

International Workshop on Fish Welfare  
8-10 de Febrero de 2010. Madrid

# Herramientas metodológicas para el diseño de instalaciones acuícolas basado en el bienestar animal

Proyecto MEC (2006-2008): "*Diseño de instalaciones acuícolas para el  
bienestar animal y la sostenibilidad ambiental*"

Grupo de Investigación AQUAL (UPC)



Departament d'Enginyeria  
Agroalimentària i Biotecnologia

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# Objetivos

**Diseño de Tanques** ↔ **Bienestar Animal**

■ **Caracterización  
Hidrodinámica  
Tanques de Cultivo**



■ **Acumulación  
Residuos Sólidos  
(Sedimentos)**



■ **Influencia en el  
comportamiento y  
bienestar de los peces**

# Metodologías para el diseño de tanques y evaluación de su influencia en el comportamiento de los peces

## Análisis hidrodinámico de los tanques

Particle Tracking Velocimetry

Residence Time Distribution

Acoustic Doppler Velocimetry

## Gestión residuos sólidos: sedimentación-resuspensión

Rejilla oscilante

Acoustic Doppler Velocimetry (RMS)

## Estudio del comportamiento del pez en cultivo (ADI)

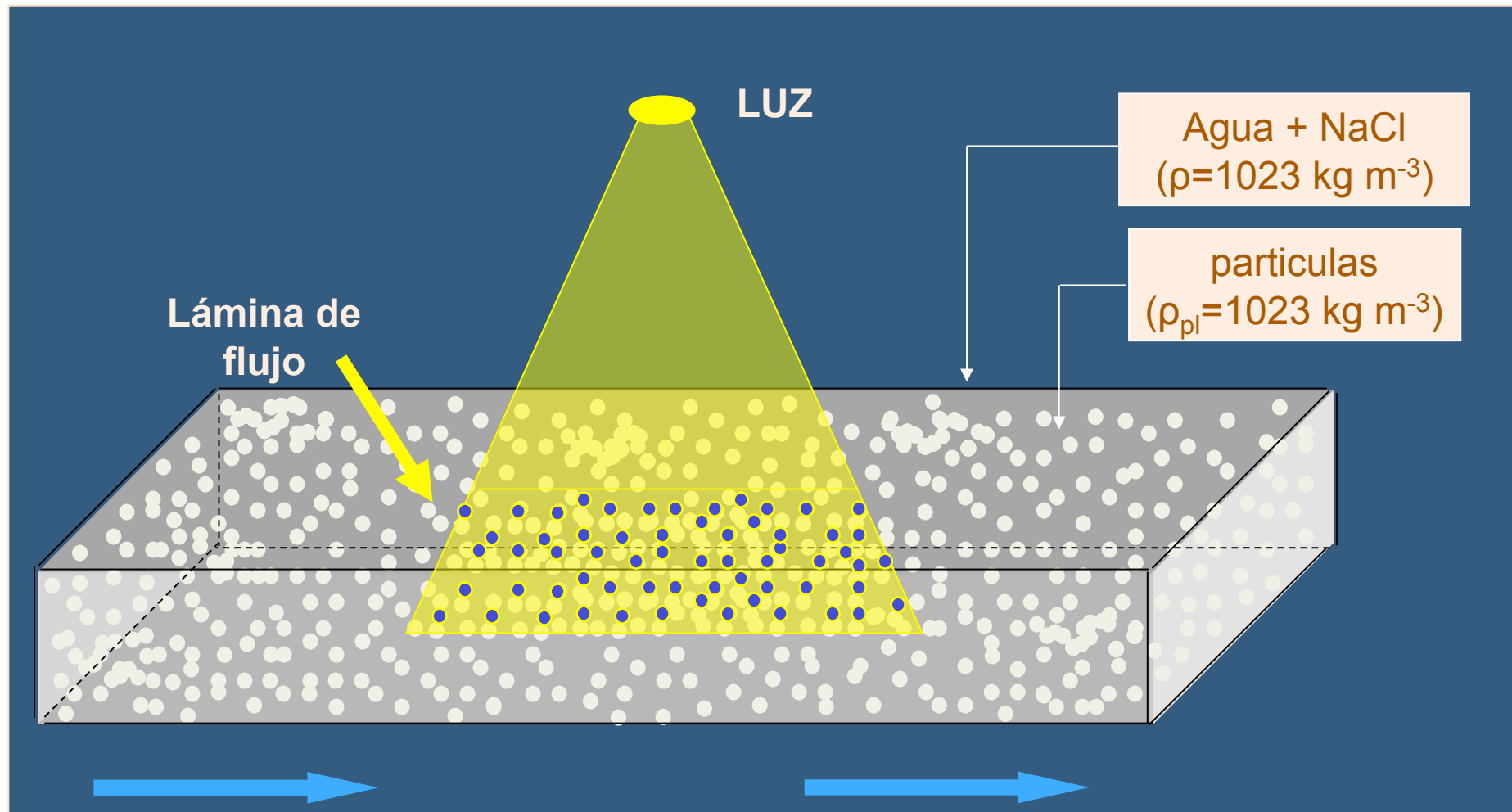
Identificación individual

Sustracción de imágenes

Escaneado Laser

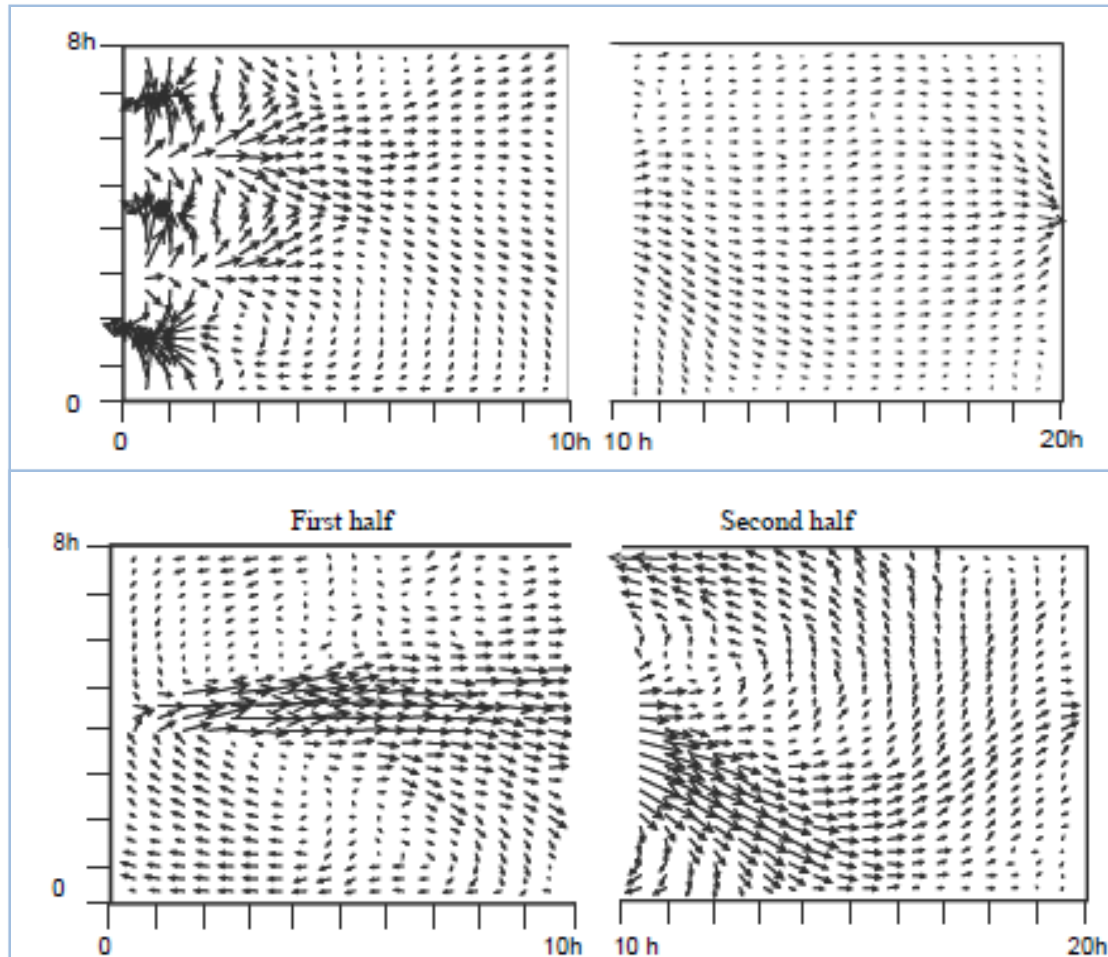
# Análisis hidrodinámico de los tanques de cultivo

## Velocimetría de seguimiento de partículas (PTV)



# Análisis hidrodinámico de los tanques de cultivo

## Velocimetría de seguimiento de partículas (PTV)



- Modelos de tanque a escala
- Obtención campo de velocidades 2D
- Identificación remolinos, zonas muertas, corrientes de cortocircuito
- Medida de la turbulencia (RMS)

