedim.

Veloc. Sed. <<< pienso

Gran variabilidad

Flotabilidad positiva

Efecto de la temperatura no detectado

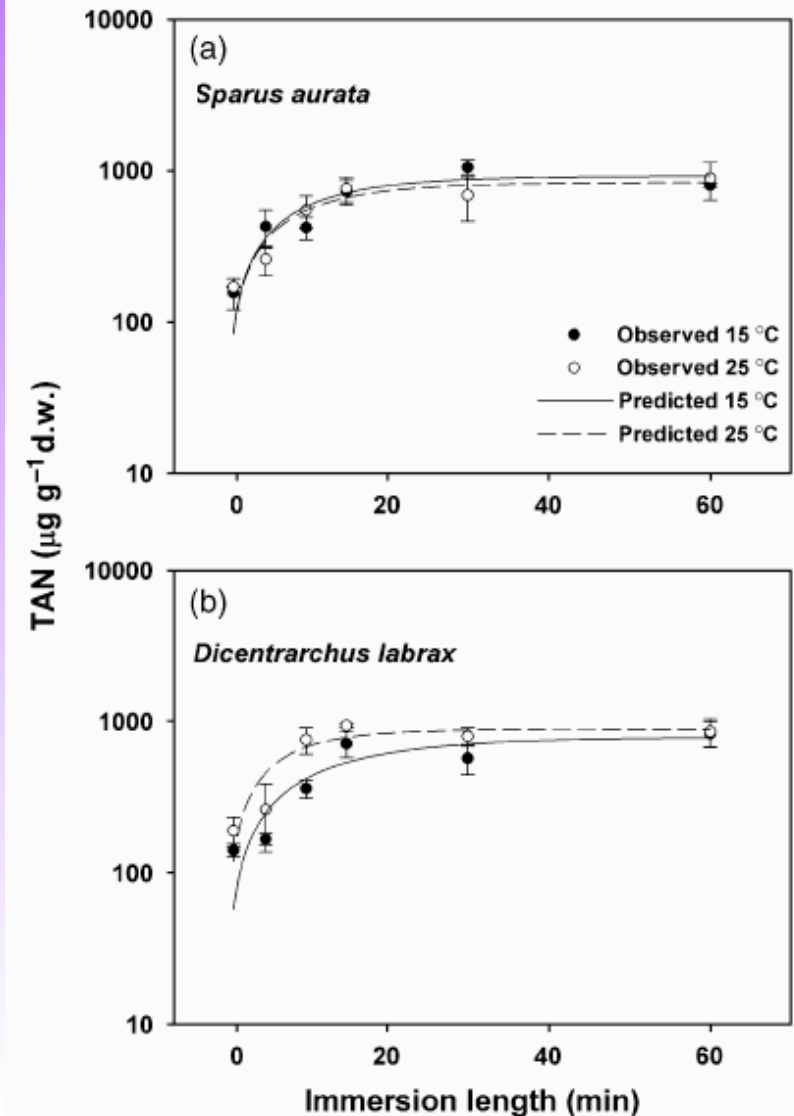
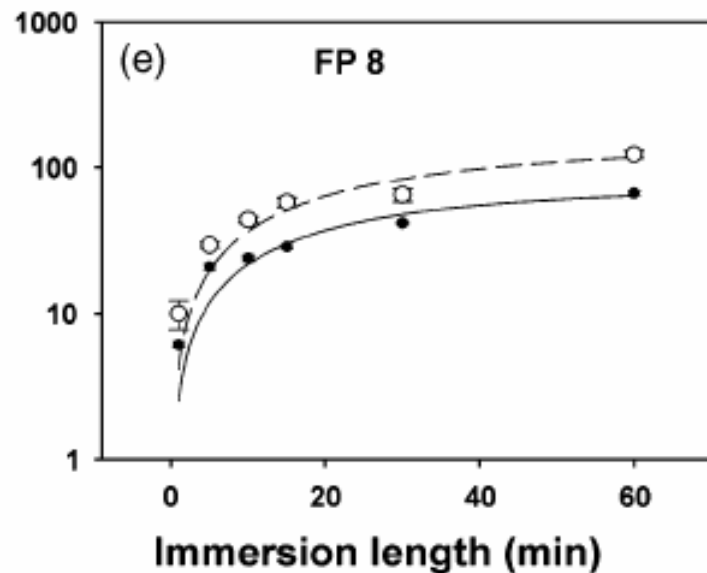


MODELOS de DEPOSICIÓN:

Cambios químicos durante la inmersión: lixiviado

- a mayor en heces (3x) que en pienso
- k mayor a temperatura más alta

$$y = a \cdot (1 - e^{-k \cdot t})$$



Importancia de los modelos de DEPOSICIÓN:

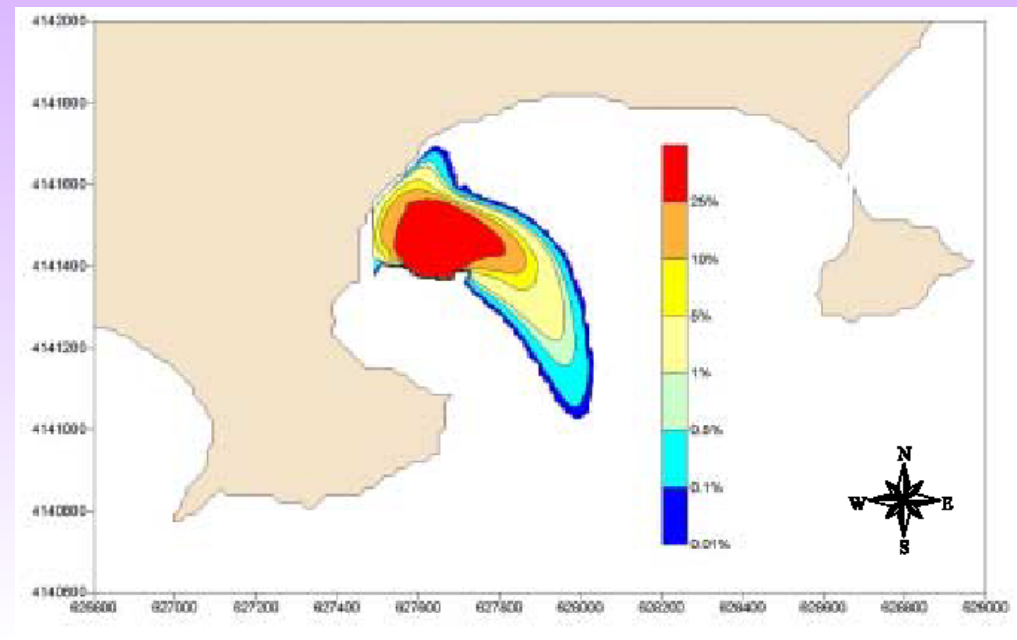
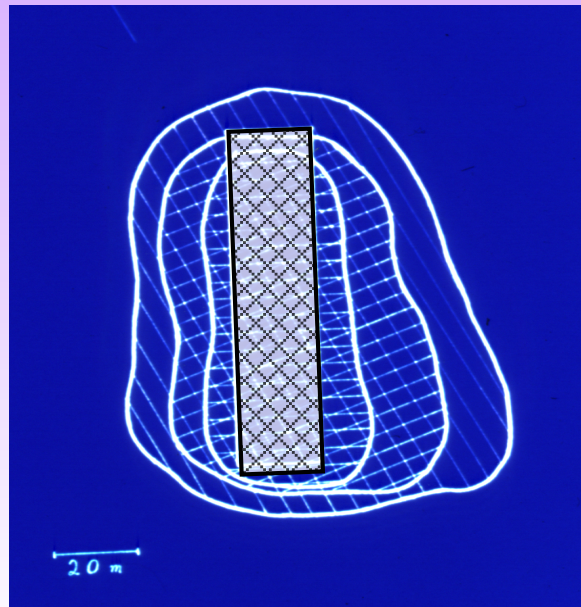
Determinan comportamiento de los residuos particulados

Son la base para conocer el alcance espacial de los impactos en el fondo y la carga orgánica neta que llegaría al fondo

Modelo HIDRODINÁMICO + modelo DEPOSICIÓN = MODELO DE DISPERSIÓN:

Modelo tridimensional complejo

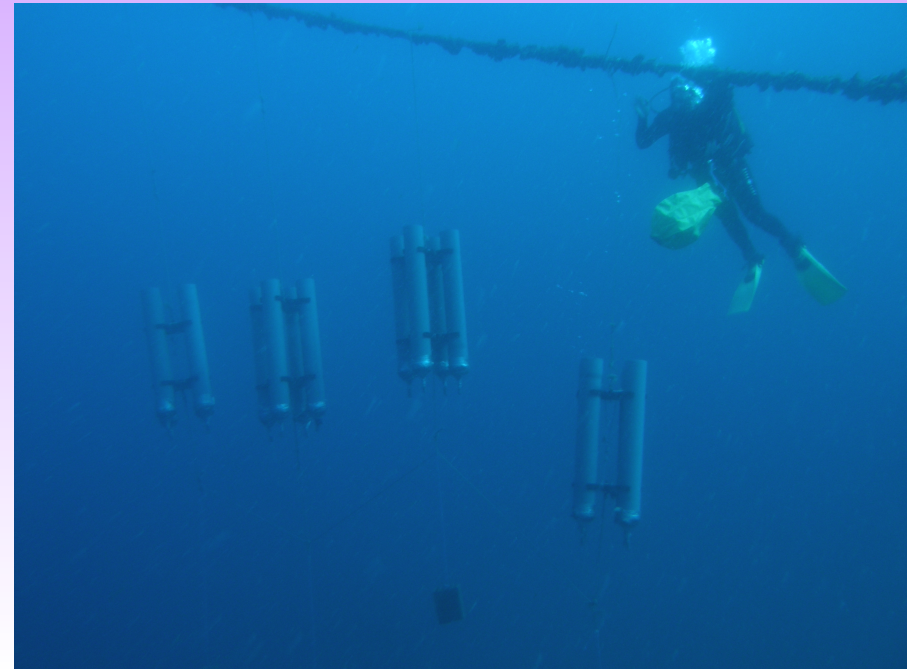
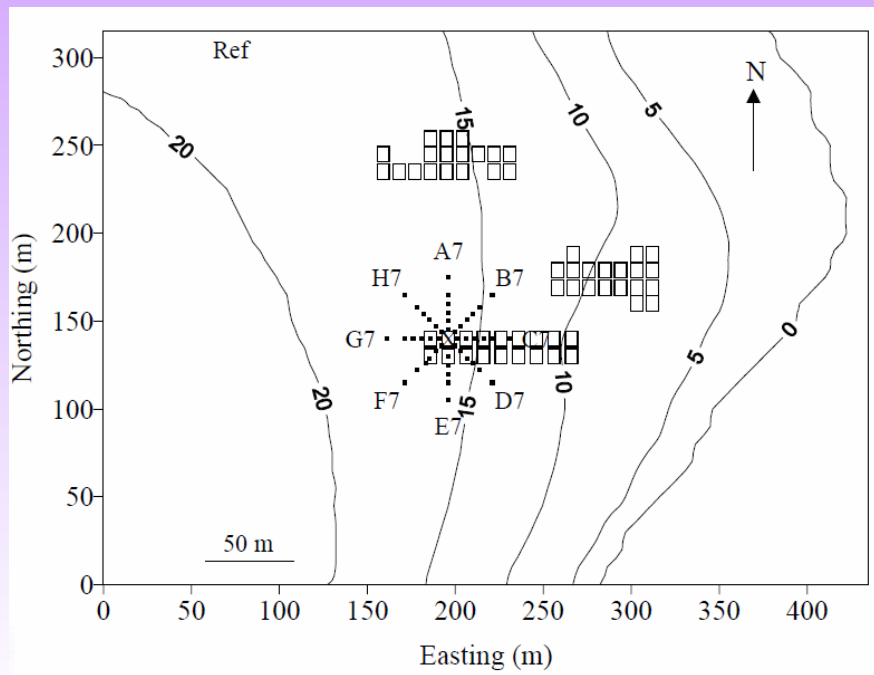
A partir de simulaciones para diferentes condiciones hidrodinámicas se determina el alcance espacial de los residuos particulados