# Análisis hidrodinámico de los tanques de cultivo

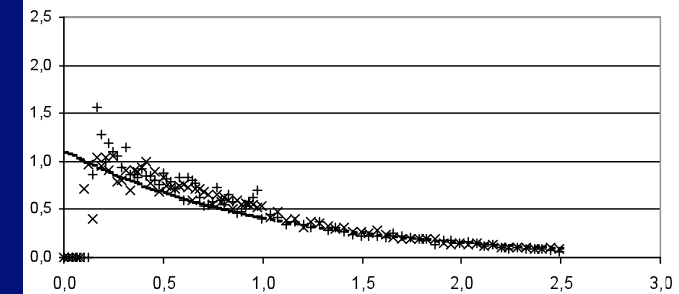
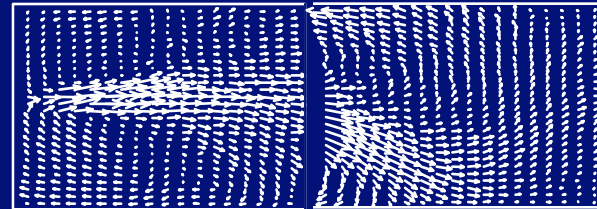
## Análisis de Tiempos de Residencia (RTD)

### Configuración

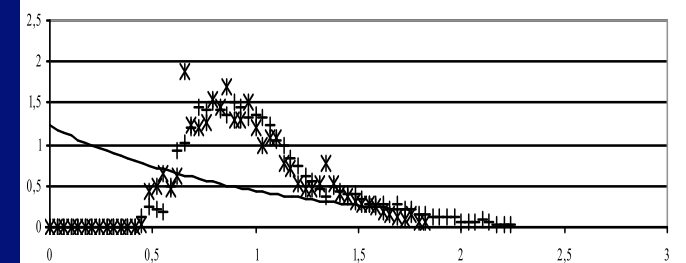
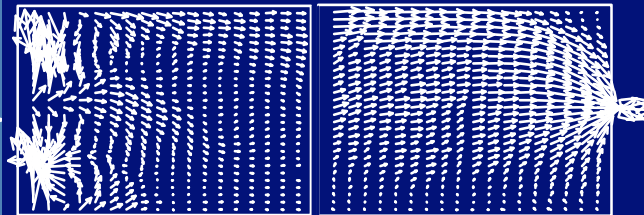
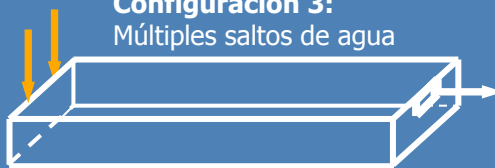
### PTV

### RTD

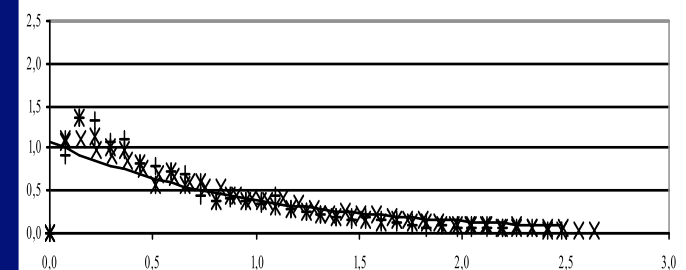
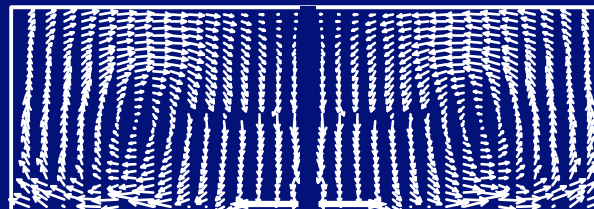
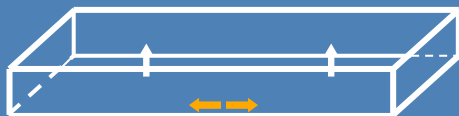
**Configuración 2:**  
Entrada sumergida



**Configuración 3:**  
Múltiples saltos de agua

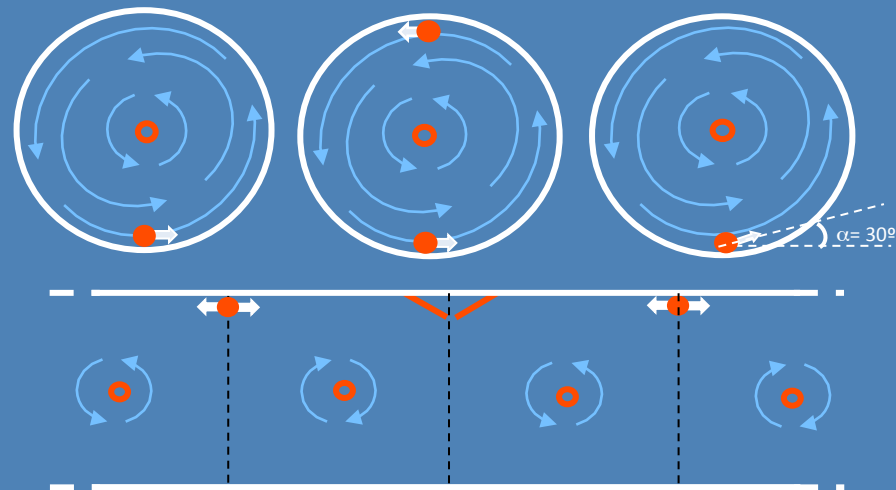
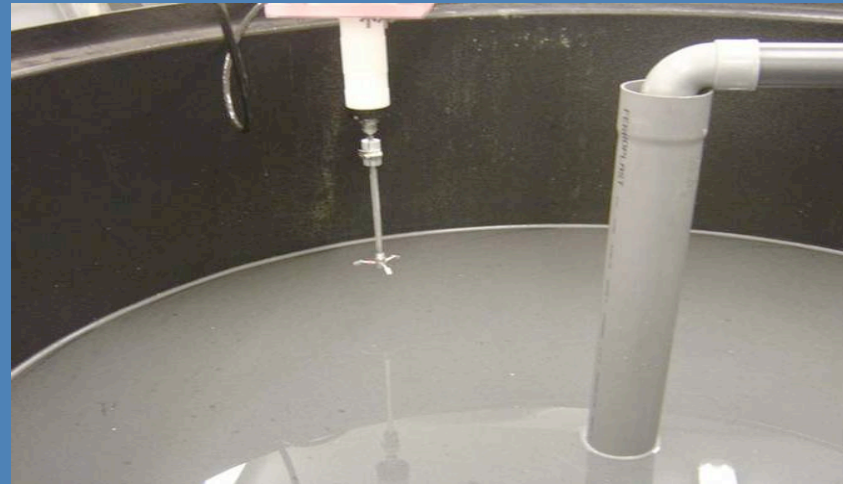
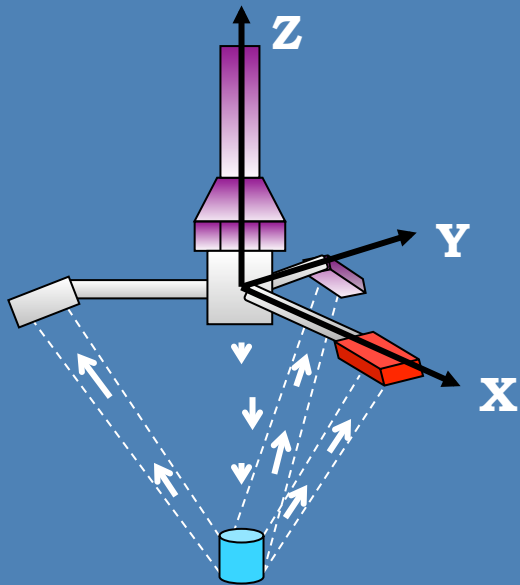


**Configuración 4:**  
Formación 2 vórtices



# Análisis hidrodinámico de los tanques de cultivo

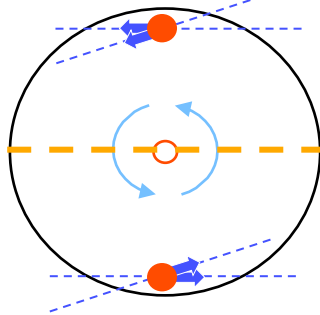
## Velocimetría Acústica de efecto Doppler (ADV)



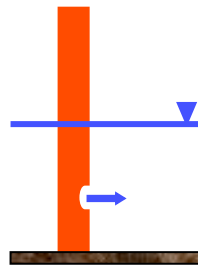
# Análisis hidrodinámico de los tanques de cultivo

## Velocimetría Acústica de efecto Doppler (ADV)

2 INLET DEVICES

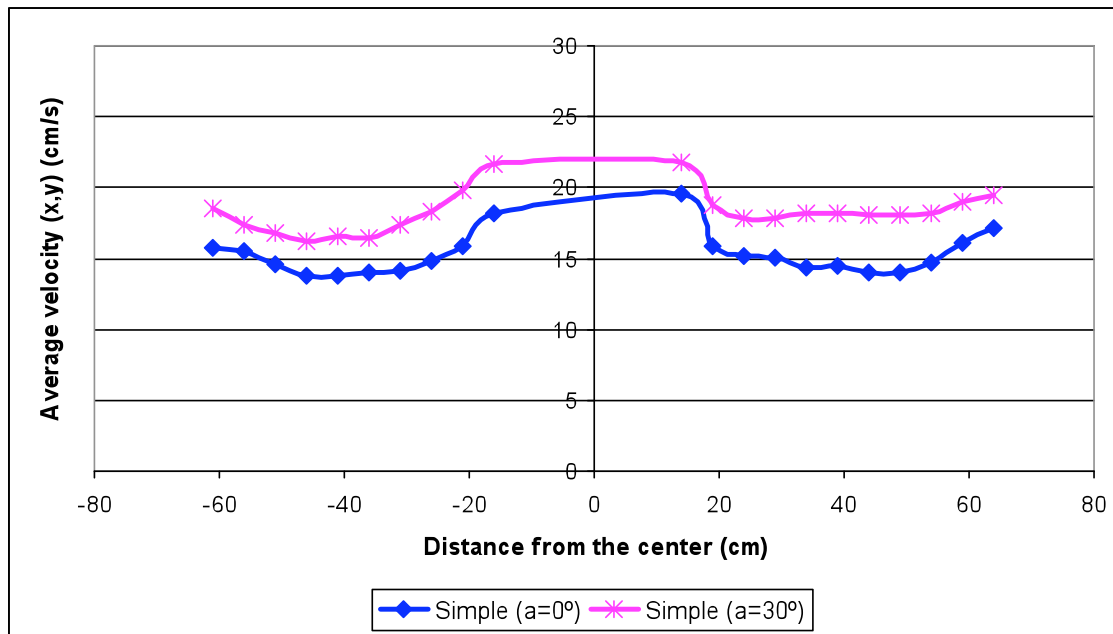


Single inlet



2 INLET DEVICES

		$\alpha=0^\circ$	$\alpha=30^\circ$
Through orifice	<b>Ct</b>	<b>0.0316</b>	<b>0.0222</b>
	<b>DU</b>	<b>92.50%</b>	<b>94.50%</b>



$$C_t = \frac{2Q(V_2 - V_1)}{A V_1^2}$$

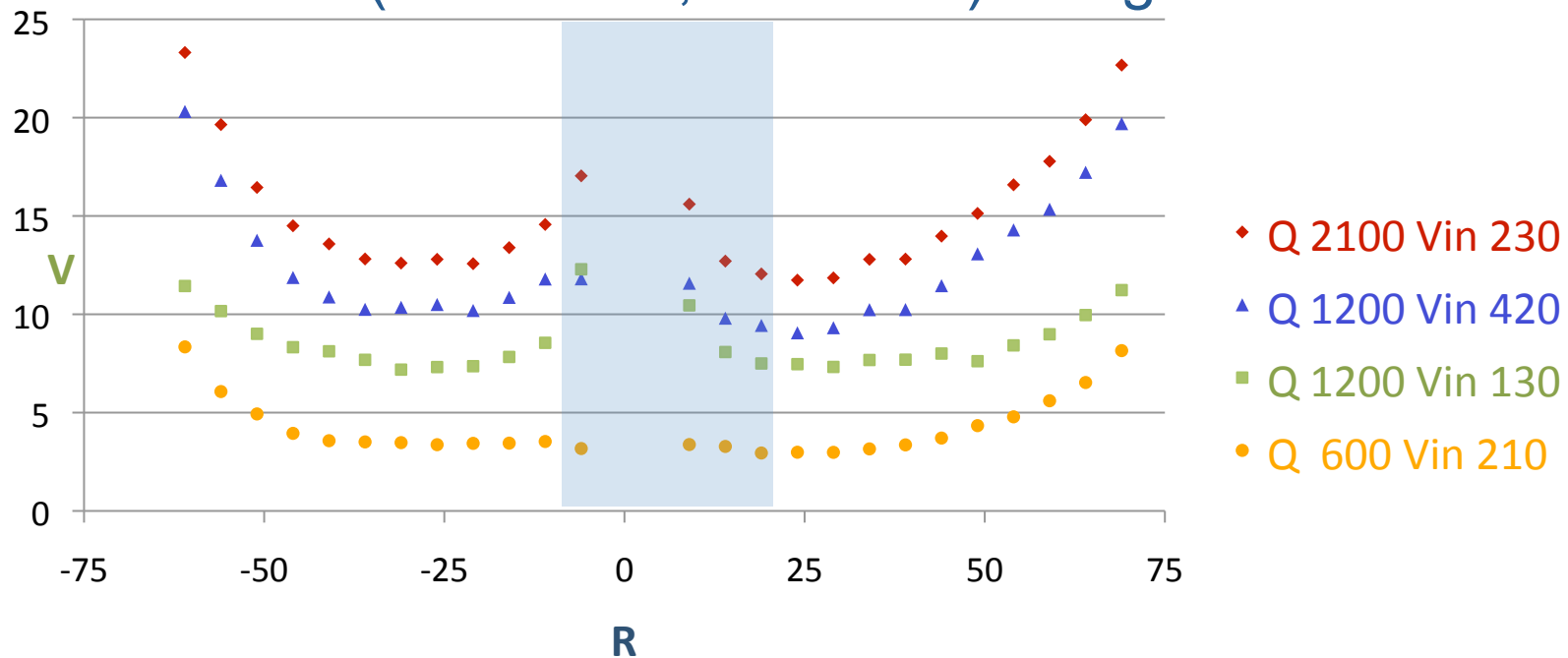
$$V_1 = \sqrt{\frac{2Q(V_2 - V_1)}{A C_t}}$$

*J. Oca, I. Masaló / Aquaculture Europe (2007). Estambul.*

# Análisis hidrodinámico de los tanques de cultivo

## Velocimetría Acústica de efecto Doppler (ADV)

Tank A (D=150 cm, H=50 cm): Tangential velocities



▲ and ■ identical Q, different Vin

● and ■ similar "Q·Vin"

# Metodologías para el diseño de tanques y evaluación de su influencia en el comportamiento de los peces

Análisis hidrodinámico de los tanques

Particle Tracking Velocimetry

Residence Time Distribution

Acoustic Doppler Velocimetry

**Gestión residuos sólidos: sedimentación-resuspensión**

**Rejilla oscilante**

**Acoustic Doppler Velocimetry (RMS)**

Estudio del comportamiento del pez en cultivo (ADI)