Modelo HIDRODINÁMICO + modelo DEPOSICIÓN =

MODELO DE DISPERSIÓN:

Para describir el transporte de partículas hasta el fondo existen modelos específicos elaborados a partir de estudios con trampas de sedimentación y marcadores, considerando también la resuspensión (erosión, transporte y deposición) de partículas del fondo, turbulencias, mareas, batimetría, etc. (Cromey et. al., 2002)

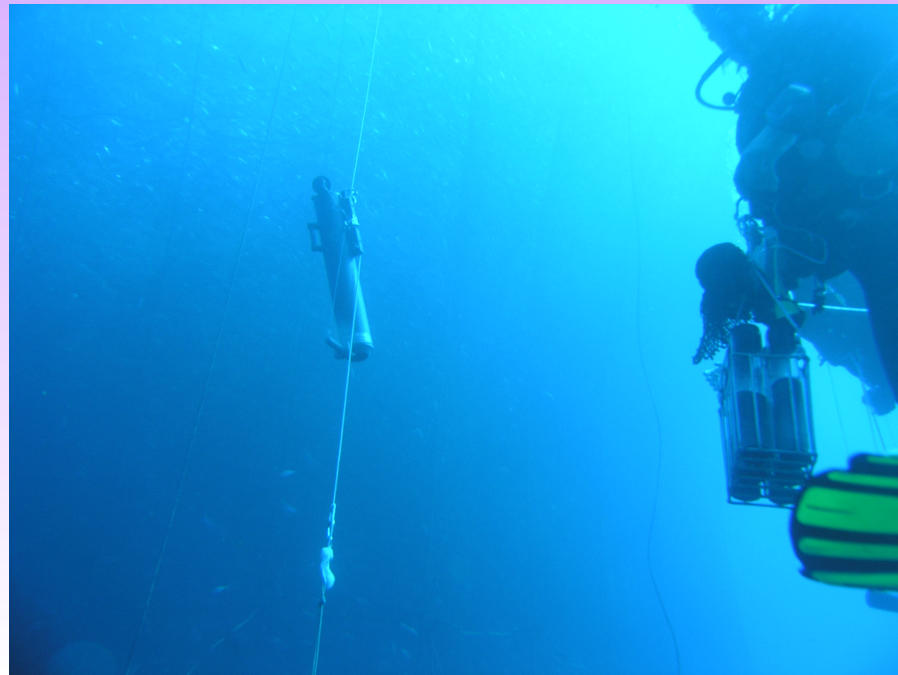


MODELOS DE RESPUESTA BENTÓNICA:

Correlación entre variables bióticas y variables ambientales en un gradiente de afección

Proporcionan una predicción de cómo va a responder el medio ante determinada intensidad de aporte de residuos

Su principal problema es la no linealidad en la respuesta biológica frente a los impactos y la gran variabilidad en la estructura de los sistemas bentónicos



MODELO INTEGRAL:



Aquaculture 214 (2002) 211–239

www.elsevier.com/locate/aqua-online

Aquaculture

DEPOMOD—modelling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms

Chris J. Cromey*, Thomas D. Nickell, Kenneth D. Black

Coastal Impact Research Group, Dunstaffnage Marine Laboratory, Oban, Argyll, PA34 4AD, UK

Received 28 February 2001; received in revised form 23 November 2001; accepted 15 July 2002

Abstract

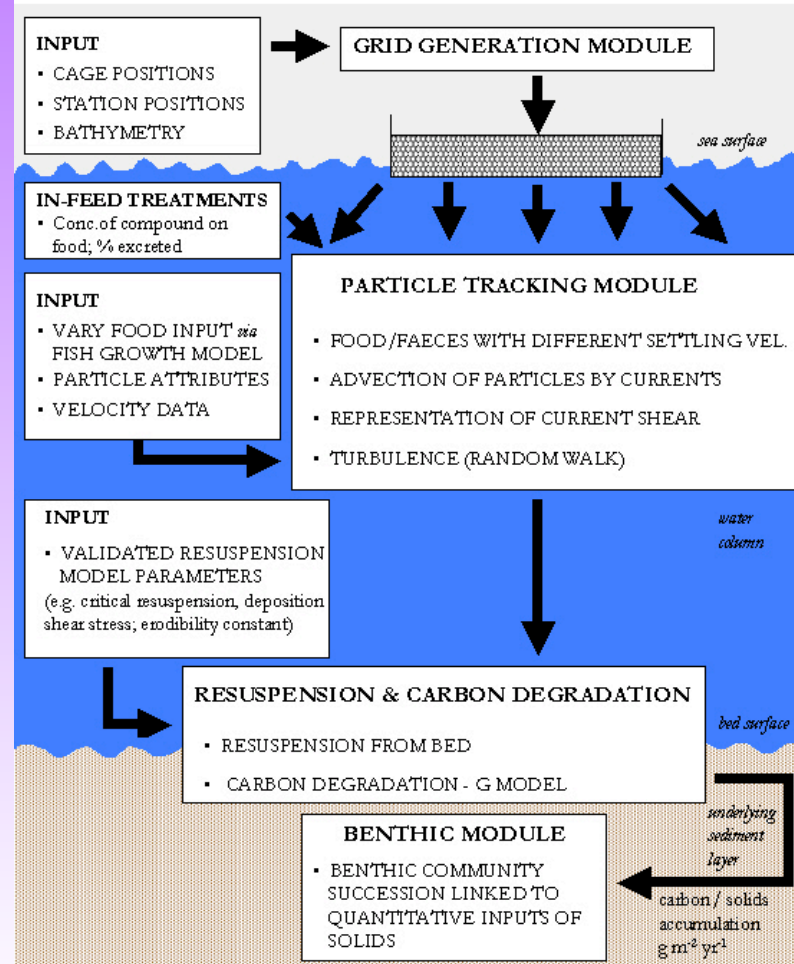
To enable better predictive capability of the impact from large marine cage fish farms on the benthos and improved objectivity in the regulatory decision-making process, a computer particle tracking model DEPOMOD was developed. DEPOMOD predicts the solids accumulation on the seabed arising from a fish farm and associated changes in the benthic faunal community. The grid generation module allows the user to set up a grid containing information on depth, cage and sampling station positions for the area of interest. Given the information on wastage rates of fish food and faeces and hydrodynamics of the area, the initial deposition of particles on the seabed can then be predicted with the particle tracking model. The resuspension model then redistributes particles according to near-bed current flow fields to predict the net solids accumulated on the seabed within the grid area. From quantitative relationships between benthic community descriptors and solids accumulation, predictions of the level of benthic community impact can then be made.

The particle tracking model was validated using sediment trap studies. Model predictions of flux ($\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$) generally agreed well with field data with an accuracy of $\pm 20\%$ and $\pm 13\%$ for a dispersive and depositional site, respectively. Using parameters from the validated resuspension model (rare among models in this field), semi-empirical quantitative relationships between predicted solids accumulation ($\text{g}/\text{m}^2/\text{year}$) and observed Infaunal Trophic Index (ITI) and total individual abundance were established using data from numerous Scottish marine fish farms. A submodel was also validated for predicting feed input throughout a growing cycle for planning purposes.

DEPOMOD may be used for assessing the potential impact of a farm throughout a growing cycle, or if the biomass consent is increased. It may also be used in the site selection process of a

* Corresponding author. Tel.: +44-1631-559000; fax: +44-1631-559001.
E-mail address: chjc@dml.ac.uk (C.J. Cromey).

DEPOMOD MODULES FOR MODELLING THE EFFECTS OF DEPOSITION FROM MARICULTURE



CAPACIDAD DE CARGA:

Producción: máxima producción sostenible en el tiempo de un cultivo en una región determinada

Ecológico: nivel de producción que puede soportarse sin producir cambios significativos en los procesos ecológicos, en las especies, poblaciones o comunidades en el entorno

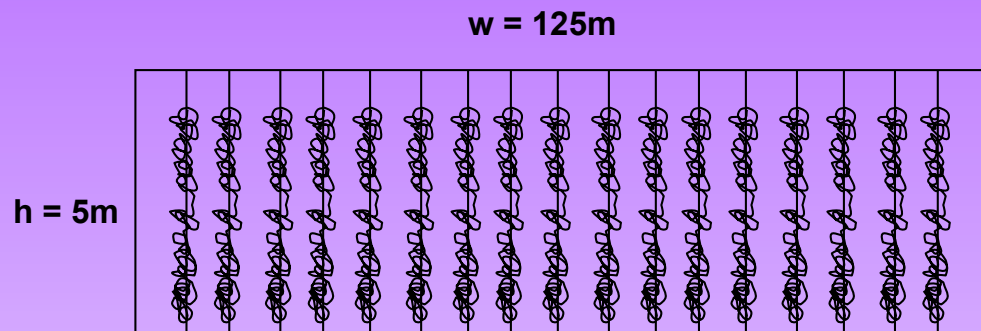
Diferencias conceptuales cuando tratamos cultivos de distintos tipos de organismos vivos (Gibbs, 2007)

CAPACIDAD DE CARGA: producción de bivalvos

Modelo Sarà & Mazzola (2004)

Variables consideradas:

- **Velocidad de la corriente**
- **Disponibilidad de alimento**



Tasa de aclarado: $2.2 - 3.2 \text{ l h}^{-1}$

Umbral pseudo-heces: $4.3 \text{ mg TSM l}^{-1}$

Veloc. Corr.: a) 2.8 cm s^{-1} ; b) 14.3 cm s^{-1}

TSM: a) 5.4 mg l^{-1} ; b) 4.5 mg l^{-1}

312 cuerdas; 1500 mejillones de 20g / cuerda;
aprox. 9.4 t

¿Cuántos L-L se podrían poner para garantizar el crecimiento óptimo?