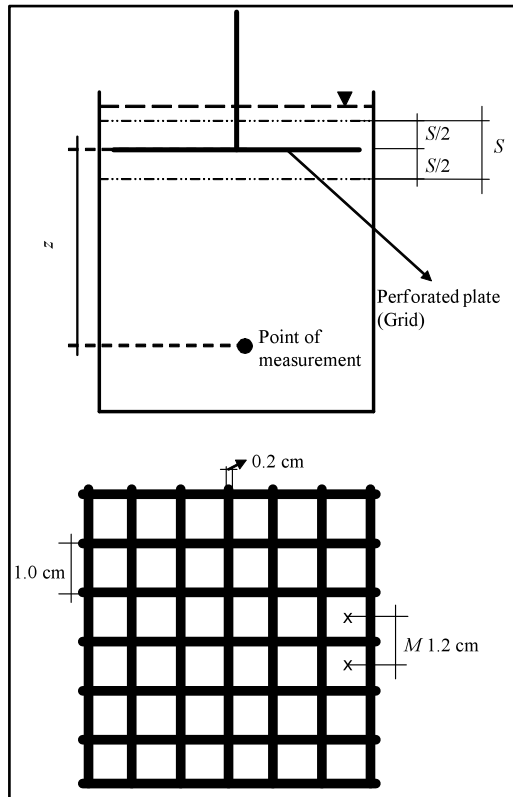
Identificación individual

Sustracción de imágenes

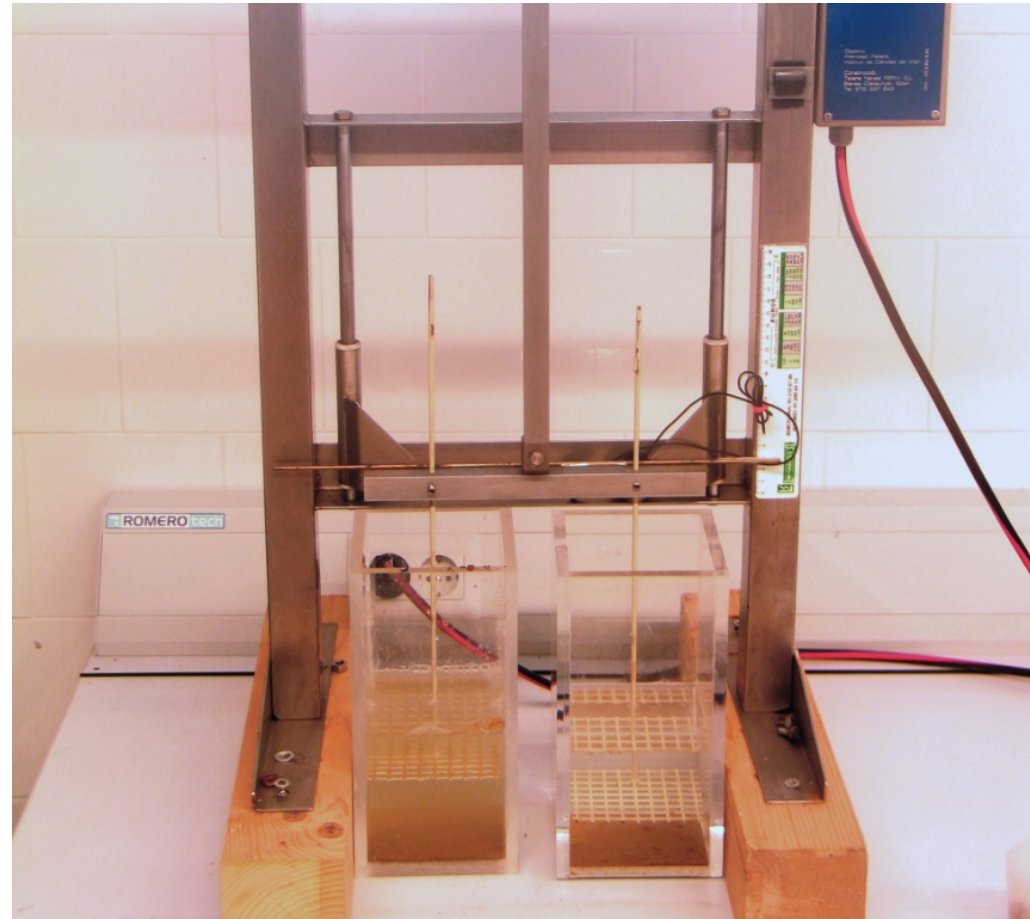
Escaneado Laser

# Acumulación de Residuos Sólidos (Sedimentación – Resuspensión)

## Rejilla Oscilante



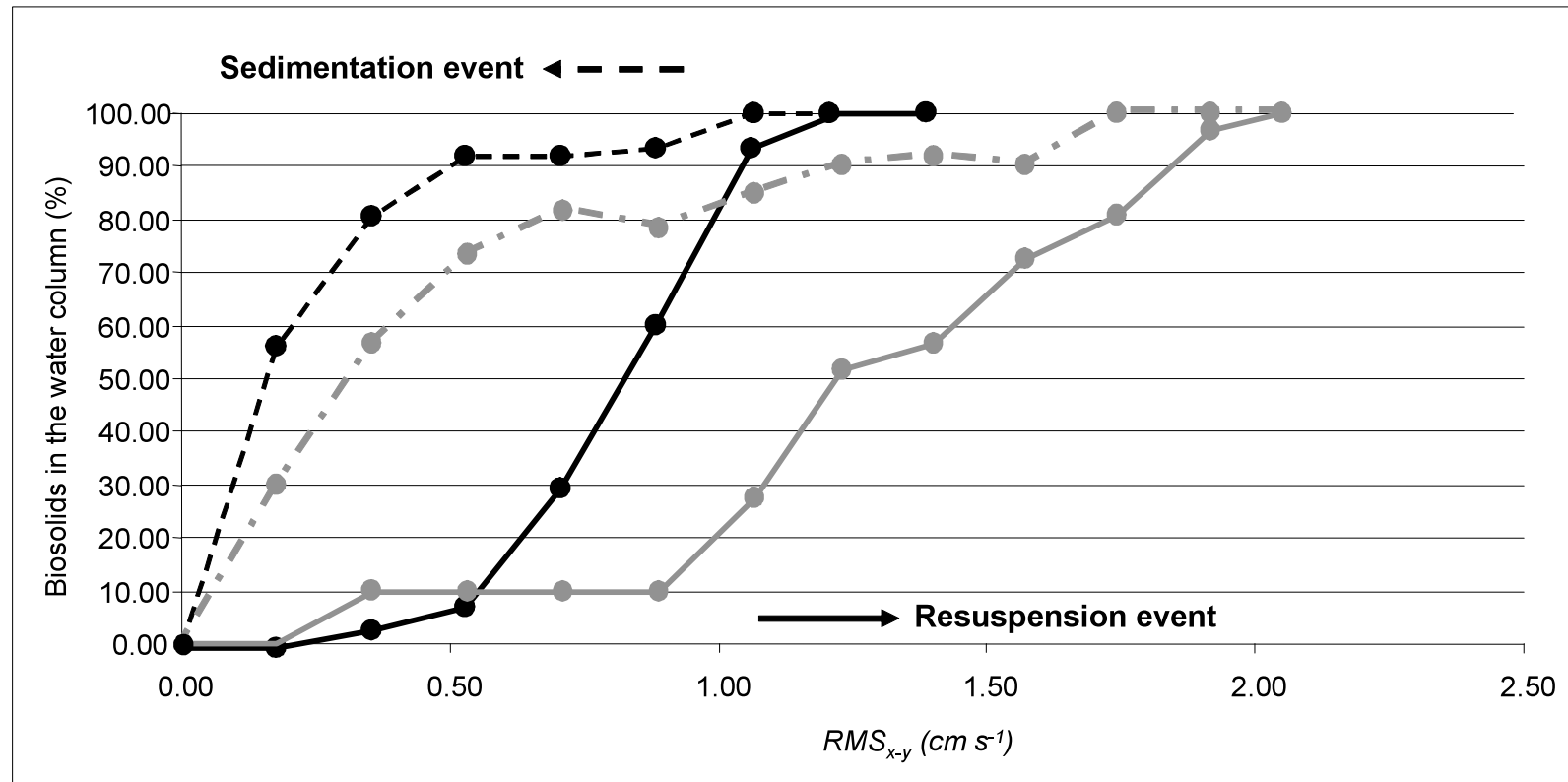
Esquema de funcionamiento de la rejilla oscilante



# Acumulación de Residuos Sólidos (Sedimentación – Resuspensión)

## Rejilla Oscilante

I. Masaló et al. / Aquacultural Engineering, 38 (2008) 135-144

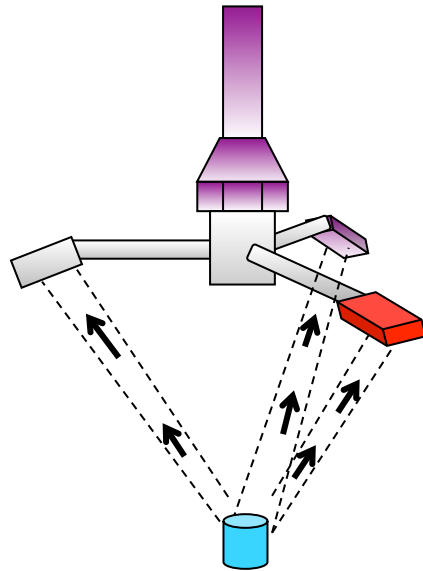


Porcentaje de sólidos en suspensión en función de la turbulencia durante los procesos de sedimentación y resuspensión

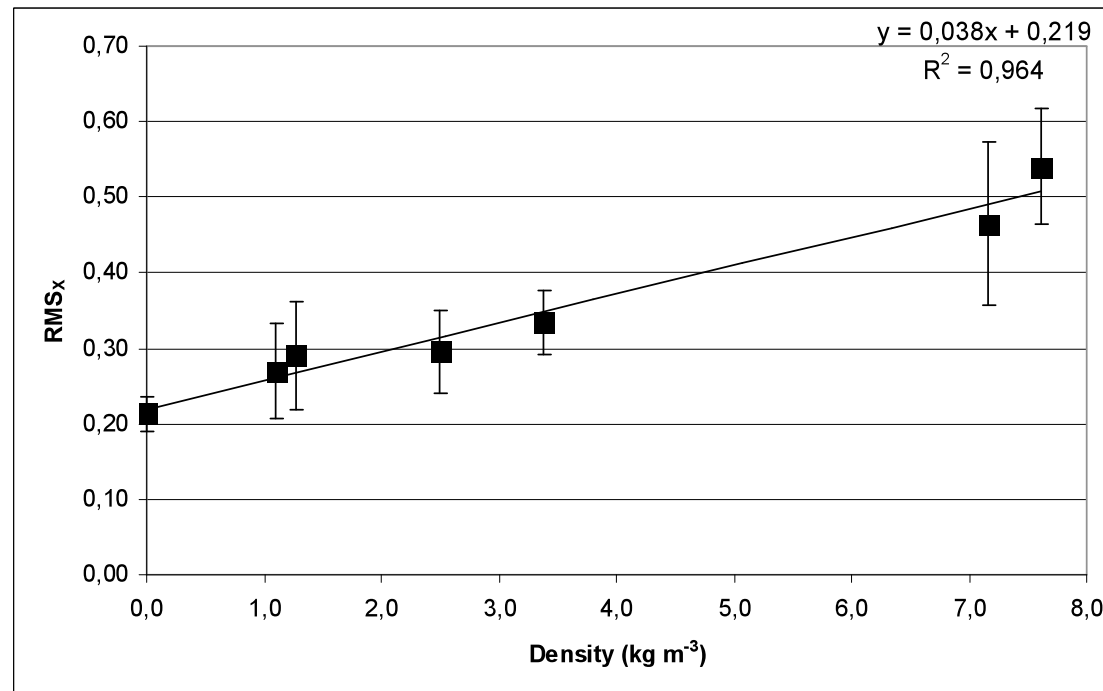
- R1CT48 Resuspension event
- - - S1CT48 Sedimentation event
- R2CT48+48 Resuspension event
- - - S2CT48+48 Sedimentation event