$$k = 1 - \left\{ \ln 2 / \ln \frac{(N/Cr \times M)}{N} \right\}$$

a) 43; biomasa 403 tm

b) 217; biomasa 2034 tm

MODELOS DE CAPACIDAD DE CARGA:

Para determinar que carga orgánica es capaz de soportar el medio receptor

Se construyen a partir de observaciones de la respuesta del medio frente a diferentes niveles de estrés

Existen muchos métodos, pero vamos a ver uno sencillo basado en otros modelos muy contrastados, como son el modelo DEPOMOD (Cromey et al., 2002) y el modelo de metabolismo bentónico de Findlay & Watling (1997). Basado en el flujo de materia orgánica y en la capacidad de oxidación de la misma

MODELOS DE CAPACIDAD DE CARGA:

En función de la intensidad de cultivo se obtiene (DEPOMOD) la carga orgánica que llega a un punto determinado: p.ej.: $C_f = 5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1} = 416.7 \text{ mmol C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (aprox. 100 tm)

El metabolismo bentónico, medido como consumo de oxígeno (CO) en función del aporte orgánico se obtiene a partir del modelo de Findlay & Watling (1997):

$$CO = 32.6 + 1.1 C_f = \text{mmol O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} = 425.77 \text{ mmol O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$$

Se calcula la disponibilidad de oxígeno (DO) en el fondo en función de la concentración de oxígeno (p.ej.: 9.6 mg l^{-1}) y la velocidad de la corriente (V) en el fondo (p.ej.: 6 cm s^{-1}):

$$DO = 736.3 + 672.6 \log(V) = \text{mmol O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} = 1259.7 \text{ mmol O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$$

MODELOS DE CAPACIDAD DE CARGA:

Índice de Impacto $I = O_2 \text{ disponible} / \text{demanda } O_2 = 1259.7 / 425.77 = 2.95$

Según modelo Findlay & Watling (1997):

$I > 1.0$ = impacto mínimo : disponibilidad supera a la demanda

$I \approx 1.0$ = impacto moderado: disponibilidad = demanda

$I < 1.0$ = impacto significativo: demanda supera a disponibilidad

Si V hubiese sido 4 cm s^{-1} , $I = 0.95$

Este es un modelo aplicable en múltiples condiciones. Existen muchos otros para circunstancias más específicas, especies concretas (peces, moluscos), y de complejidad bastante mayor.

Si aplicamos el modelo de Findlay & Watling (1997) al ejemplo de Sarà & Mazzola (2004):

C_f : $0.05 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ tm}^{-1}$ (Callier et al., 2006)

a) 403 tm ; 2.8 cm s^{-1} : $I = 0.58$

b) 2034 tm ; 14.3 cm s^{-1} : $I = 0.16$

La capacidad de carga económica y ecológica están bastante alejadas

INDICADORES:

Cuando queremos describir determinados atributos del medio ambiente como “estado de calidad ecológico”, “capacidad de carga”, “diversidad biológica”, etc., utilizamos **INDICADORES**:

Es algo que mide o describe la condición actual del medio con relación a un referente o conjunto de ellos, de modo que la evolución en el tiempo nos permite determinar tendencias

La sensibilidad de un indicador para correlacionarse con una fuente de estrés determinada depende de sus características y de su sensibilidad.

Algunos modelos actúan también como indicadores

Características de los INDICADORES (Hodson, 2002):

Capacidad de establecer relaciones causa - efecto:

Específicos y potentes

Consistente y plausible

Secuencia temporal (tendencia)

Respuesta clara frente a la causa de estrés

Sensibilidad (alerta temprana)

Metodológicamente desarrollado

Relevancia

Expresión de resultados comprensible

Propósitos del uso de INDICADORES:

Facilitar la evaluación del estado del medio y la toma de decisiones

Por tanto, los INDICADORES deben ser herramientas de contrastada utilidad, fácil aplicación y comprensión

A menudo utilizamos algunas variables del medio como “sucedáneos” para describir el estado de calidad del medio. Con esto hay que tener cuidado porque para que sean válidas deben ser capaces de establecer relaciones causa-efecto claras, y contrastables con valores de referencia

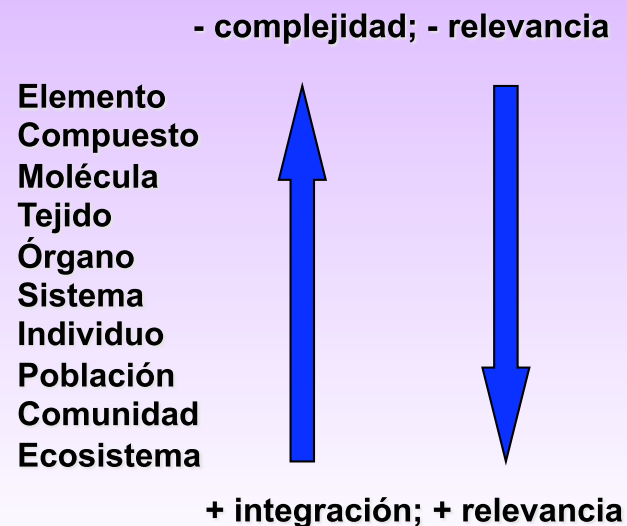
Tipos de **VARIABLES** utilizadas en estudios ambientales de la acuicultura:

Físico – químicas

Biológicas:

Biomarcadores: bioquímicos, inmunológicos, fisiológicos, histopatológicos, genéticos, reproducción, ...

Bioindicadores: individuo, población, comunidad, ecosistema



Variables Físico-químicas y biológicas en columna de agua:

Nutrientes: $\text{NH}_3 - \text{NH}_4$, NO_3 , NO_2 , PO_4 , SiO_2 , D-PON, D-POC, ...

Turbidez: disco Secchi, FTU, material suspensión (g l^{-1})

Oxígeno disuelto

Clorofilas

Fitoplancton

Zooplancton

Bacterias

Meta-análisis de 68 publicaciones científicas y 1087 casos de estudio (Sarà et al., 2007)

...

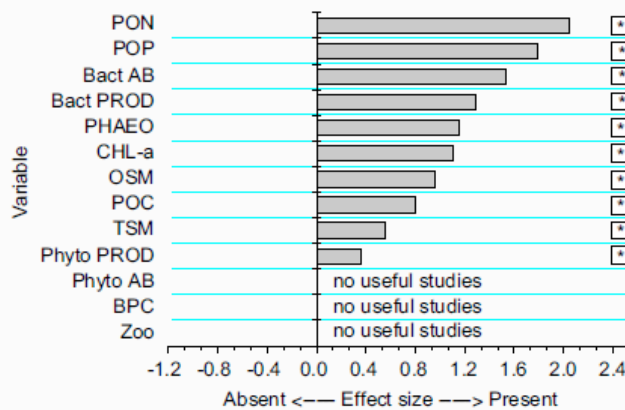


Fig. 2 - Mean ranked effect size of shrimp facilities across all studies on each variable analysed in the present meta-analysis with reported variables whose mean size effect was not possible to calculate due to no useful studies.

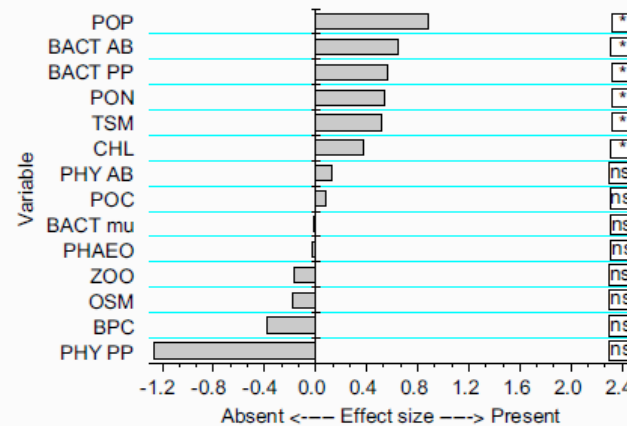


Fig. 3 - Mean ranked effect size of fish facilities across all studies on each variable analysed in the present meta-analysis with reported variables whose mean size effect was not possible to calculate due to no useful studies.

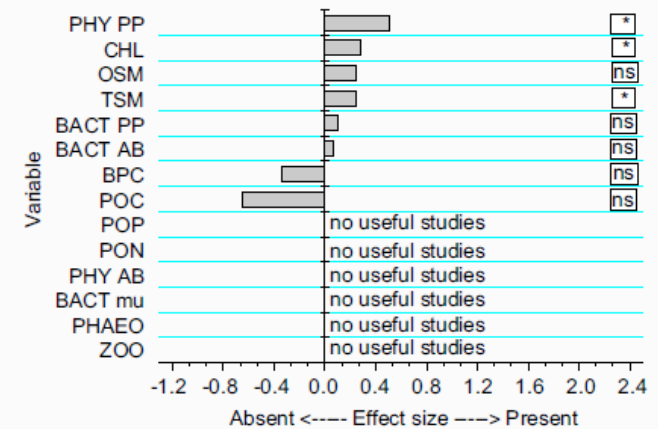


Fig. 4 - Mean ranked effect size of bivalve facilities across all studies on each variable analysed in the present meta-analysis with reported variables whose mean size effect was not possible to calculate due to no useful studies.

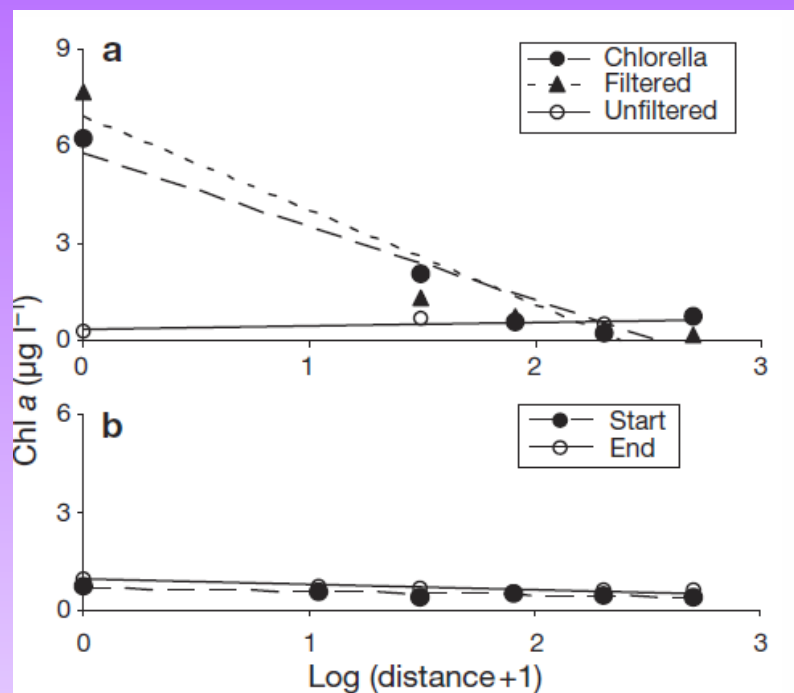


Fig. 2. Chl a levels during Expt 1. (a) In dialysis bags (incubation for 240 h) with *Chlorella minutissima* culture, with 25 μm -filtered water and with unfiltered water. (b) In sea water from all sampling stations at the start and end of the incubations in (a). Trendlines fitted by MS Excel

(Pitta et al., 2009)

No obstante, esos picos de esas variables se detectan junto a las jaulas de cultivo instantes después de la alimentación y se atenúan en poco tiempo (Pitta et al., 1999; 2009). No se han establecido correlaciones claras entre los nutrientes en el agua y la biomasa fitoplanctónica (Navarro et al., 2008):

Rápida dilución e incorporación en la cadena trófica

Ojo en condiciones de escasa renovación

Va

Gr

Pe

Pe

He

ph

Pe

Ma

Ca

Ca

ca

Ni

Fe

$\text{NH}_3 - \text{NH}_4^+$

Sulfuros

Sulfuros

Metales

Metano

Consumo

...

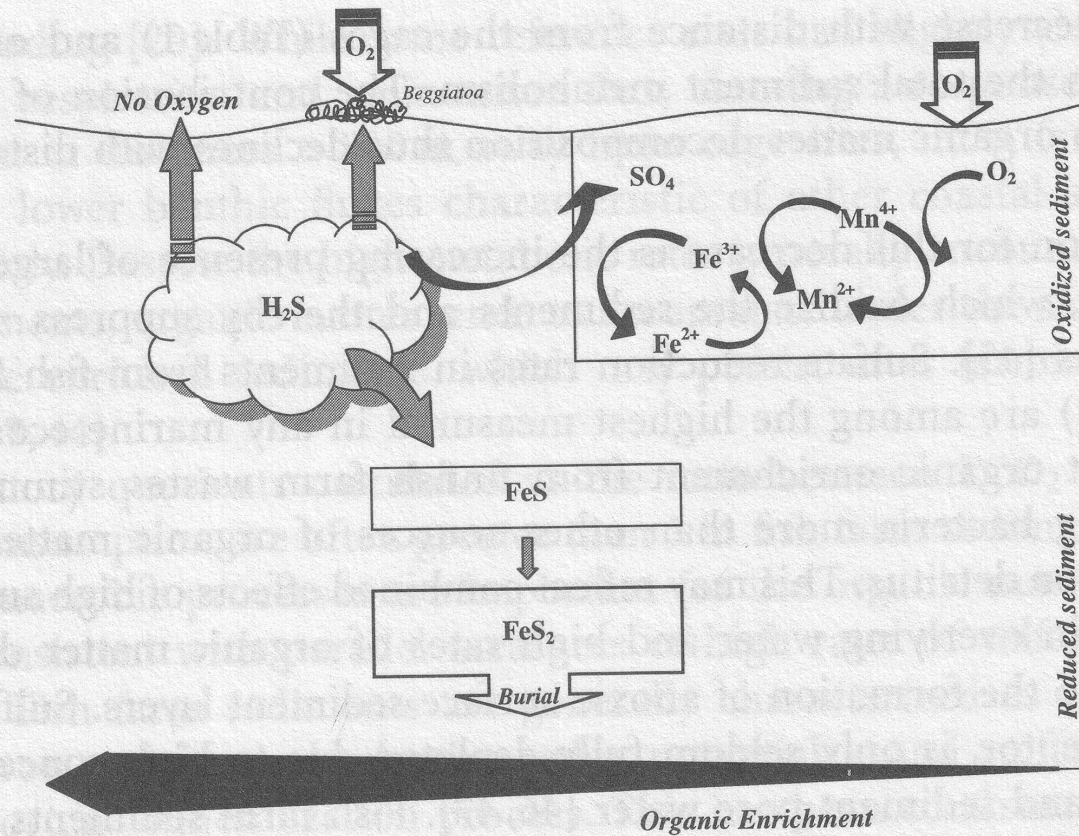


Fig. 4 Major sulfur pathways along an organic enrichment gradient in marine sediments

(Hyland et al., 2005)

0.1 1 10 100
TOC (mg g⁻¹)

Fig. 4. Scatter plot of $E(S_{10})$ values in relation to increasing concentration of total organic carbon (TOC, mg g⁻¹, on a log₁₀ scale). Non-linear, least-squares regression was used to fit a sigmoidal dose-response function to the original data: $f(x) = a_0 + a_1 / (1 + e^{a_2 + a_3 x})$. Major inflection points along the curve (10 and 35 mg g⁻¹, marked by the vertical lines) were calculated by determining maxima and minima of the second derivatives of the fitted equation. F -statistic of 107 is significant at $p < 0.001$

dad

imiento

Variables biológicas del sedimento:

Biomarcadores:

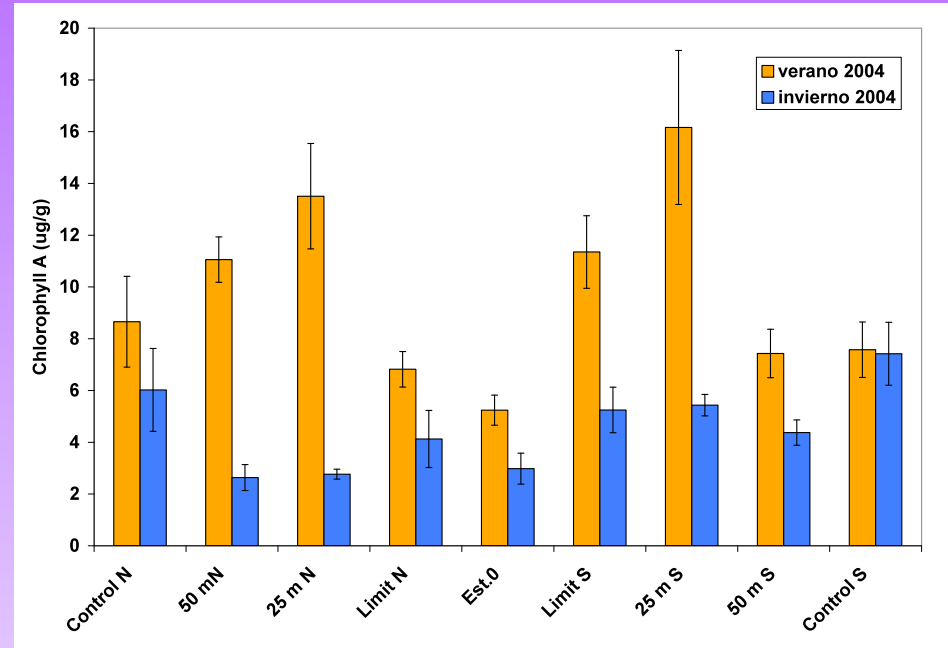
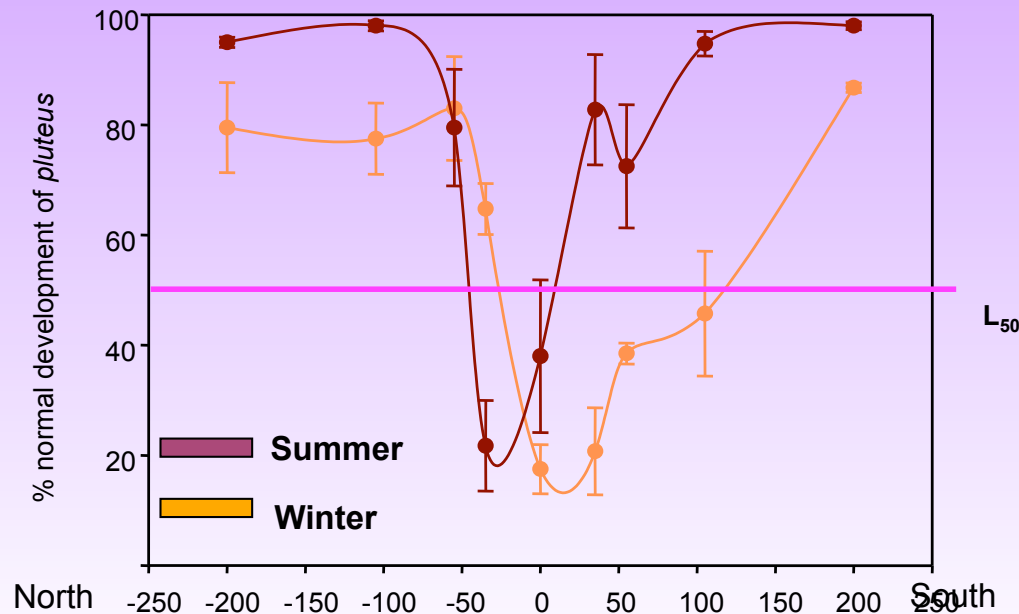
Clorofilas

Test de toxicidad

Actividad enzimática

Estrés oxidativo

...



Variables biológicas del sedimento:

Bioindicadores:

Megafauna (> 5cm)

Macrofauna (> 0.5mm)

Meiofauna (< 0.5mm)

Grupos específicos: poliquetos, nemátodos, anfípodos, foraminíferos, ...

**Poblamientos bacterianos: relación aerobios / anaerobios,
autótrofos / heterótrofos, ...**

Macrofitobentos: fanerógamas

Variables biológicas del sedimento:

Bioindicadores tratamiento univariante:

Índices bióticos:

Basados en la riqueza de especies:

Riqueza específica (S)

Riqueza de Margalef (D)

Diversidad de Menhinick (D_{Mn})

Diversidad de Williams (S_α)

...

Basados en la abundancia proporcional:

Diversidad de Shannon – Wiener (H')

Equitatividad de Pielou (J')

Infaunal Trophic index (ITI)

AZTI Marine Biotic Index (AMBI)

BENTIX

Ratio poliquetos/anfípodos

Ecological Quality Ratio (EQR)

Biological Quality Index (BQI)

...