# Acumulación de Residuos Sólidos (Sedimentación – Resuspensión)

## Acoustic Doppler Velocimetry (RMS)



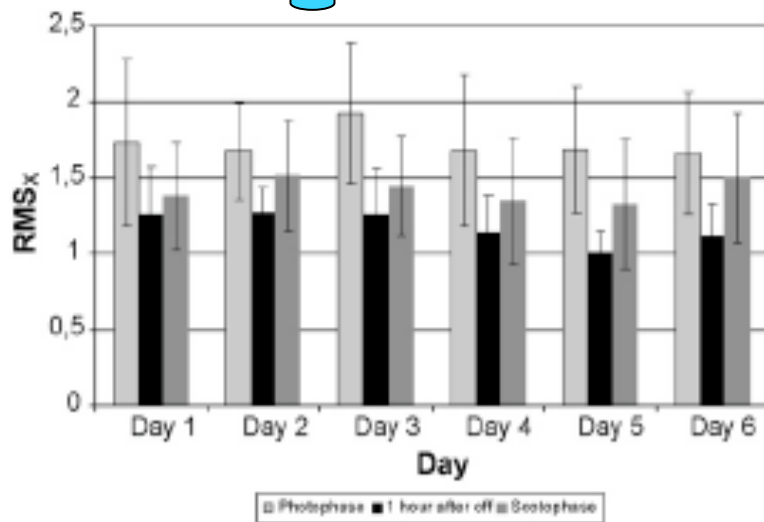
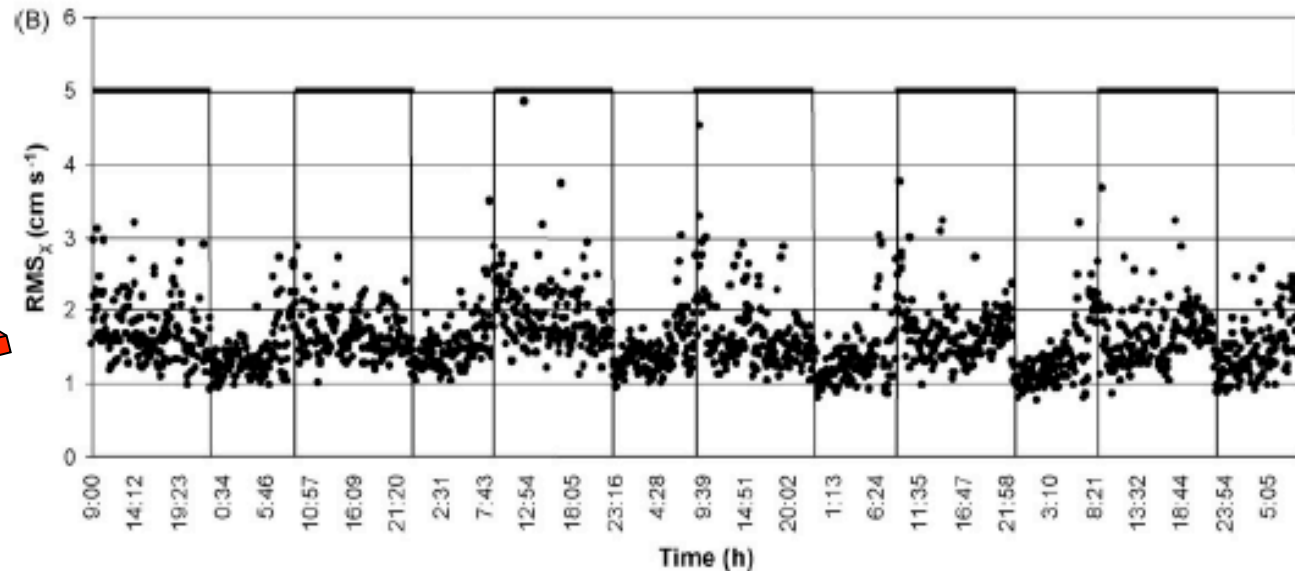
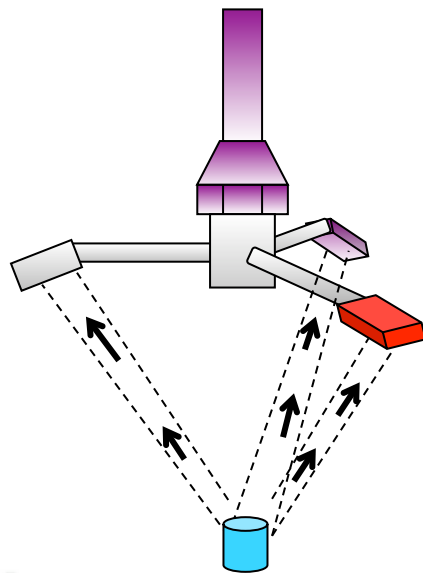
I. Masaló et al. / Aquacultural Engineering, 38 (2008) 43-51



Relación entre la densidad de cultivo y la turbulencia medida en el tanque

# Acumulación de Residuos Sólidos (Sedimentación – Resuspensión)

## Acoustic Doppler Velocimetry (RMS)



Detección de las variaciones de actividad natatoria en tanques a partir de las medidas de turbulencia (RMS)

Fig. 5. Mean  $RMS_x$  ( $\text{cm s}^{-1}$ ) during photophase (light grey), scotophase (dark grey), and 1 h after the lights were switched off (black) in Exp. 2 with sea bass at a density of  $11.7 \text{ kg m}^{-3}$  (average body weight: 11.8 g).

# Metodologías para el diseño de tanques y evaluación de su influencia en el comportamiento de los peces

**Análisis hidrodinámico de los tanques**

Particle Tracking Velocimetry

Residence Time Distribution

Acoustic Doppler Velocimetry

**Gestión residuos sólidos: sedimentación-resuspensión**

Rejilla oscilante

Acoustic Doppler Velocimetry (RMS)