Métodos semicuantitativos

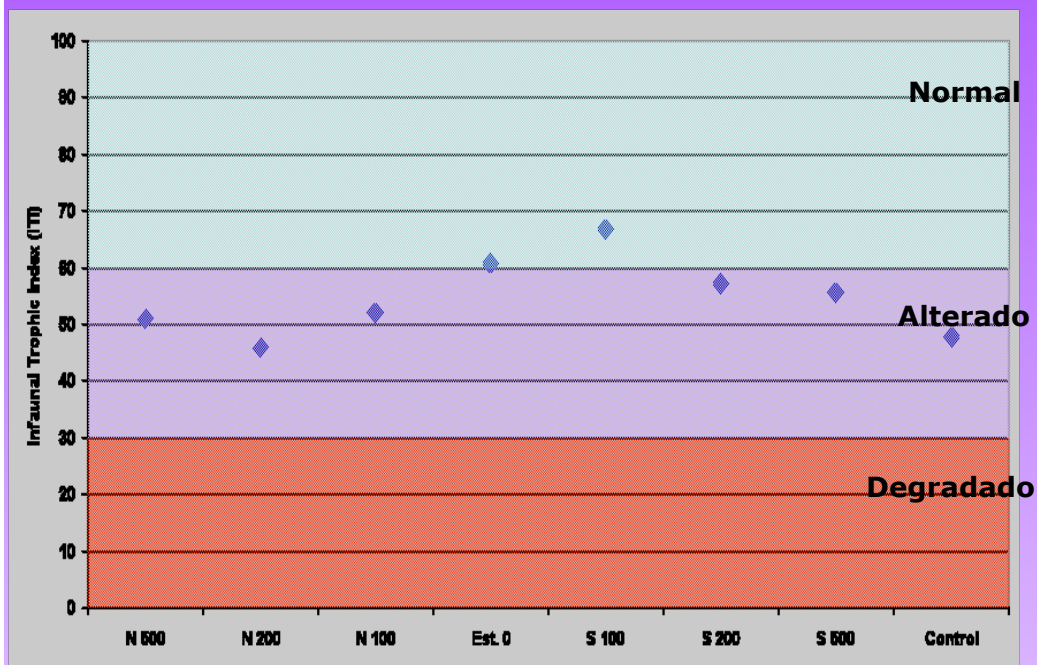
ITI

Capacidad de carga, indicadores y modelos

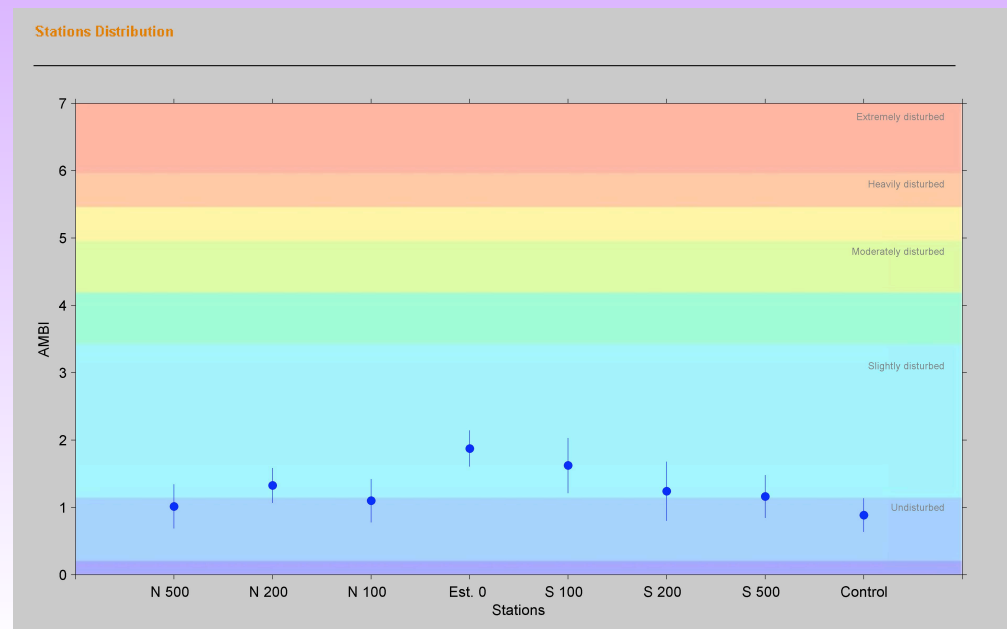


**Acuicultura
sostenible y
medio ambiente**

CARTAGENA // Del 19 al 23 de julio



AMBI



Capacidad de carga, indicadores y modelos

ITI: características tróficas

Grupo I: suspensívoros

Grupo II: detritívoros superficiales

Grupo III: depositívoros

Grupo IV: especialistas



- **Controversia en la asignación de taxones a los grupos**

- **Menor ponderación a los grupos III y IV**

AMBI: sensibilidad y/o tolerancia a un gradiente de estrés

Grupo I: muy sensibles

Grupo II: indiferentes

Grupo III: tolerantes

Grupo IV: oportunistas 2º orden

Grupo V: oportunistas 1º orden



- **Listado de + de 4000 taxones debidamente categorizados (software)**

- **Mayor ponderación a los grupos IV y V**

Interpretación más sencilla

¿Fiel reflejo del estado del ecosistema?

¿Se pueden aplicar en cualquier lugar independientemente de la fuente de estrés?

Auténtica batalla por la búsqueda del Índice Biótico Universal (NO EXISTE)

Variables biológicas del sedimento:

Bioindicadores tratamiento multivariante:

Estudios de la estructura de una población particular o de la comunidad

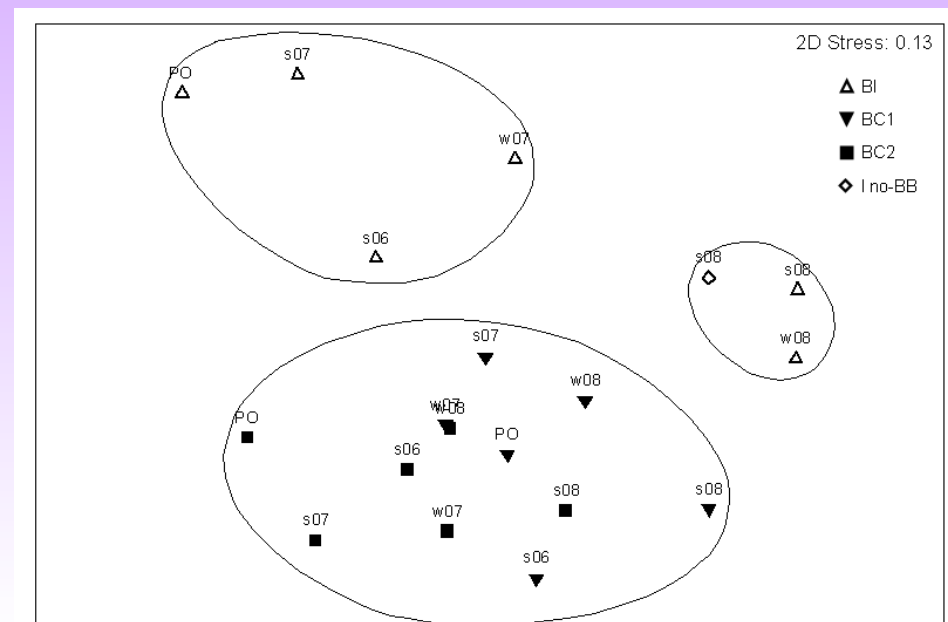
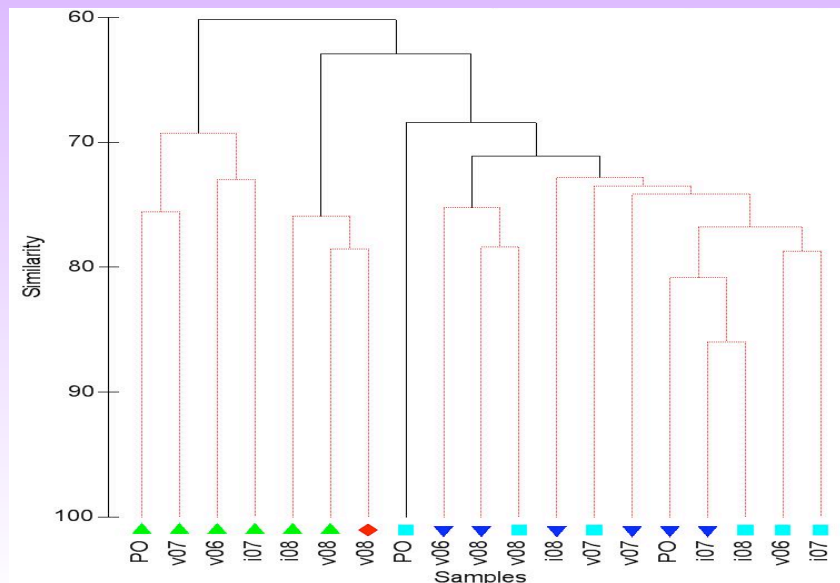
Métodos puramente cuantitativos

Metodológicamente contrastados: diseño experimental y contraste de hipótesis

Mayores niveles de integración y relevancia ecológica

Posibilidad de correlación con variables ambientales

Software específico



Capacidad de carga, indicadores y modelos

¿Qué INDICADORES seleccionar?

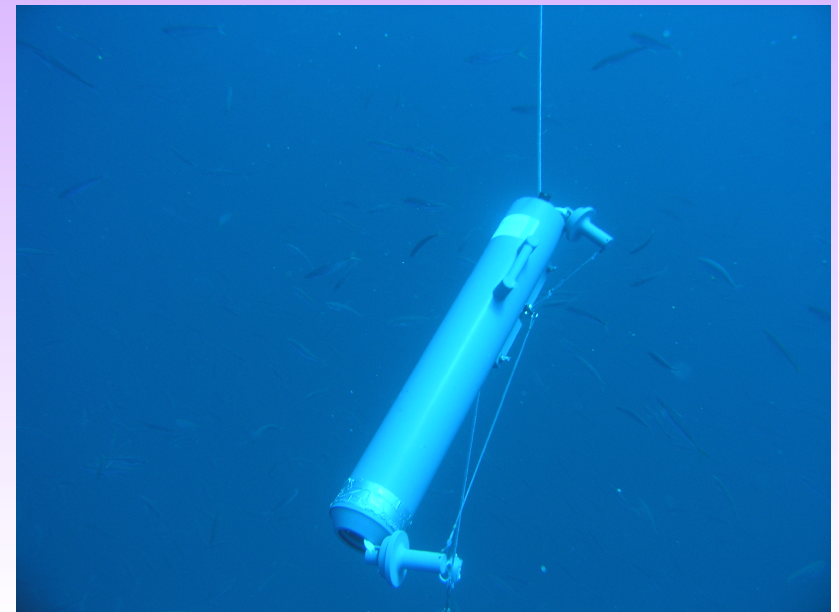
Compromiso entre objetivos y coste

Columna de agua:

**En mar abierto tienen poco sentido examinar los nutrientes
Variables bacteriológicas para control sanitario**

**En zonas poco expuestas con escasa renovación pudiera interesar
examinar los nutrientes, pero por supuesto sus efectos sobre las
comunidades bentónicas**

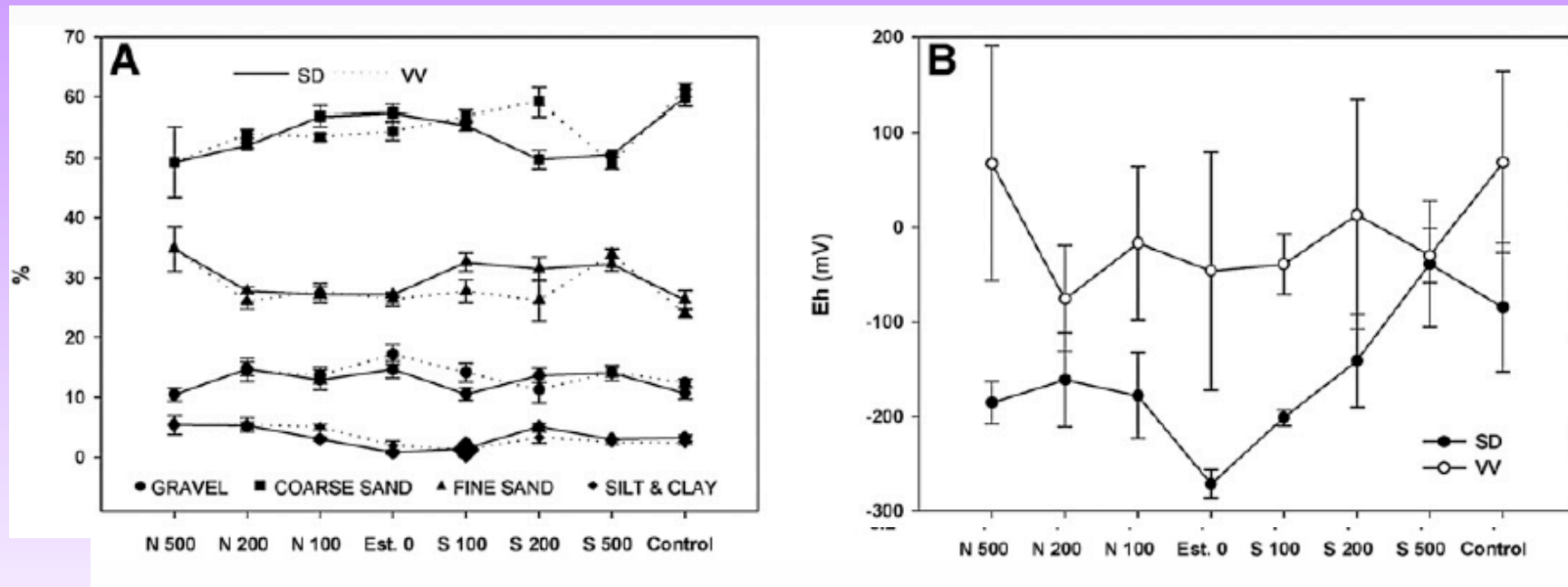
Autocontrol: oxígeno y temperatura



¿Qué variables seleccionar?

Físico – químicas del sedimento:

Las características del fondo determinan el comportamiento de muchas otras variables: granulometría – Eh



(Aguado-Giménez et al., 2007)

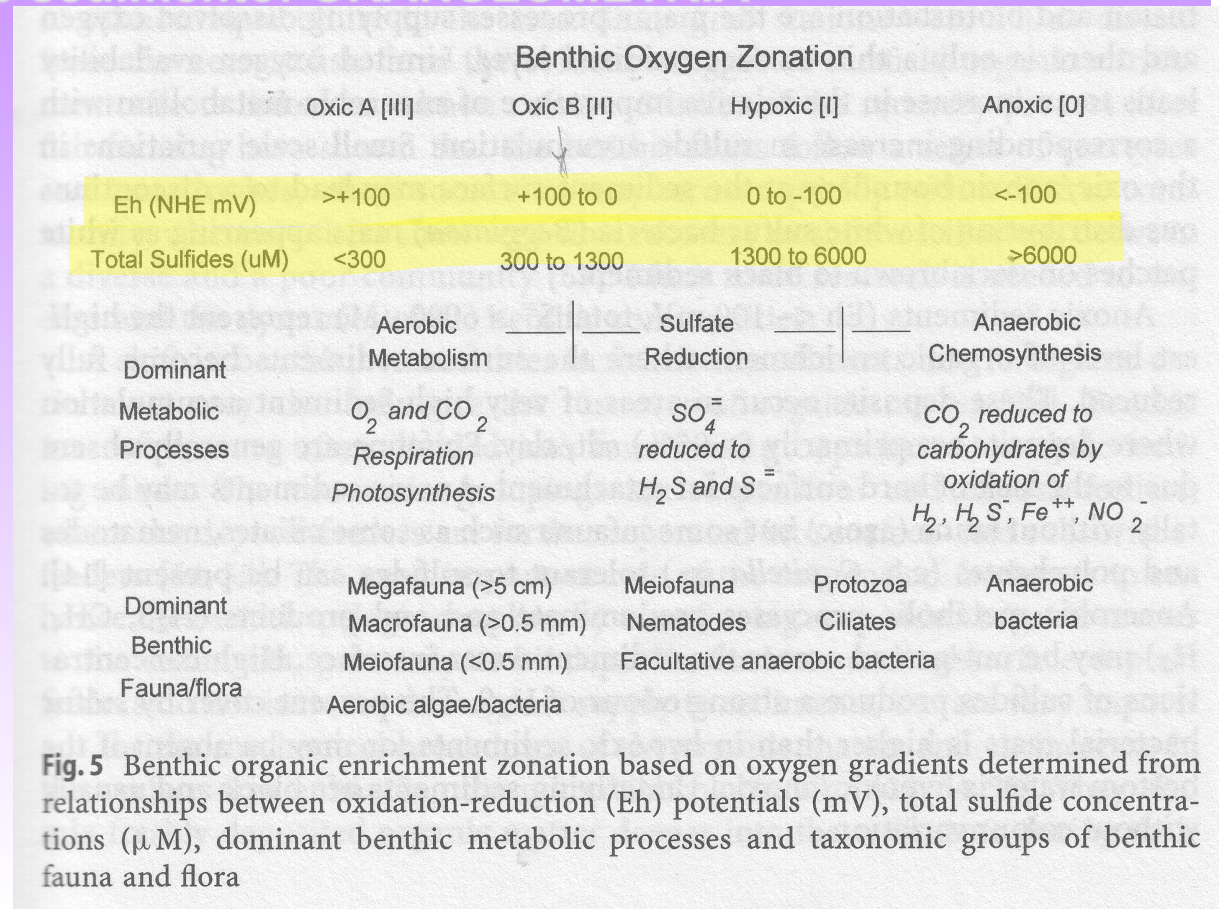
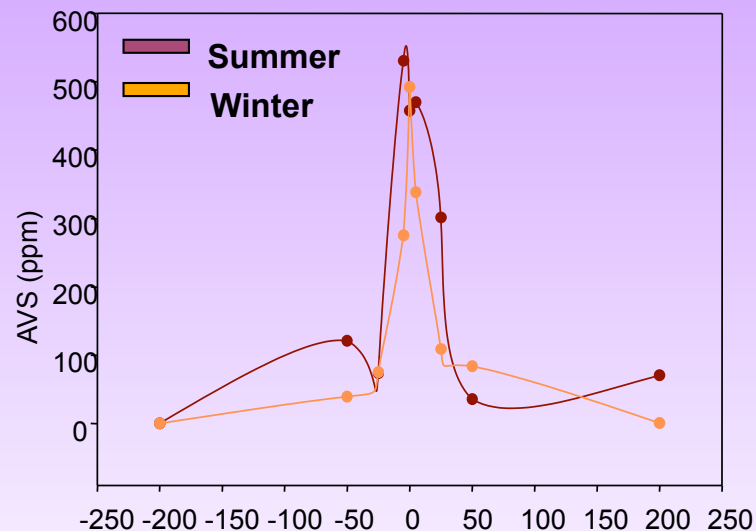
Capacidad de carga, indicadores y modelos

¿Qué variables seleccionar?

Físico – químicas del sedimento :

Las características del fondo determinan el comportamiento de muchas otras variables: granulometría - Eh - TFS

Necesario caracterizar el tipo de sedimento: **GRANULOMETRÍA**

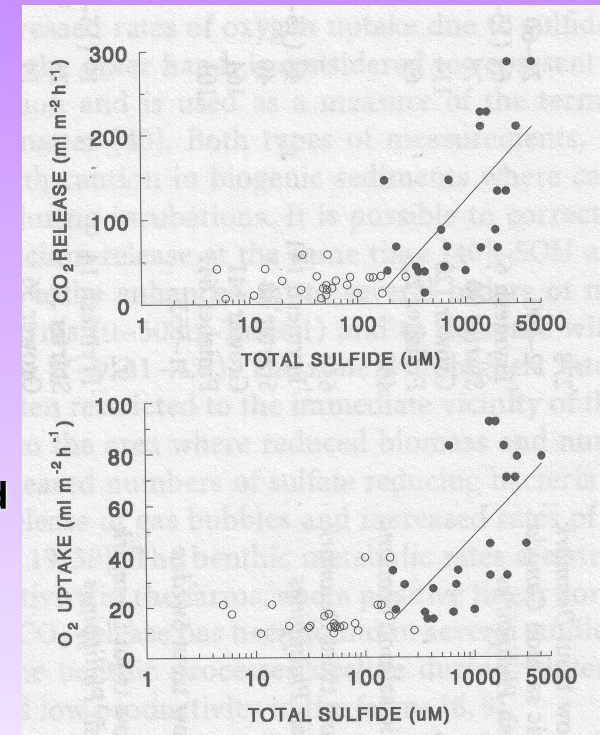
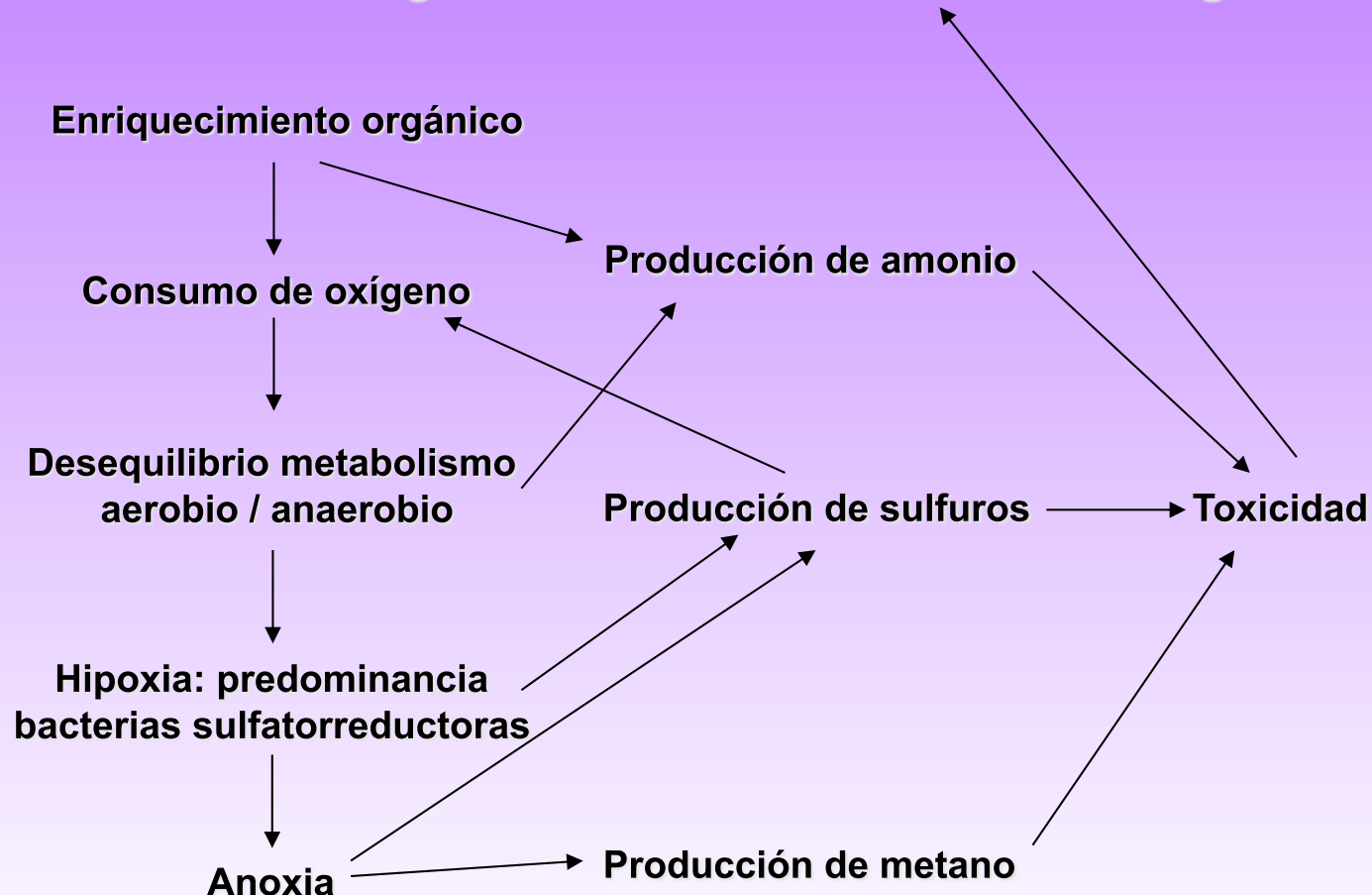