**Estudio del comportamiento del pez en cultivo (ADI)**

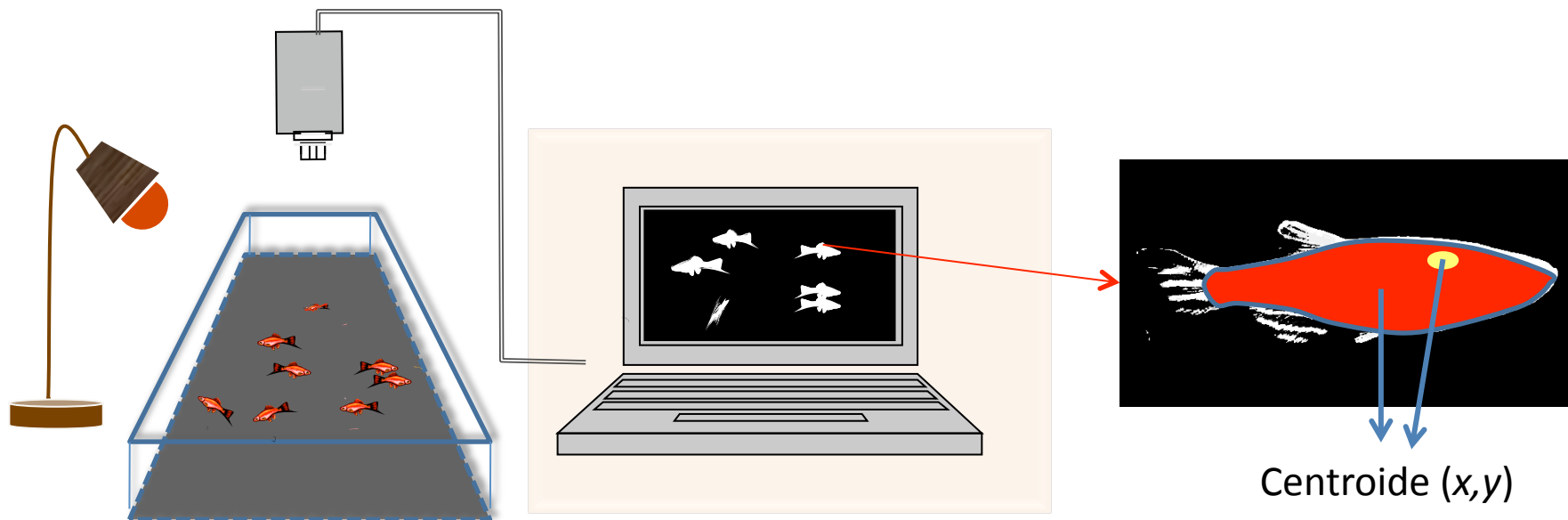
Identificación individual

Sustracción de imágenes

Escaneado Laser

# Estudio del comportamiento del pez en cultivo (Análisis Digital de Imágenes)

## Identificación Individual



Condiciones de cultivo  
Iluminación



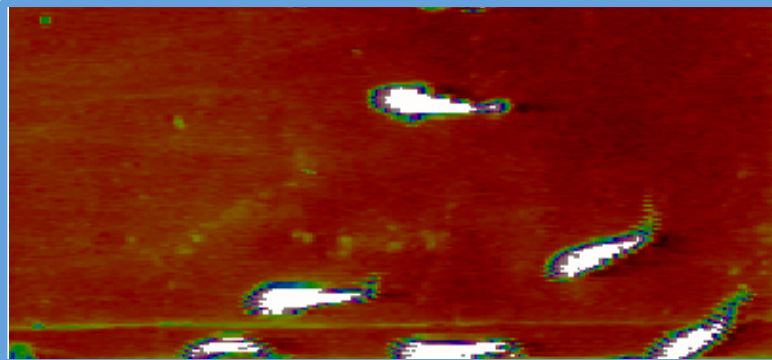
Captura de imágenes  
Procesado



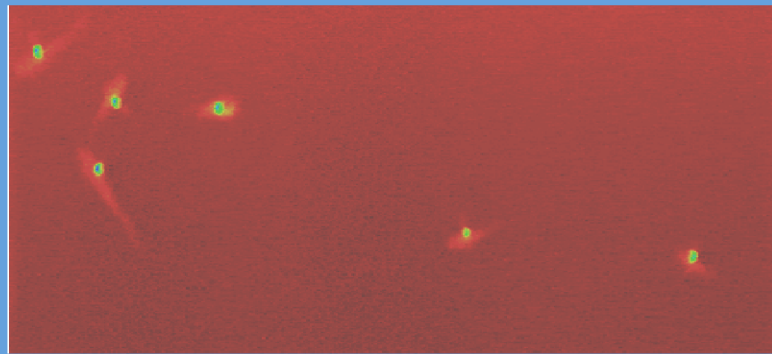
Identificación individuos  
Coordenadas (x, y)

# Estudio del comportamiento del pez en cultivo (Análisis Digital de Imágenes)

## Identificación Individual



Identificación morfológica



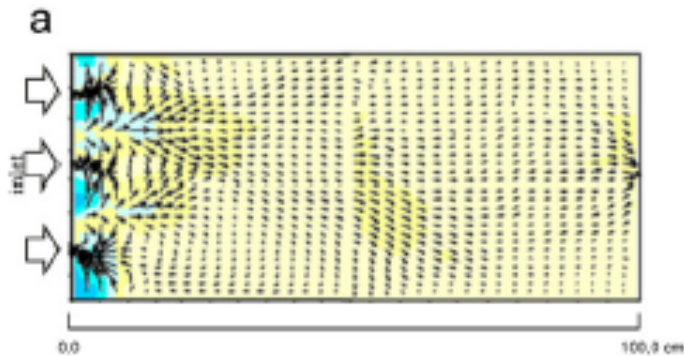
Identificación por marcaje



Diferenciación de poblaciones  
per la geometría del marcaje

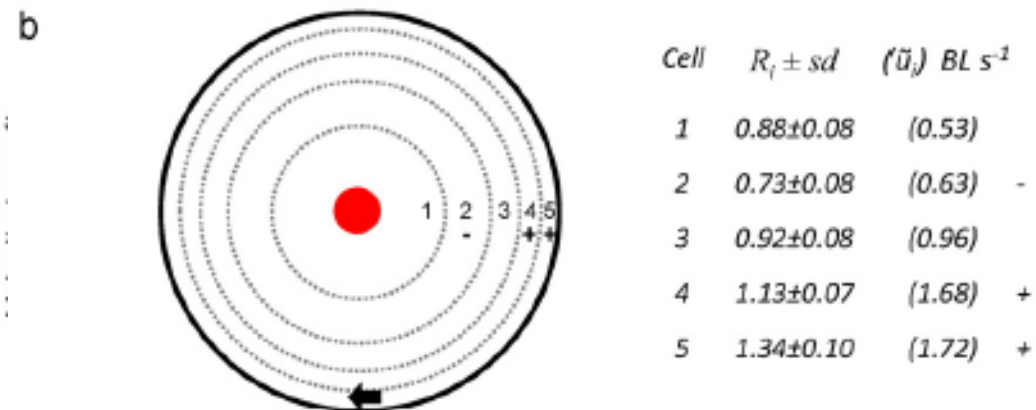
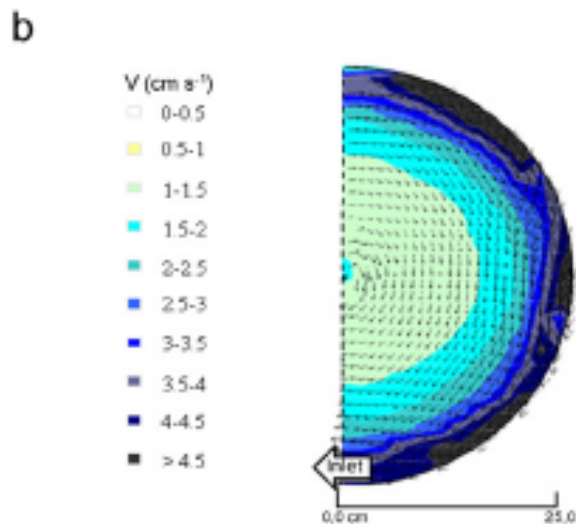
# Estudio del comportamiento del pez en cultivo (Análisis Digital de Imágenes)

## Identificación Individual



a

Cell	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
$\bar{u}_i$	0.61	0.26	0.18	0.12	0.11	0.13	0.12	0.12	0.14	0.16	(BLs <sup>-1</sup> )
$\bar{R}_i$	1.85	1.84	1.67	1.47	1.04	0.77	0.52	0.34	0.27	0.23	
$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	
s.d.	0.74	0.46	0.27	0.21	0.37	0.17	0.10	0.11	0.05	0.12	
		+	+	+		-	-	-	-		



# Estudio del comportamiento del pez en cultivo (Análisis Digital de Imágenes)

## Identificación Individual

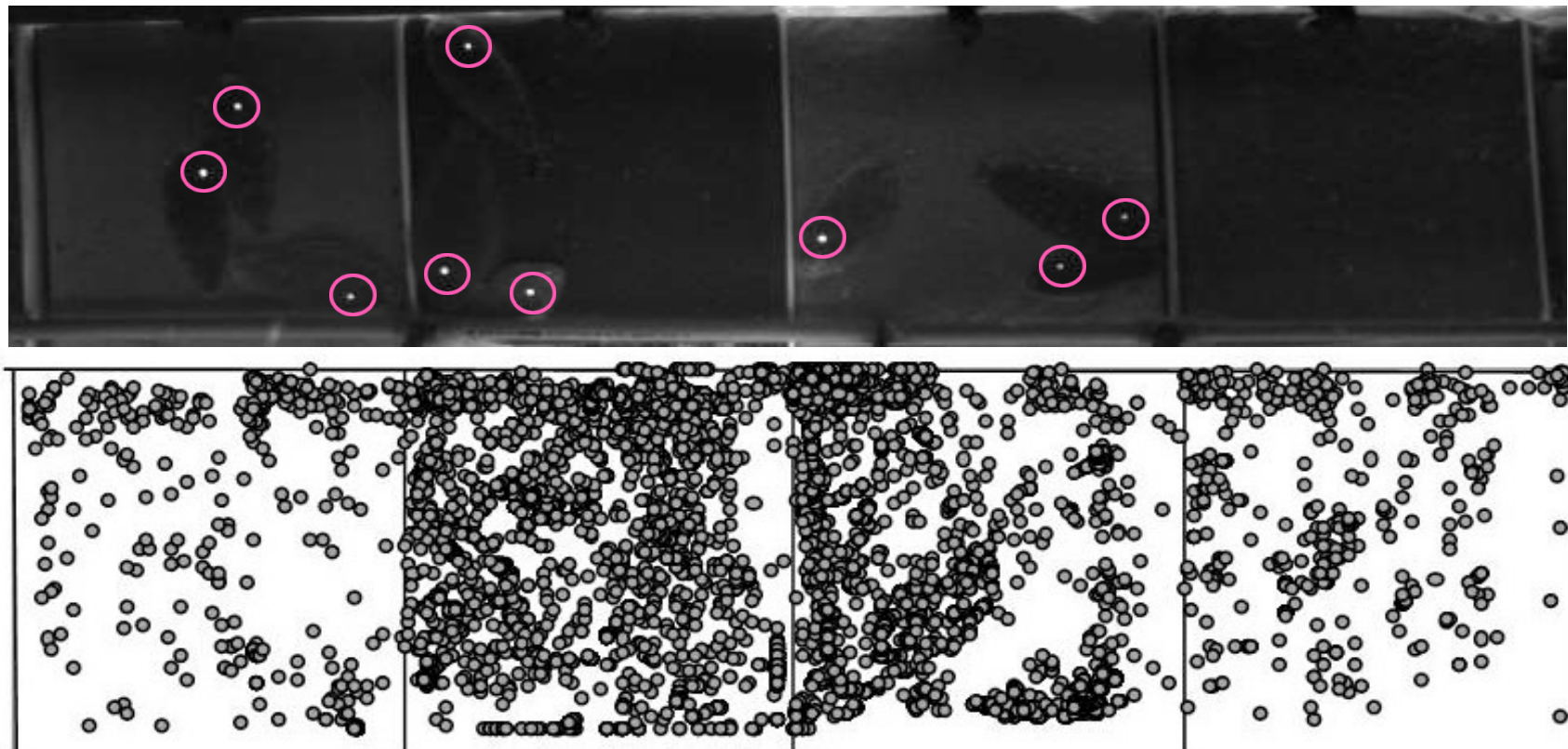
### Preferencia de sustratos (lenguado)