Capacidad de carga, indicadores y modelos

¿Qué variables seleccionar?

Físico – químicas del sedimento :

Establecer relaciones causa – efecto: comprender qué fenómenos conducen a la regresión de las comunidades biológicas



Capacidad de carga, indicadores y modelos

¿Qué variables seleccionar?

Biológicas del sedimentos:

Nivel de integración ecológica: hay que definir “mínimamente” el estado de calidad ecológico del medio

Compromiso entre objetivos y costes

- **Macrofauna** (Tomassetti et al., 2009)
- **Poliquetos** (Musco et al., 2009)
- **Nivel taxonómico: familia** (Lampadariou et al., 2005)
- **> 1mm** (Lampadariou et al., 2005)
- **Draga Van Veen** (Aguado-Giménez et al., 2007)

Los índices bióticos utilizan toda la comunidad a nivel de especie



Proyecto JACUMAR (2008 – 2010): Selección de indicadores, determinación de valores de referencia, diseño de programas y protocolos de métodos y medidas en acuicultura marina

Preselección de variables:

Granulometría

pH – Eh

Materia orgánica (LOI y Walkley & Black)

COT

NT

PT

TFS

$\delta^{15}\text{N}$

Poliquetos

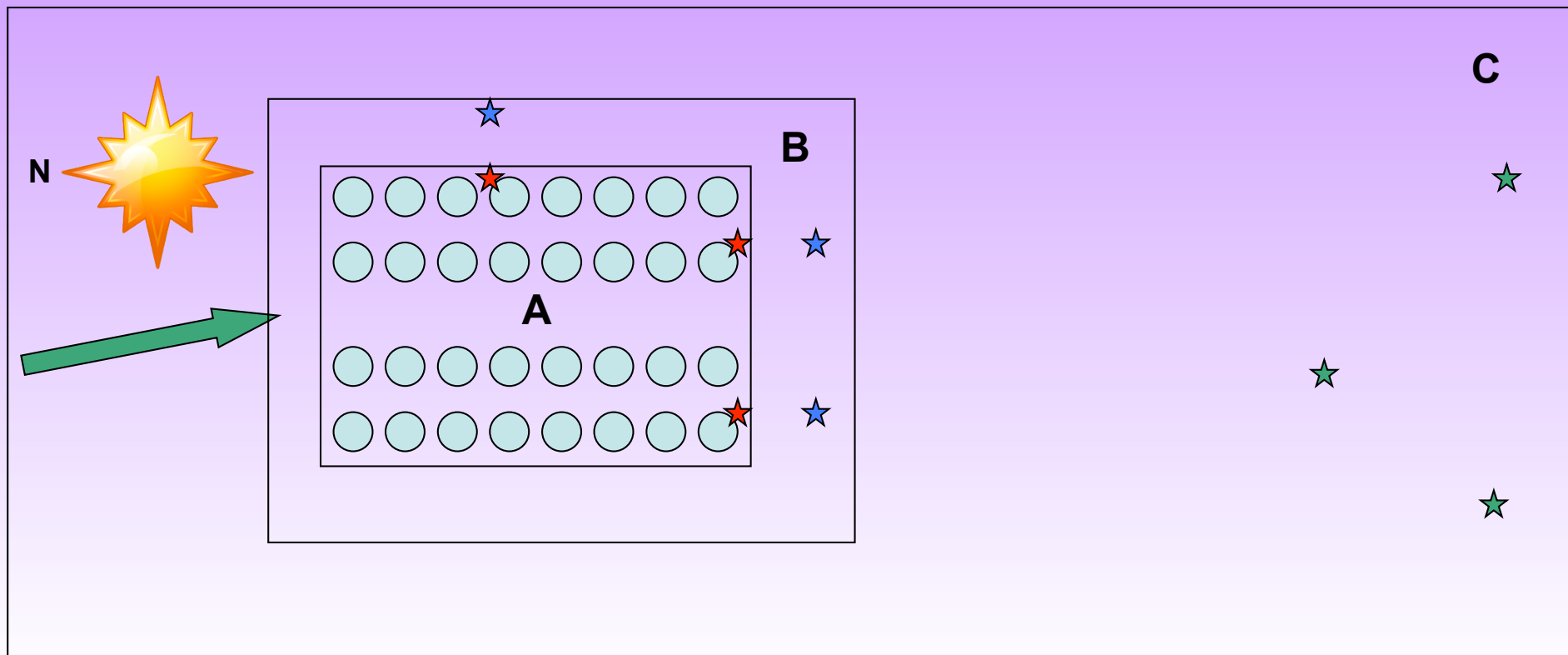
Anfípodos

Ubicación estaciones de muestreo :

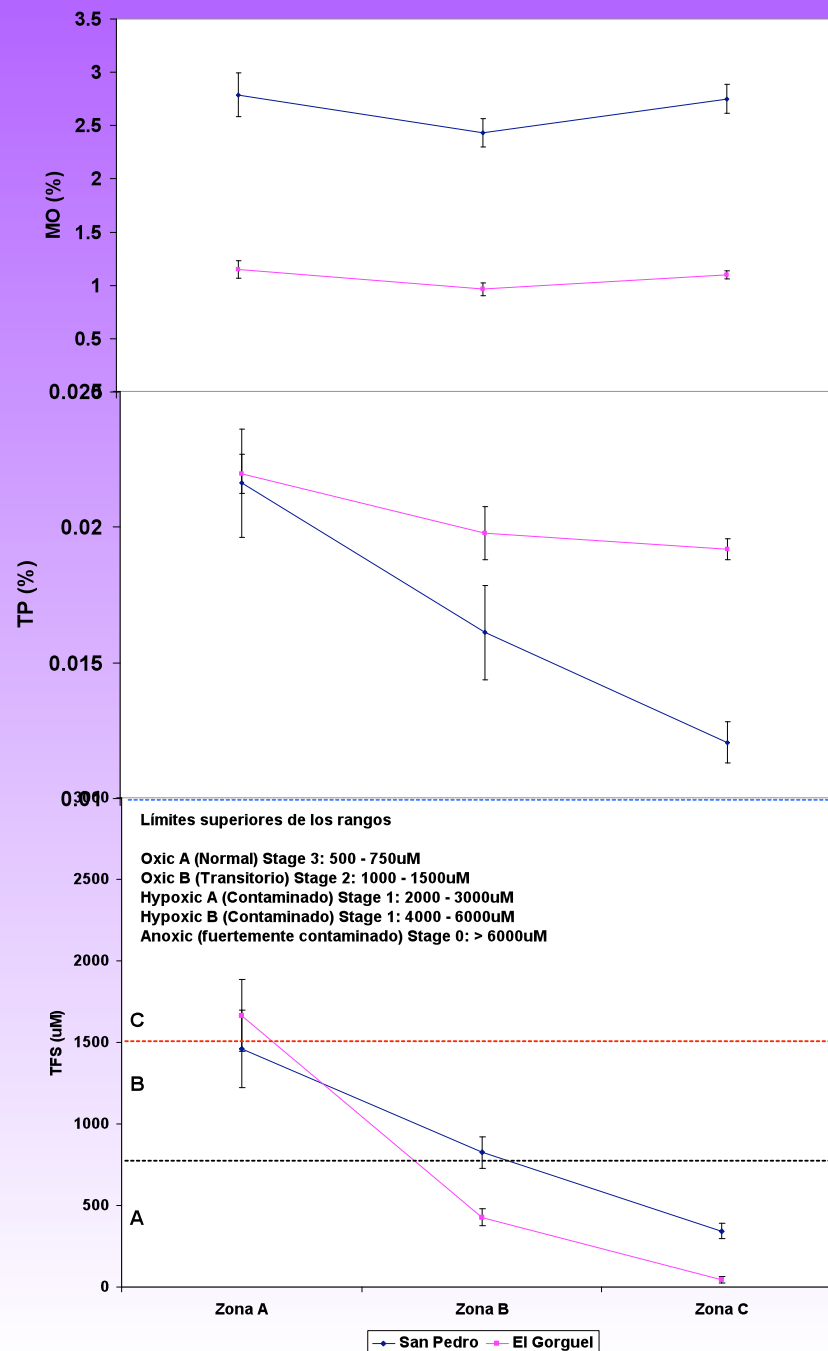
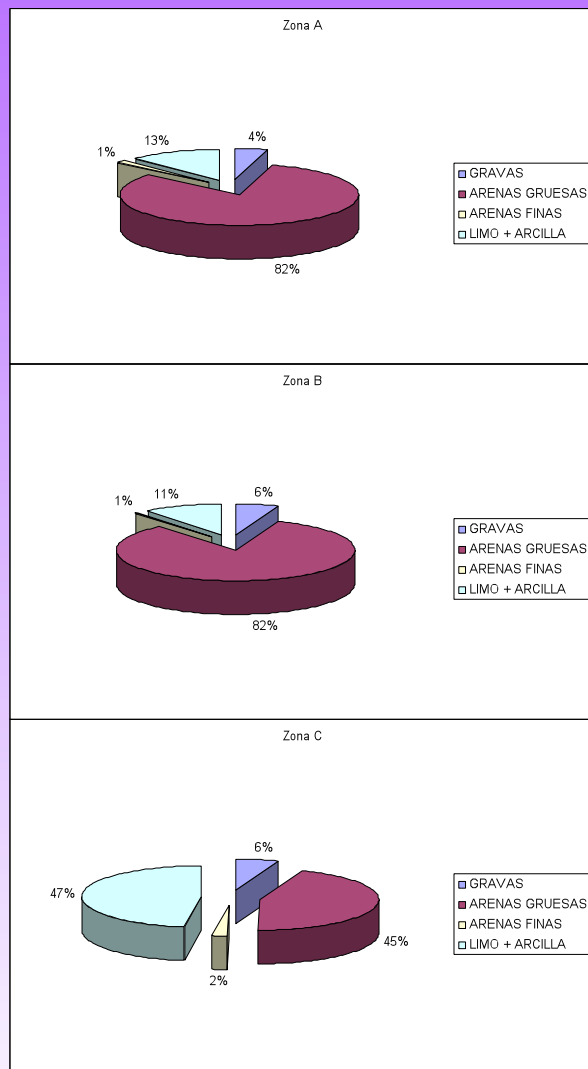
LOCALIDAD (L): A, B y C

Dentro de cada L: 3 ZONAS Z(L) ★ ★ ★

En cada zona 3 réplicas



Capacidad de carga, indicadores y modelos

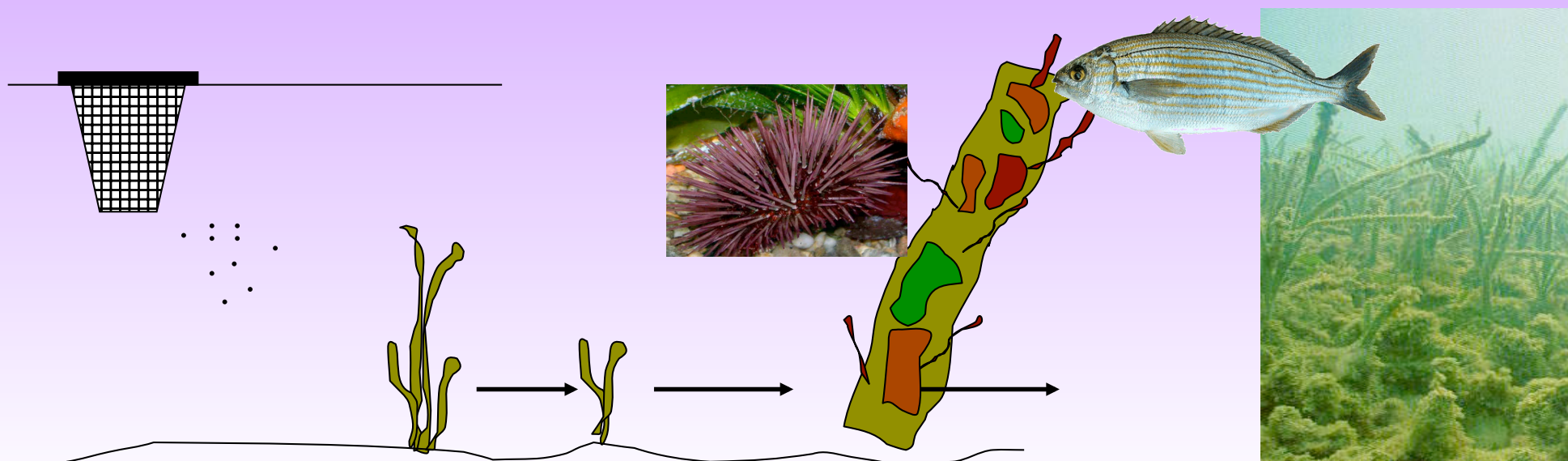


Macrofitobentos: pradera de *Posidonia oceanica*:

Sombreado + turbidez + nutrientes: acciones sinérgicas: efecto cascada
Impactos dependen de la distancia:

Mayor distancia (50 – 400 metros)

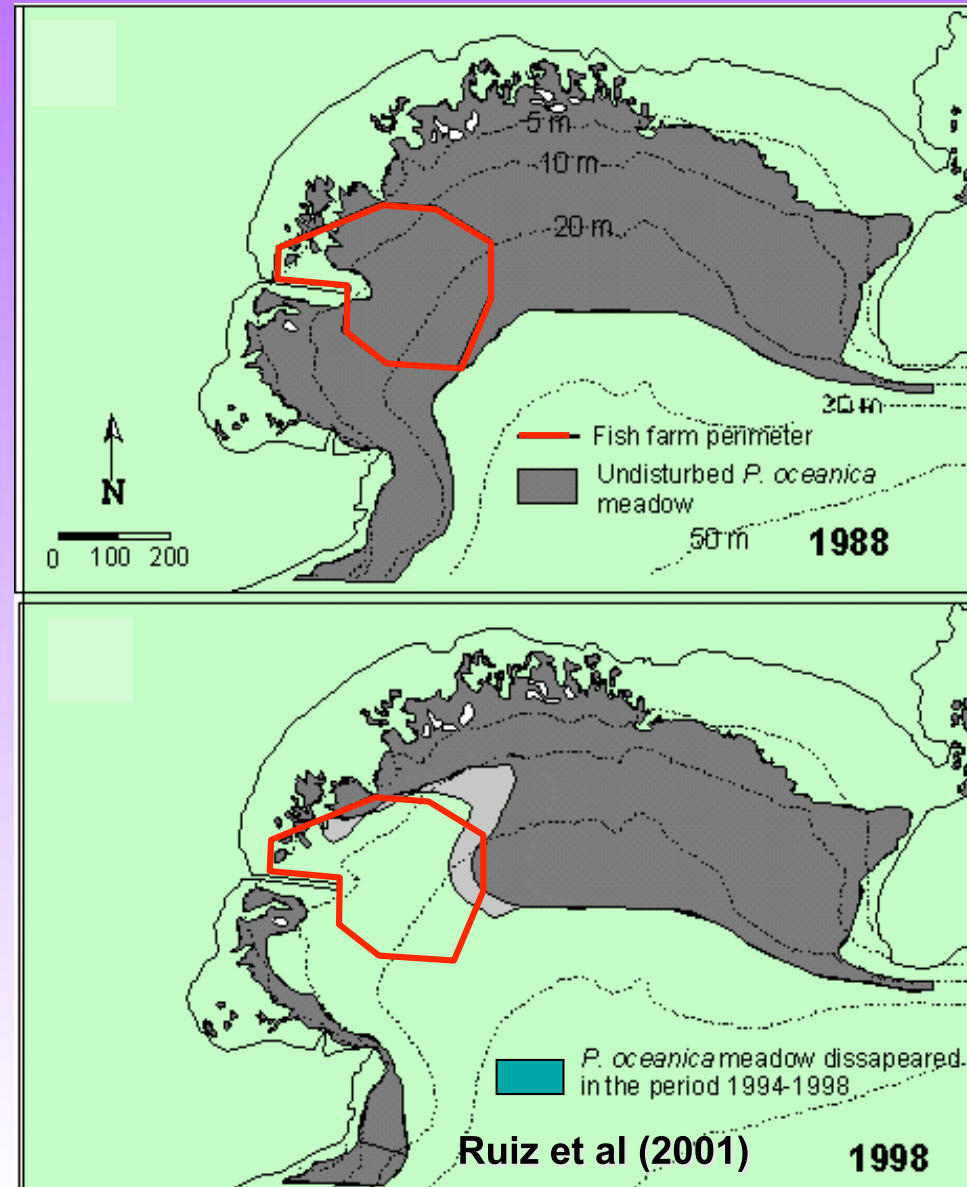
Nutrientes = $\uparrow$ biomasa epífitos + $\uparrow$ Presión herbívoros + $\downarrow$ superficie
fotosintética = alteraciones en la estructura (cobertura, densidad
haces)



**Pérdida de > 9Ha de
pradera**

**Frente de regresión a +
de 200 m de la granja**

**Continúa regresionando
aun habiendo cesado la
actividad**



Capacidad de carga, indicadores y modelos

Variables indicadoras en *P. oceanica*:

Estado de salud:

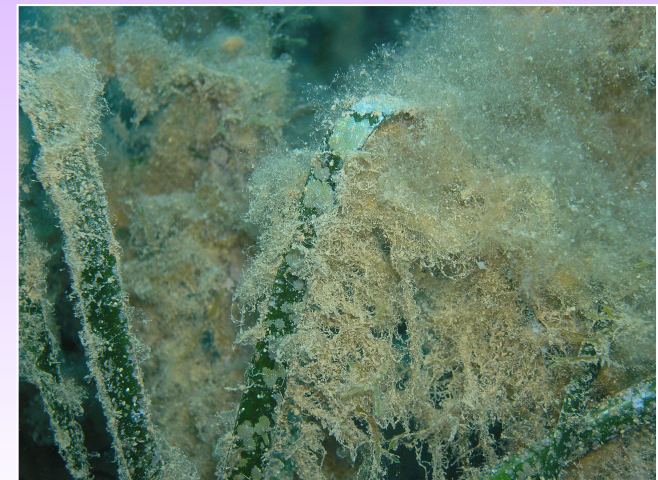
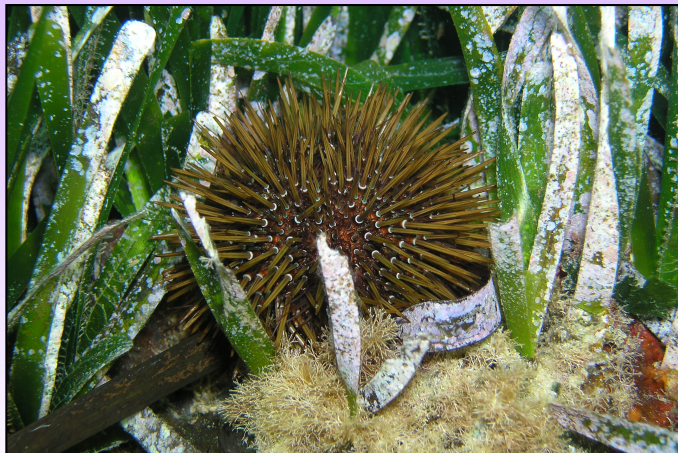
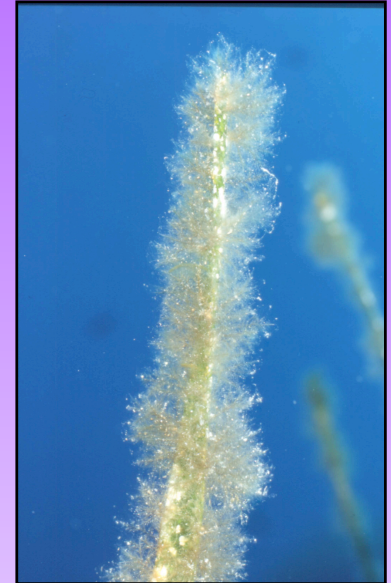
Densidad de haces y cobertura

Afección:

Biomasa de epífitos

$\delta^{15}\text{N}$ en epífitos

Actividad de herbívoros



Fotos: J.M. Ruiz