A

B

C

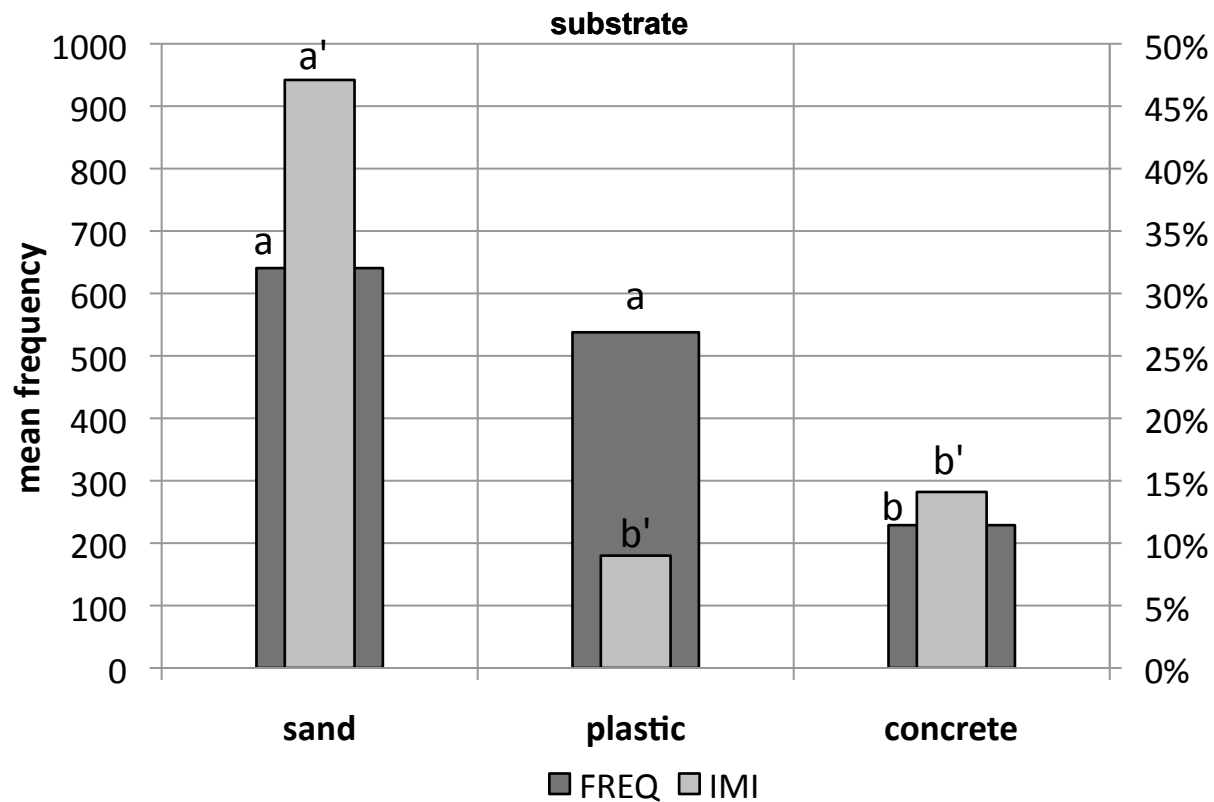
D



# Estudio del comportamiento del pez en cultivo (Análisis Digital de Imágenes)

## Identificación Individual

### Preferencia de sustratos (lenguado)



Mean FREQ (frequency) and IMI (immobility index) values obtained by each substrate.

*Reig et al./Aquaculture Engineering (2009)(in press)*

# Estudio del comportamiento del pez en cultivo (Análisis Digital de Imágenes)

## Sustracción de imágenes (peces planos)

**PECES**

**PLANOS**



■ Bajo nivel de actividad

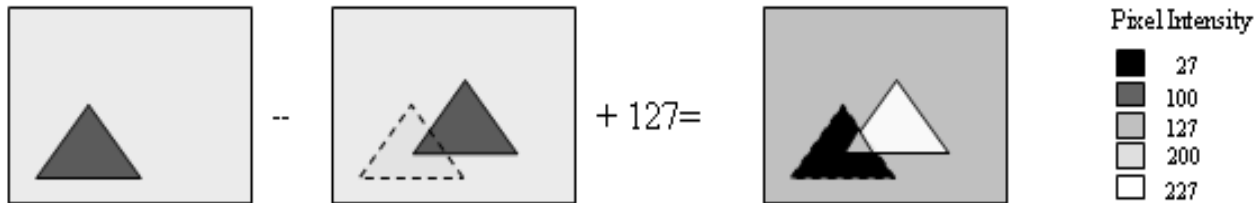


■ Concentración de la biomasa en el fondo del tanque

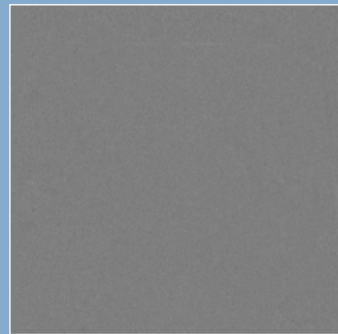


# Estudio del comportamiento del pez en cultivo (Análisis Digital de Imágenes)

## Sustracción de imágenes (peces planos)



Sin actividad



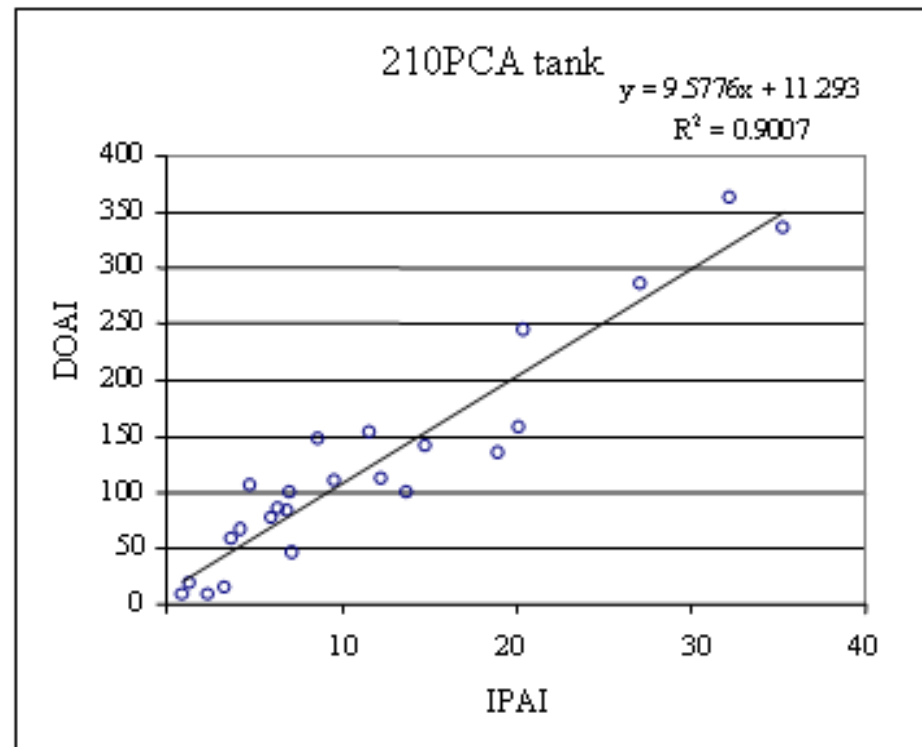
Con actividad



- Procedimiento cuantitativo
- No intrusivo
- Permite analizar largos períodos con un coste asumible

# Estudio del comportamiento del pez en cultivo (Análisis Digital de Imágenes)

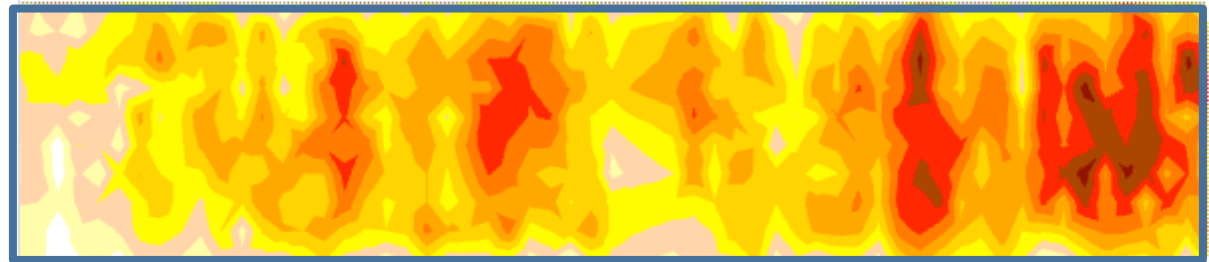
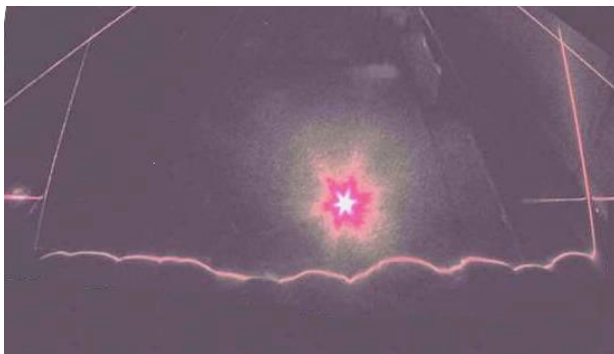
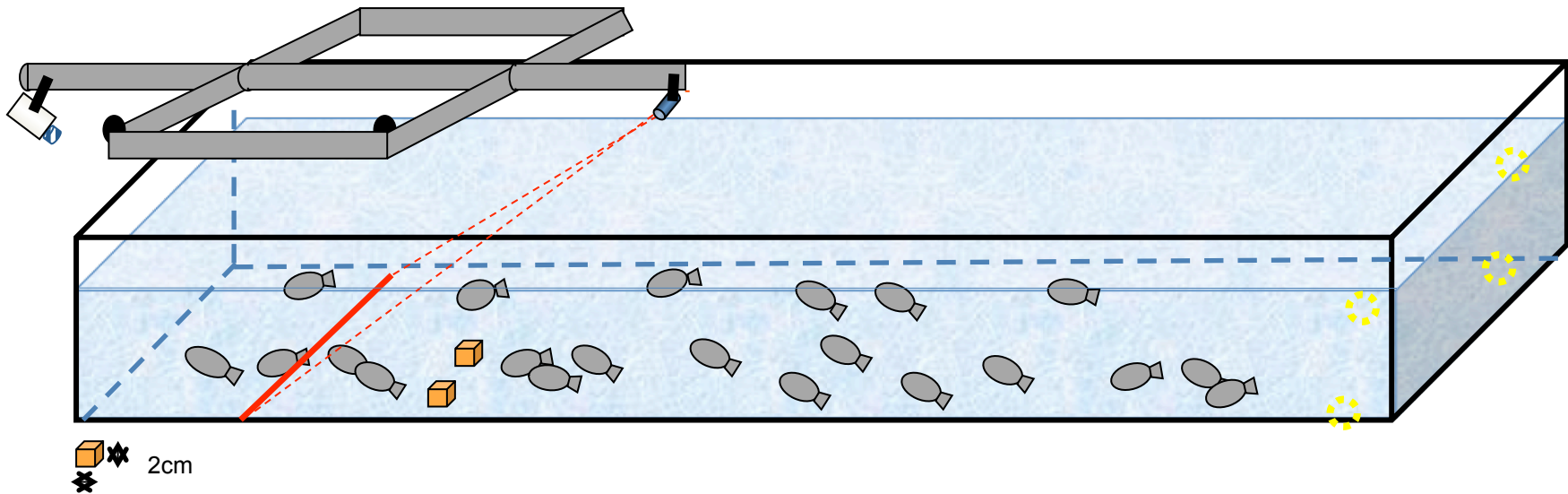
## Sustracción de imágenes (peces planos)



Direct observation activity index (DOAI) vs. image processing activity index (IPAI)  
for two tanks with 92% and 210% of area covered

# Estudio del comportamiento del pez en cultivo (Análisis Digital de Imágenes)

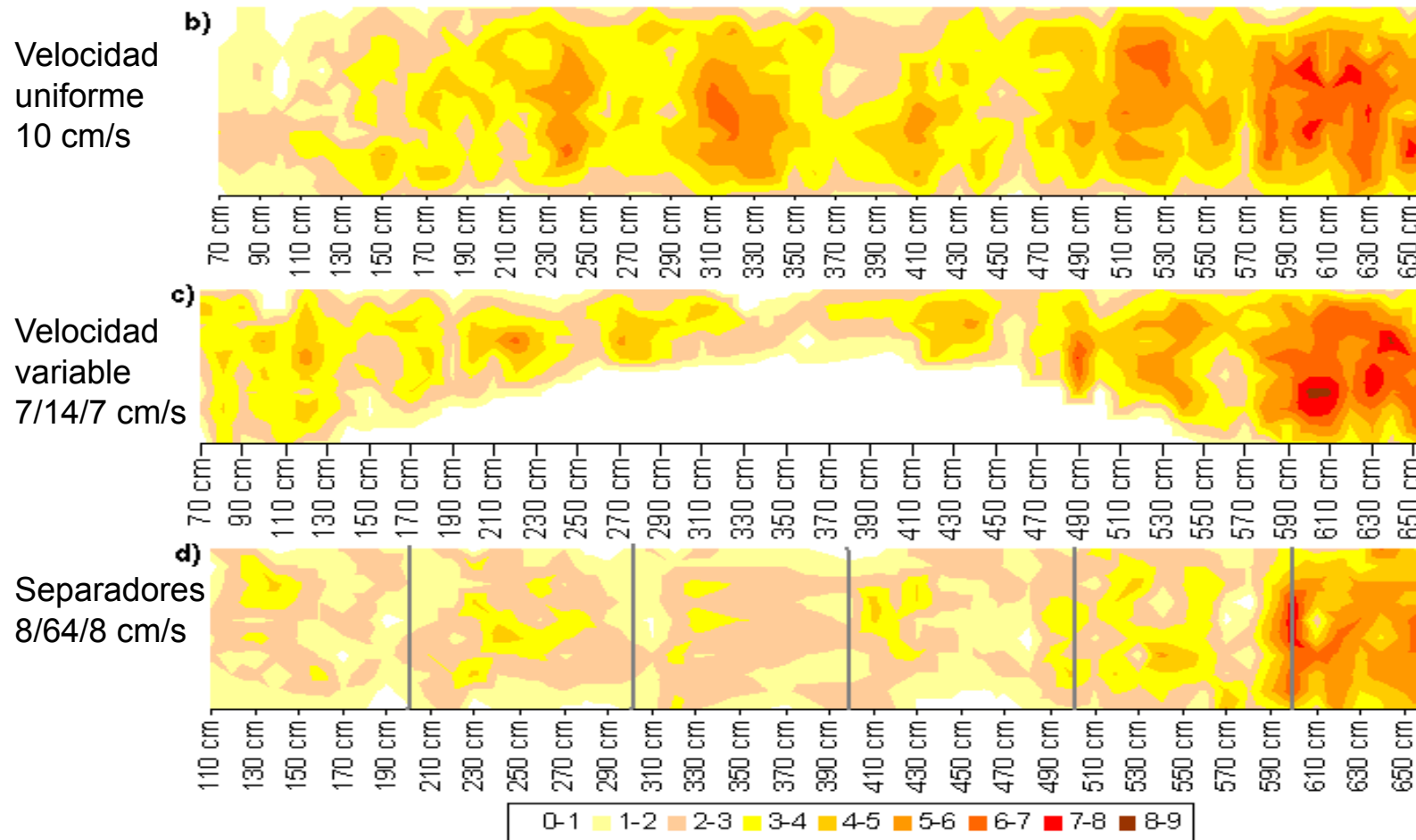
## Escaneado Laser (peces planos)



mapa de espesor de biomasa de peces

# Estudio del comportamiento del pez en cultivo (Análisis Digital de Imágenes)

## Escaneado Laser (peces planos)



Maps of fish distribution: b) Uniform velocity; c) Variable velocity<sub>2</sub>; d) Baffle treatment

*Almansa C. et al./Aquaculture Engineering (en preparación)*

- La **geometría** de los tanques y los **dispositivos de entrada y salida** de agua tienen una enorme influencia en las características hidrodinámicas de los tanques y en la **homogeneidad** de los parámetros ambientales.
- El **patrón de flujo** de los tanques de cultivo puede ser estudiado utilizando técnicas de **PTV** en modelos a escala y técnicas **ADV** en tanques a escala real.
- La **autolimpieza** en los tanques de consigue cuando el nivel de turbulencia generado por el flujo y por la propia actividad natatoria de los peces alcanza unos valores mínimos, que pueden ser establecidos caracterizando los sedimentos utilizando una **rejilla oscilante**
- La **sustracción de imágenes** consecutivas es una buena técnica para la cuantificación del **nivel de actividad** de los peces planos en condiciones de cultivo. Puede ser utilizada en condiciones de alta densidad y también para detectar situaciones de pánico.
- El **marcaje individual** de los peces, combinado con el **análisis digital de imágenes**, nos permite estudiar la distribución de peces planos en los tanques en condiciones de baja densidad y analizar sus **preferencias**.
- El **escaneado laser** del tanque nos permite analizar de forma sencilla, la influencia de las condiciones de cultivo en la **distribución de la biomasa** en la superficie del tanque de cultivo, incluso trabajando con **densidades elevadas**. También nos permite hacer estimaciones de la cantidad de biomasa existente.

International Workshop on Fish Welfare  
8-10 de Febrero de 2010. Madrid

# Herramientas metodológicas para el diseño de instalaciones acuícolas basado en el bienestar animal

Proyecto MEC (2006-2008): "*Diseño de instalaciones acuícolas para el  
bienestar animal y la sostenibilidad ambiental*"

Grupo de Investigación AQUAL (UPC)



Departament d'Enginyeria  
Agroalimentària i Biotecnologia

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA