

A

Acuicultura de lenguado: avances, estado actual y retos pendientes

Dr. Manuel Manchado



Instituto Andaluz de Investigación
y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria
y de la Producción Ecológica
Consejería de Agricultura,
Pesca, Agua y Desarrollo Rural

1 **Porqué el lenguado?**

2 **Avances logrados**

3 **Retos pendientes**

4 **Siguiente etapa**



1

Porqué el lenguado? Será porque...

► ¿Es una especie autóctona?



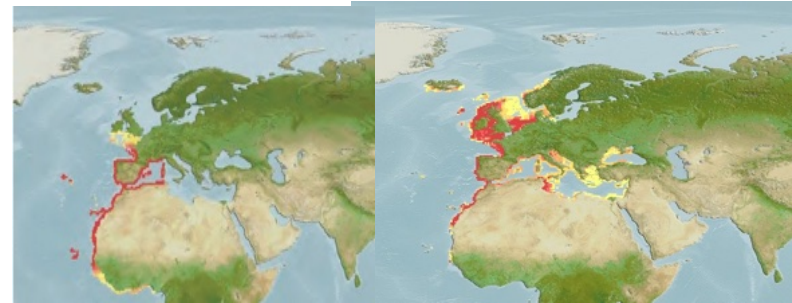
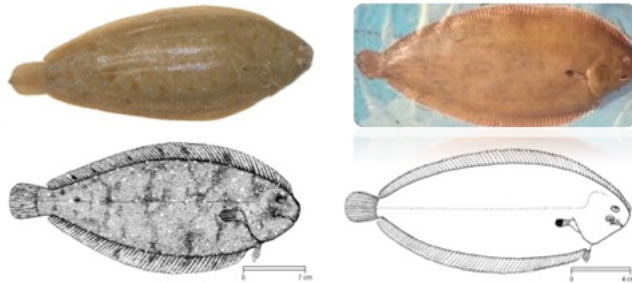
Pileta cave



1

Porqué el lenguado? Será porque...

► ¿Es una especie autóctona?



S. senegalensis

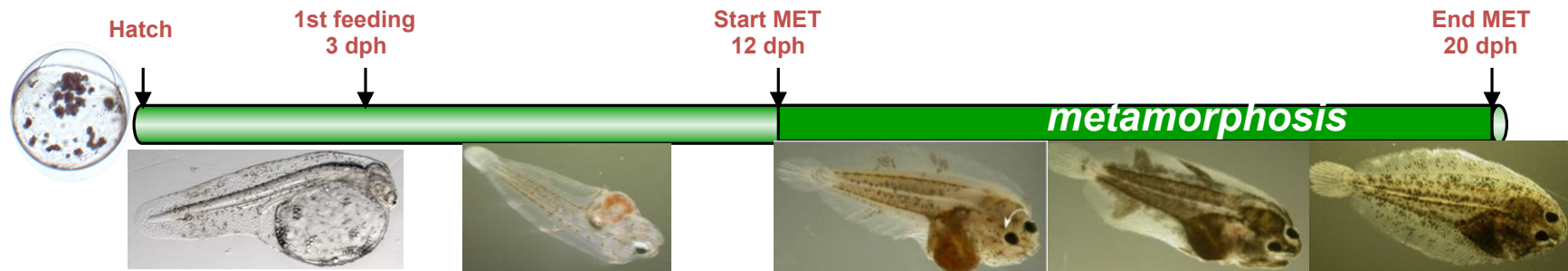
S. solea



1

Porqué el lenguado? Será porque...

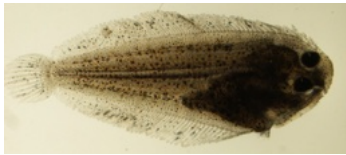
- ▶ ¿Es una especie autóctona?
- ▶ ¿Es un modelo evolutivo interesante?



Manchado et al. 2009



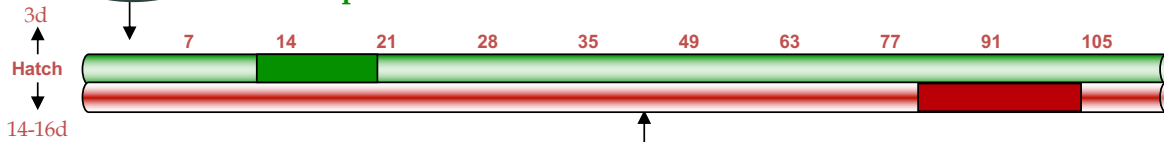
A



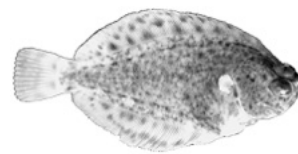
S. senegalensis

1st feeding
3 DAH

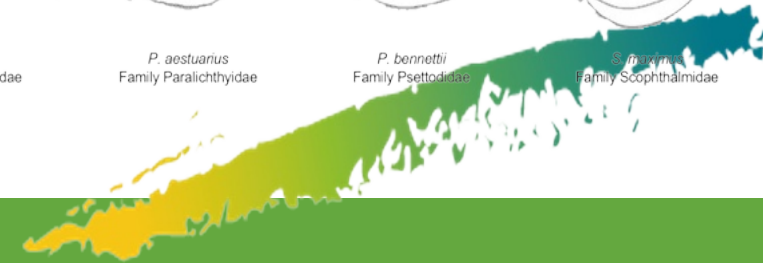
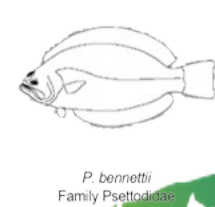
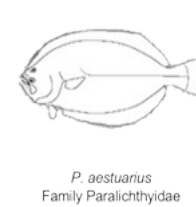
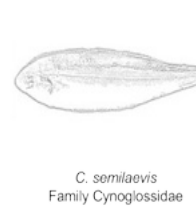
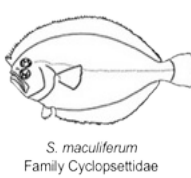
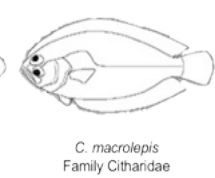
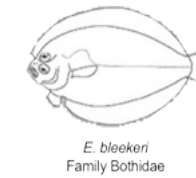
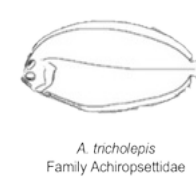
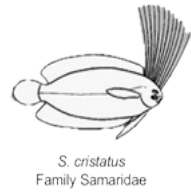
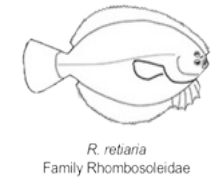
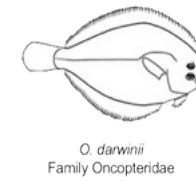
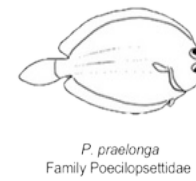
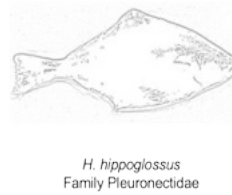
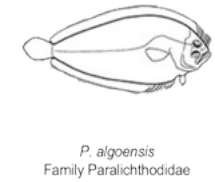
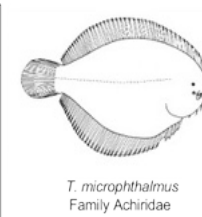
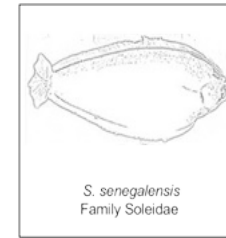
Metamorphosis



Metamorphosis

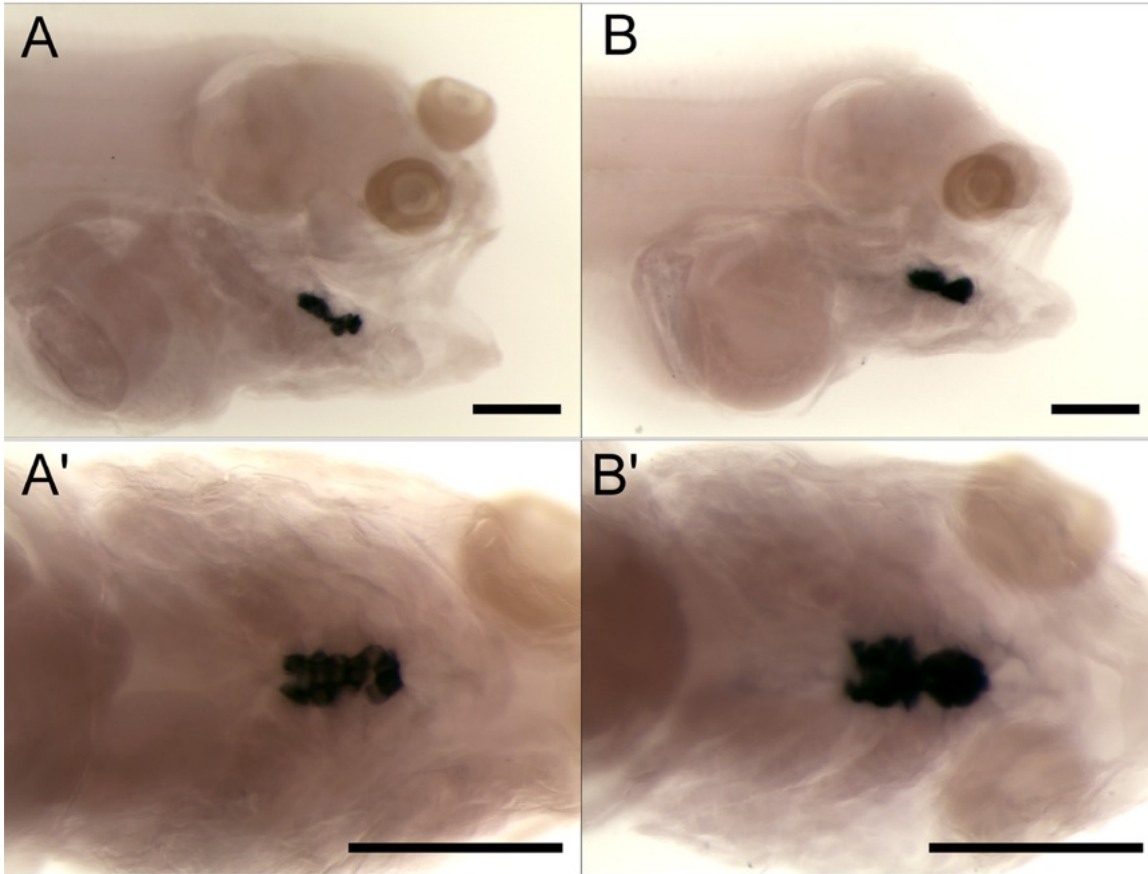


H. hippoglossus

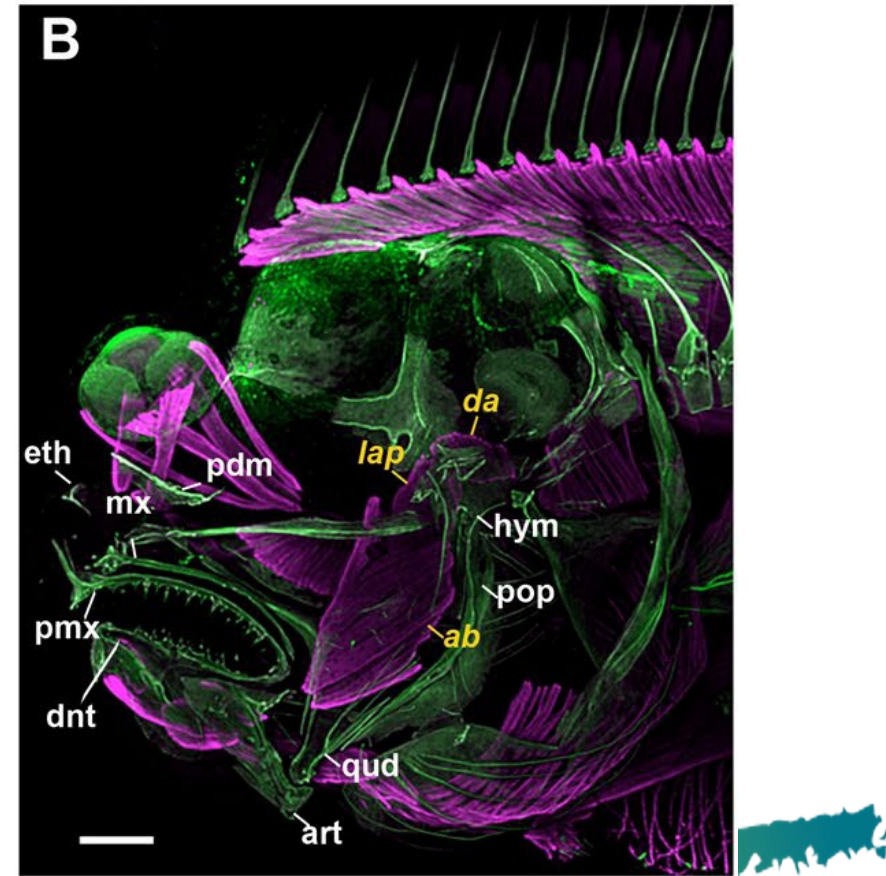


A

Metamorfosis y tiroides



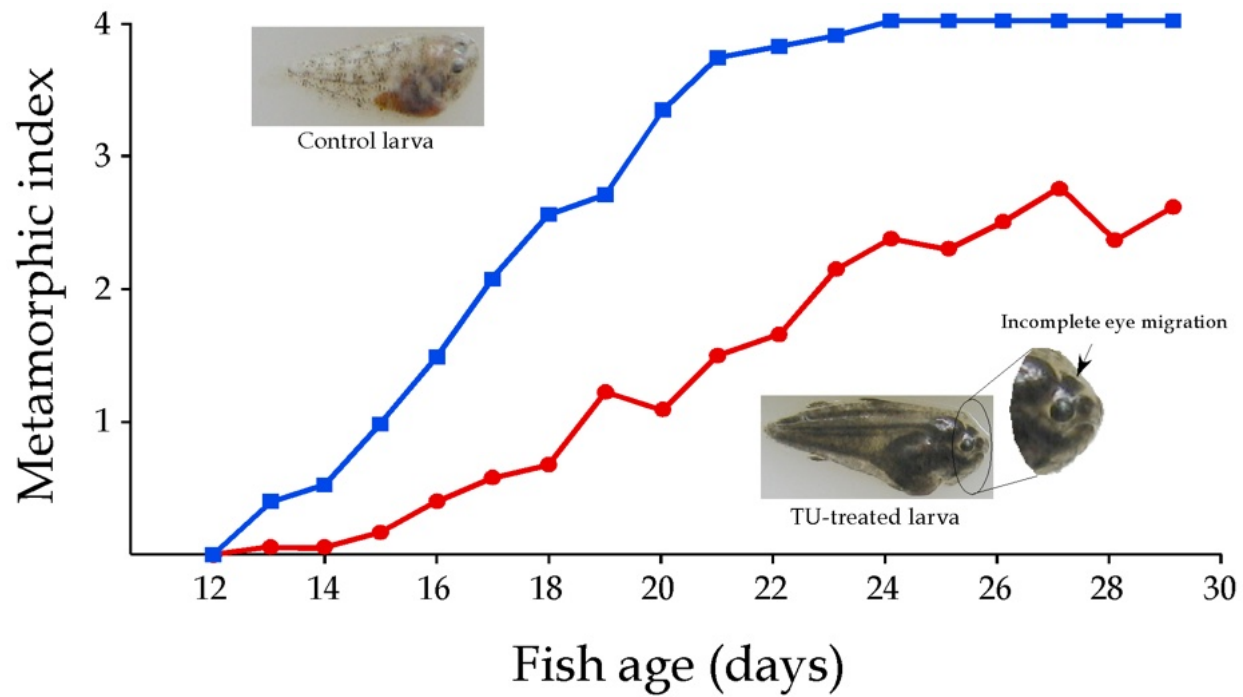
Campinho et al., 2015



Campinho et al., 2018

A

Proceso controlado por TH

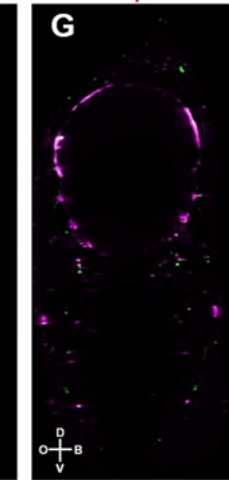
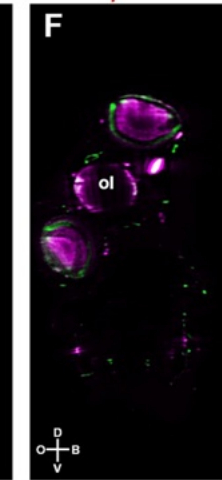
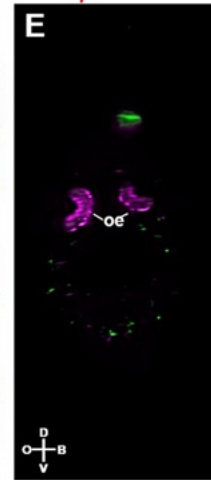
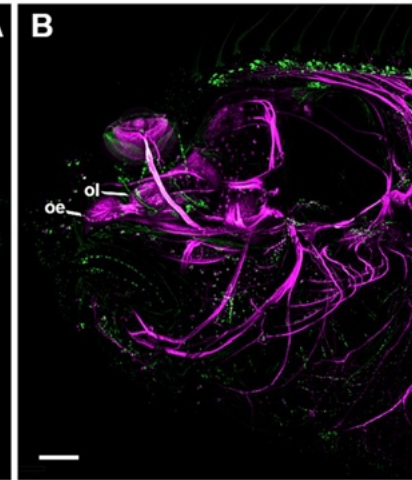
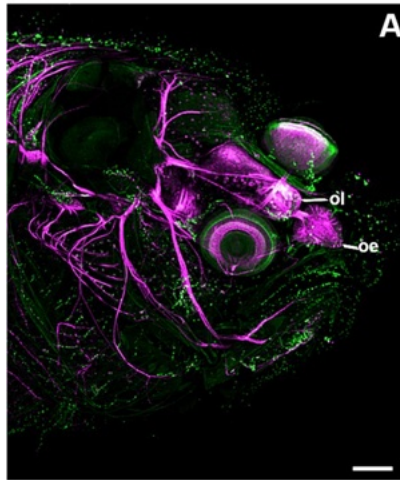


Manchado et al, 2008

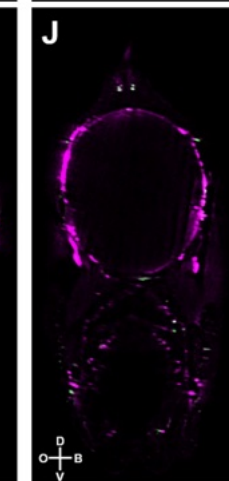
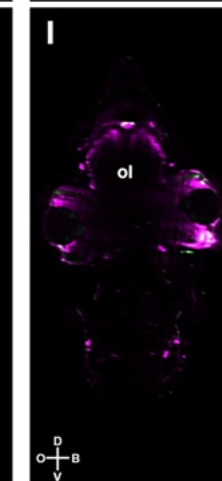
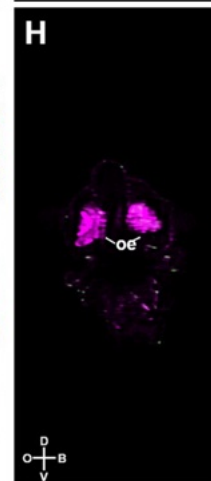
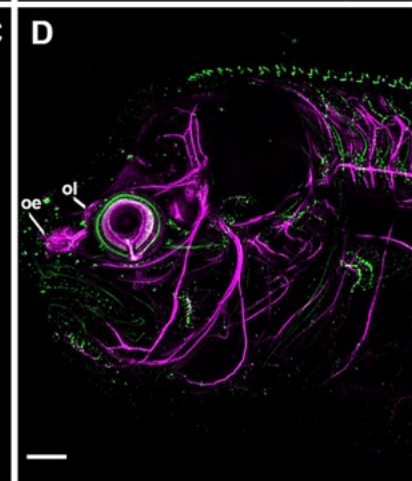
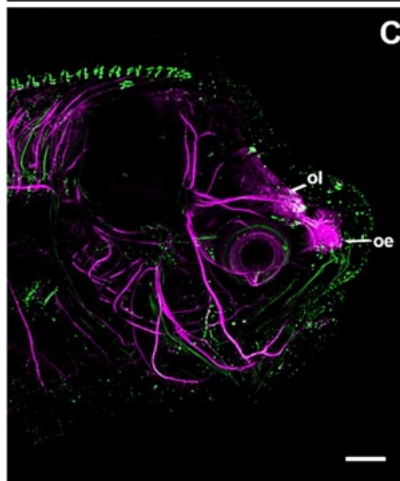
A

Desarrollo asimétrico

Normal



Blocked



Campinho et al., 2018

1

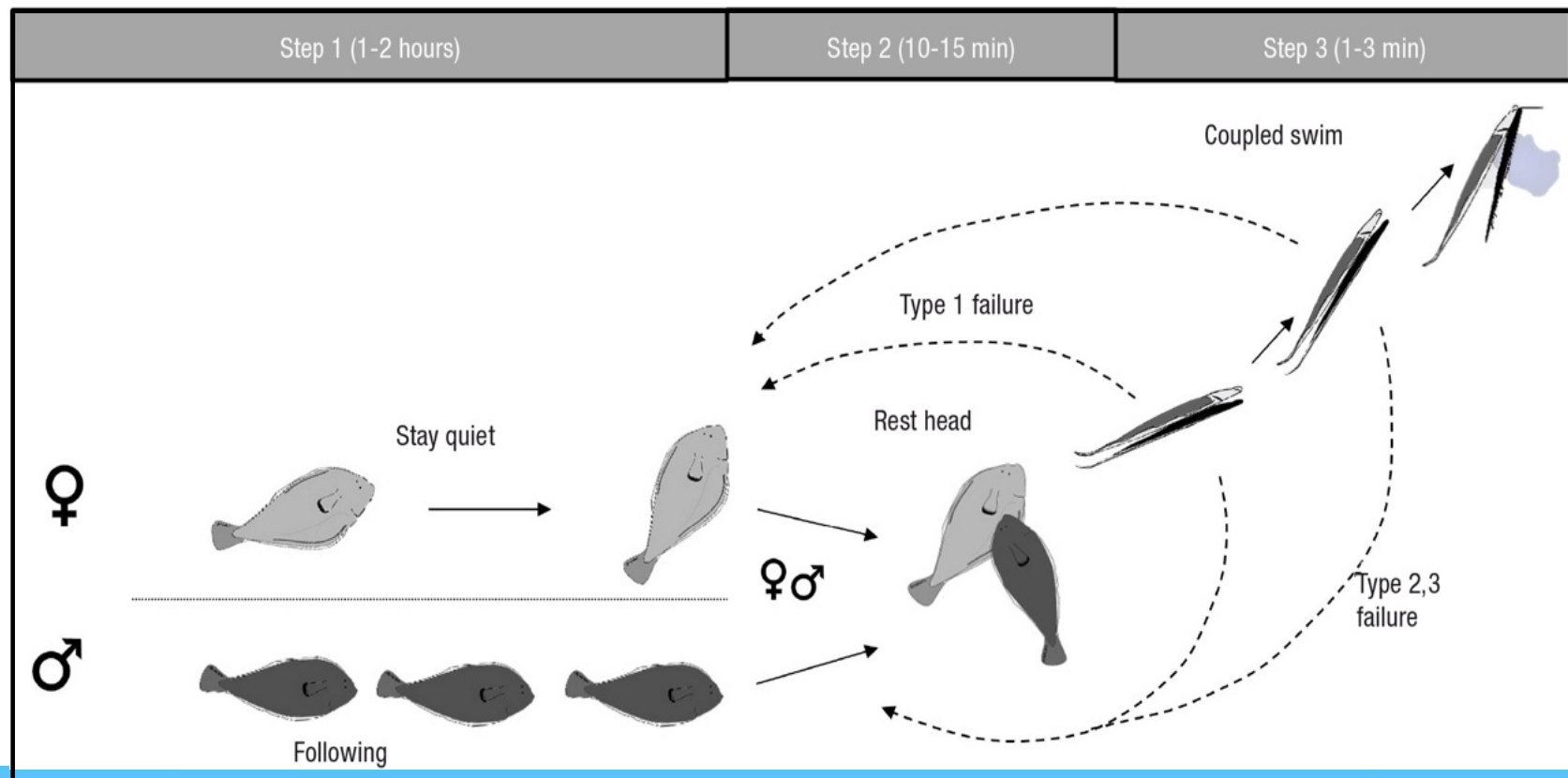
Porqué el lenguado?

- ▶ ¿Es una especie autóctona?
- ▶ ¿Es un modelo evolutivo interesante?
- ▶ ¿Su etología es única?

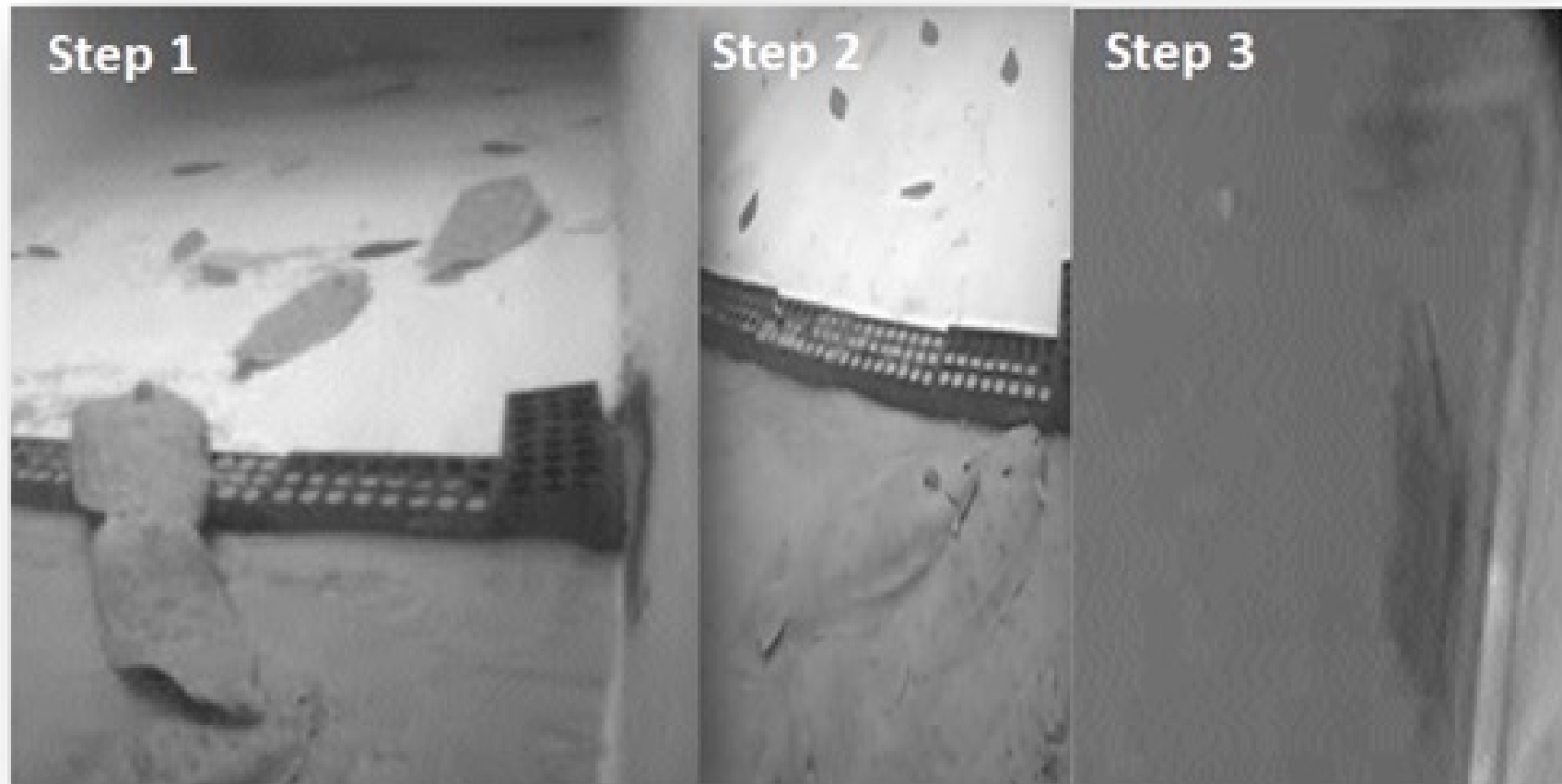


Especie de hábitos nocturnos

Cortejo en la reproducción



A



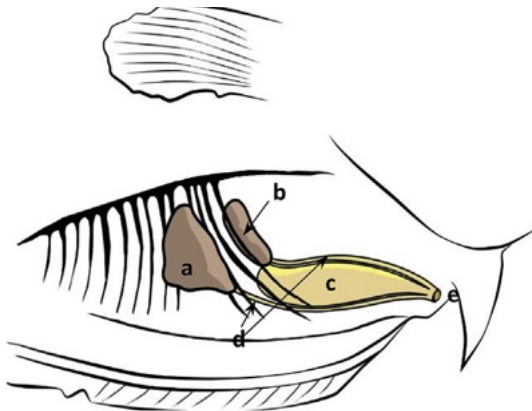
El cortejo es algo realmente singular?



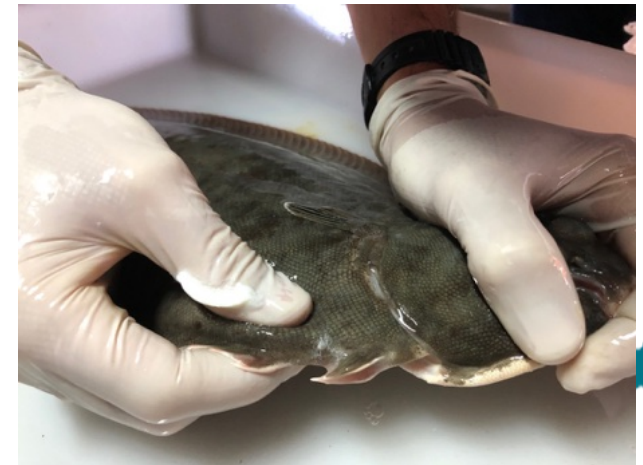
Muy poco esperma (5-40 μ l)

Sistema maduración espermático (semi-cystic spermatogenesis)

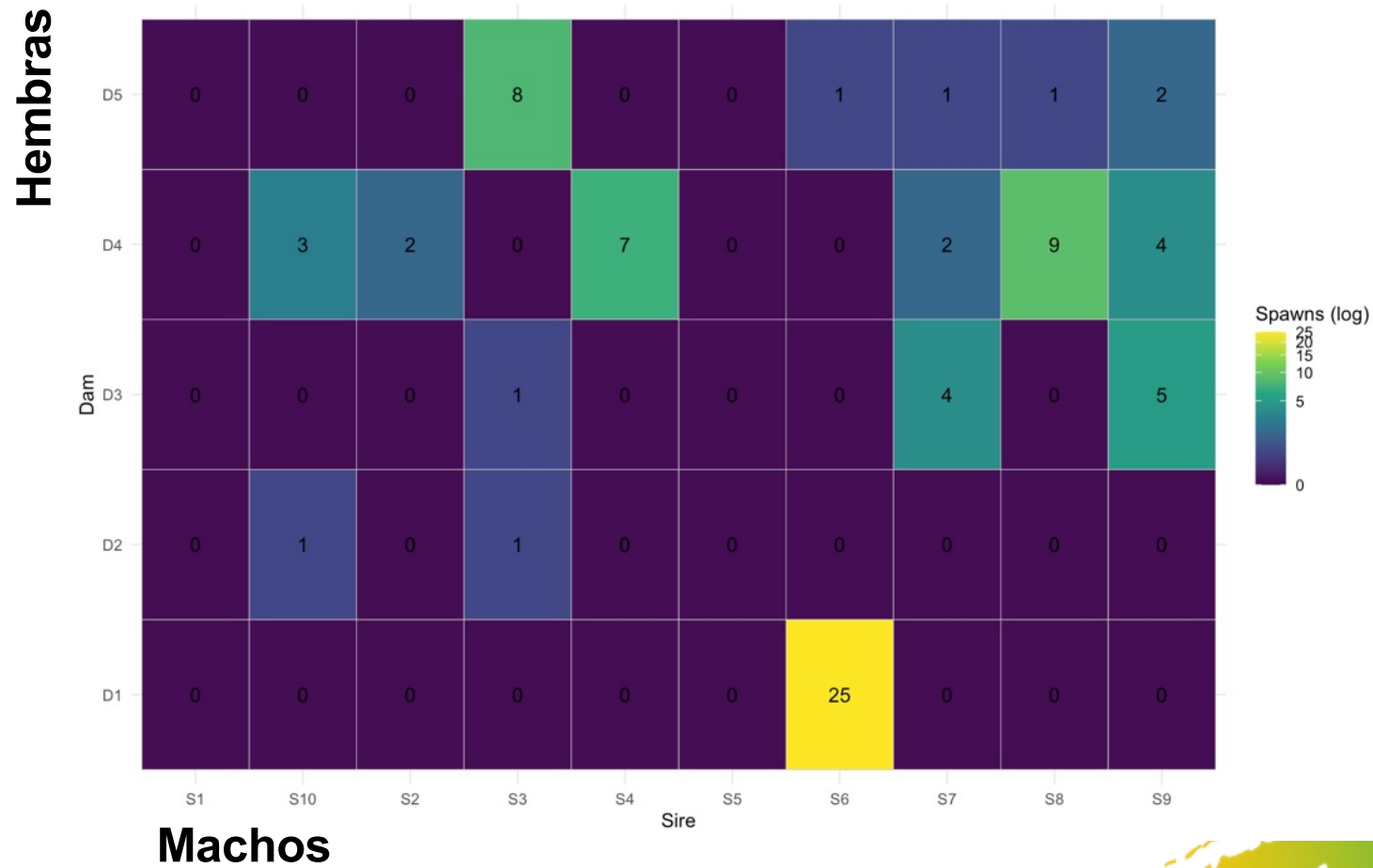
Sistema de reconocimiento



González-López et al., 2021



Diferentes reconocimientos entre parejas



1

Porqué el lenguado? Será porque...

- ▶ ¿Es una especie autóctona?
- ▶ ¿Es un modelo evolutivo interesante?
- ▶ ¿Su etología es única?
- ▶ Siendo una especie marina, ¿puede biosintetizar LC-PUFAs?

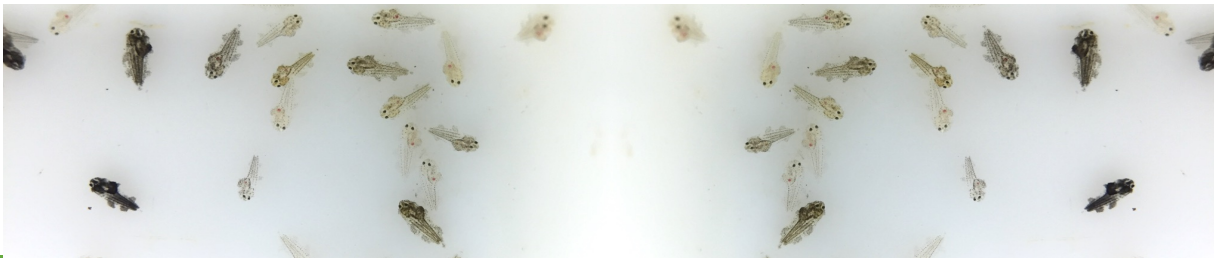


A

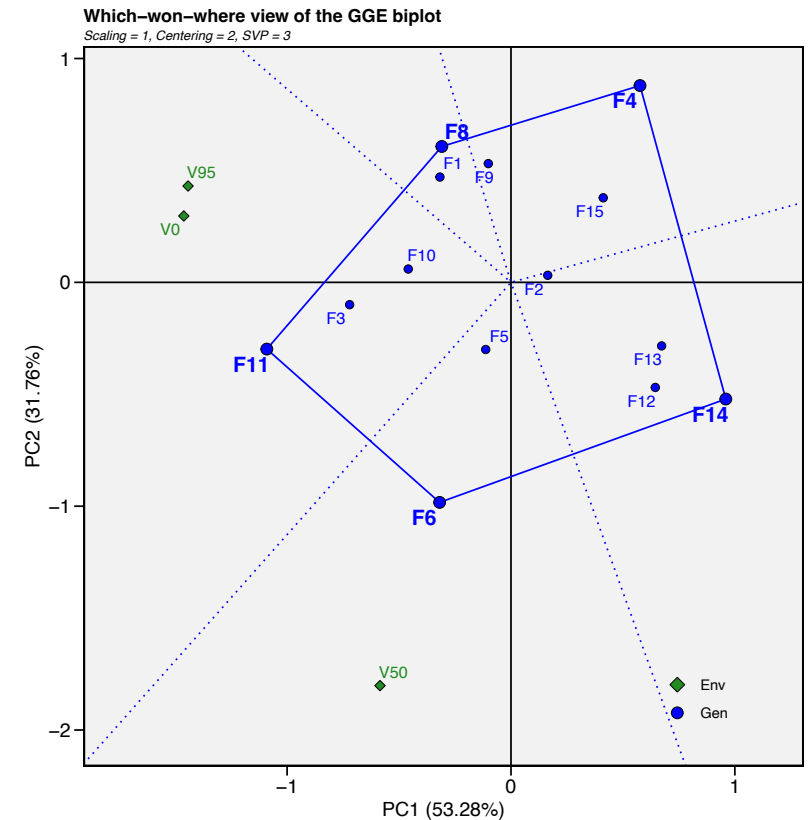
- Lenguado usa normalmente **dietas con bajo contenido lipídico (~8–10%) y ~55% proteína**
- **Tolera muy bien la proteína vegetal y la sustitución de aceites marinos por aceites con PUFAs C18**



Capacidad de biosíntesis de LC-PUFAs (*fads2*, *elovl4* y *elovl5*)



Interacción genotipo×dieta



1

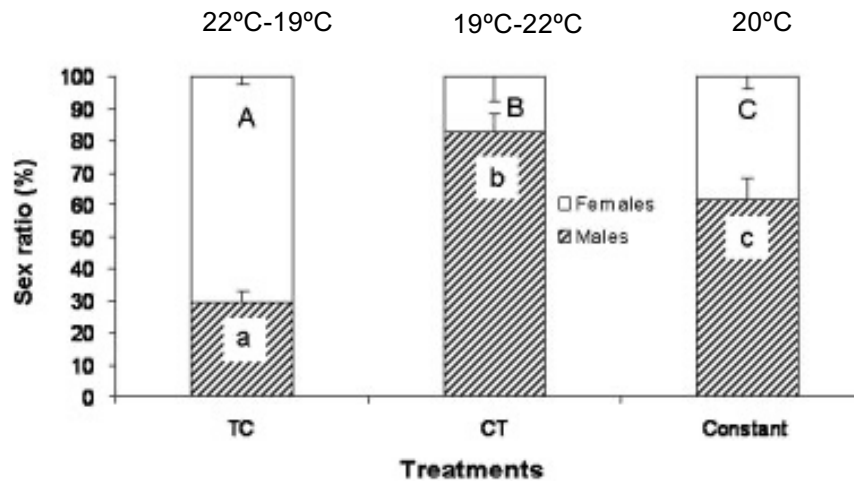
Porqué el lenguado? Será porque...

- ▶ ¿Es una especie autóctona?
- ▶ ¿Es un modelo evolutivo interesante?
- ▶ ¿Su etología es única?
- ▶ ¿Siende especie marina, puede biosintetizar LC-PUFAs?
- ▶ ¿Será porque es de las pocas especies sensibles a ritmos térmicos?

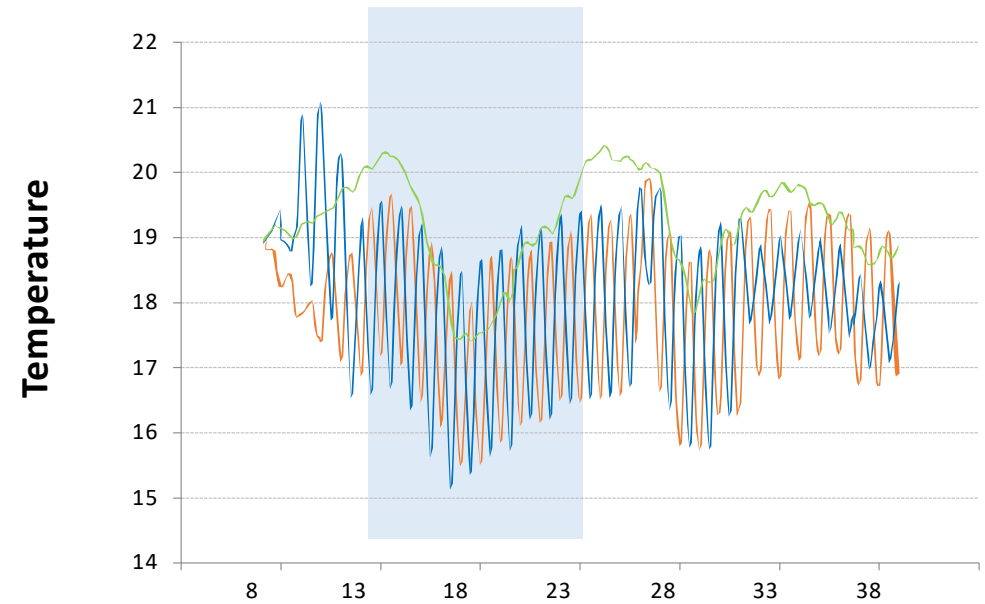


A

Termociclos diarios

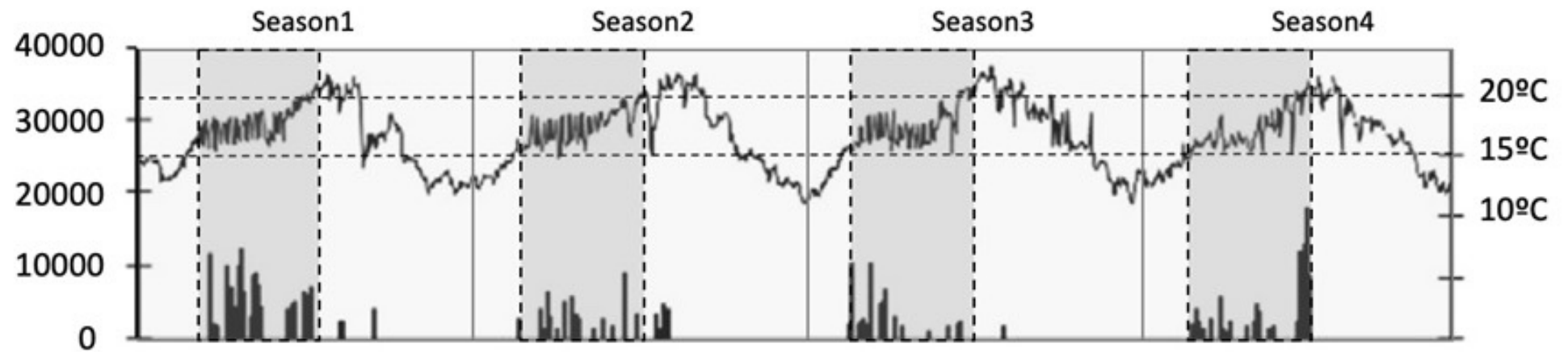


Blanco-vives et al., 2011



A

Ritmicidad para los desoves



Adapted from Martin et al. 2014



1

Porqué el lenguado? Será porque...

- ▶ ¿Es una especie autóctona?
- ▶ ¿Es un modelo evolutivo interesante?
- ▶ ¿Su etología es única?
- ▶ ¿Siende especie marina, puede biosintetizar LC-PUFAs?
- ▶ ¿Será porque es de las pocas especies sensibles a ritmos térmicos?
- ▶ ¿Hay dimorfismo?



A

Dimorfismo sexual

Las hembras son 8 to 32% más pesadas

Las hembras son menos elípticas



Female



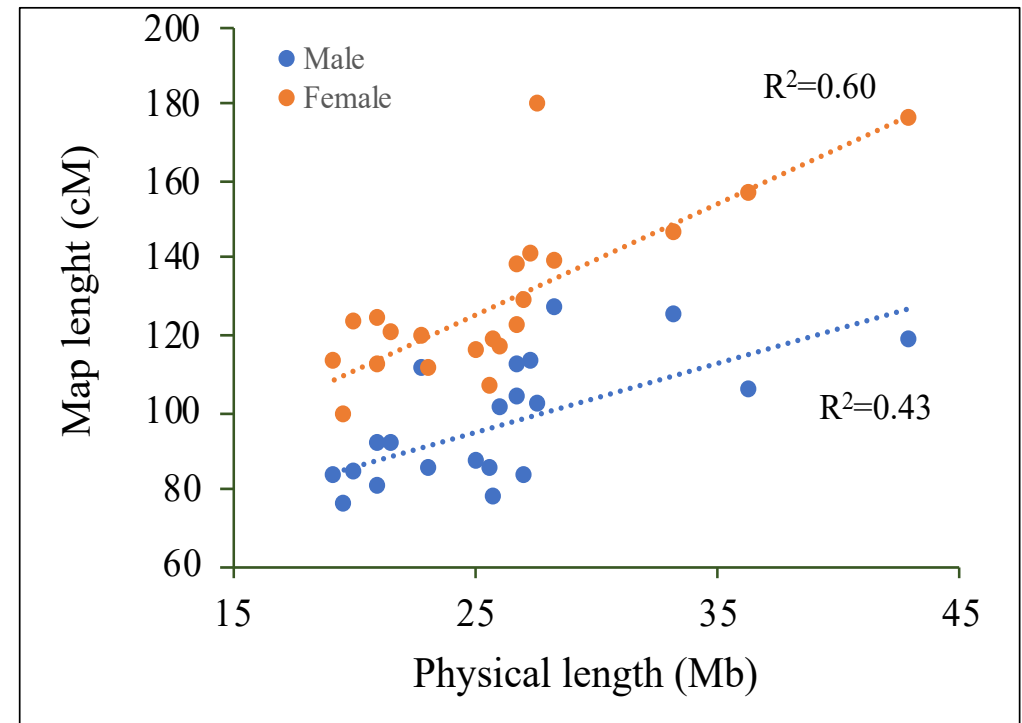
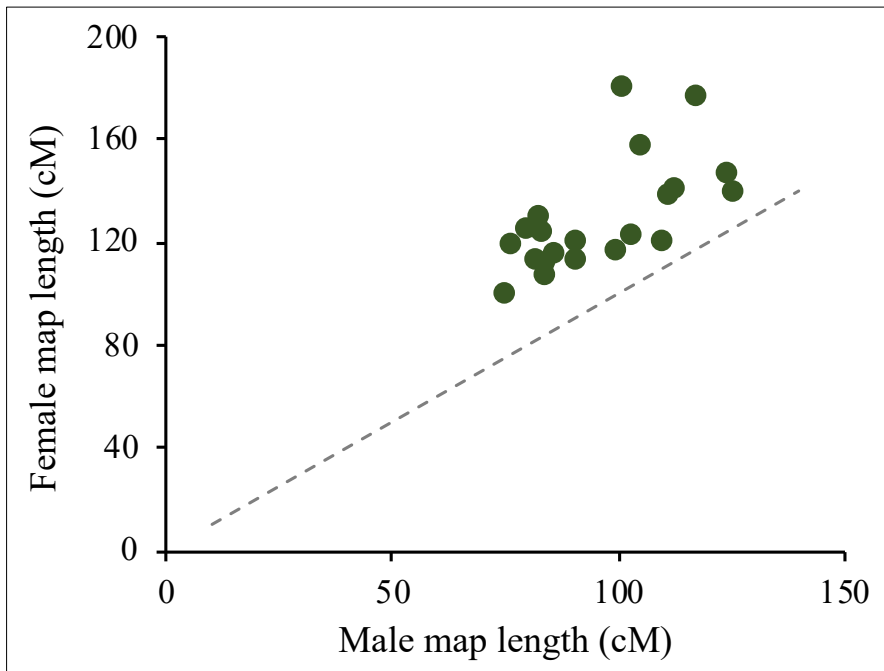
Male



A

Diferentes tamaño en mapa genético

Male-female map-length



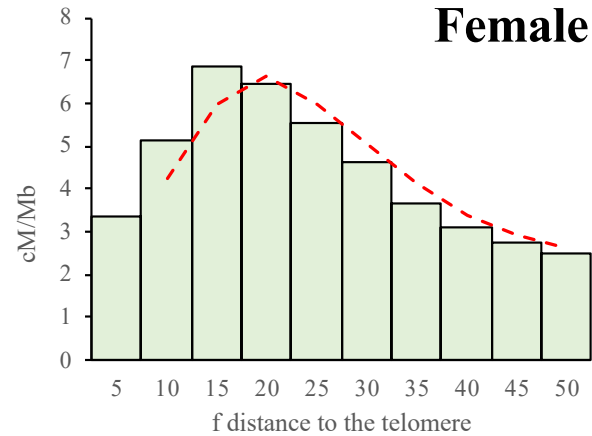
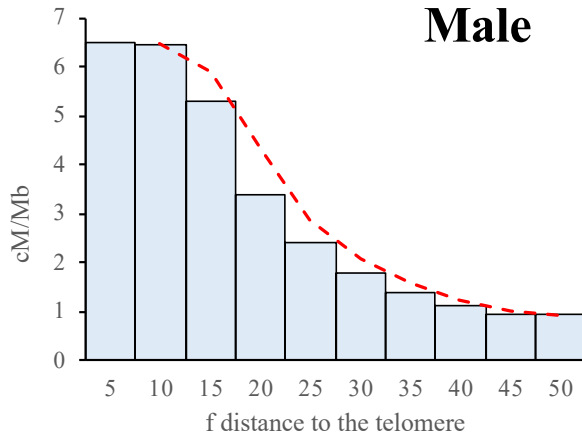
Guerrero-Cózar et al., 2021

21 linkage groups (21 SseLGs) were obtained

Females showed a higher genetic distance than **males (Ratio 1.32)**

A

Part I: Recombination Rates



Local RR (as estimated by the relative distance to the nearest telomere) was **different** between males and females

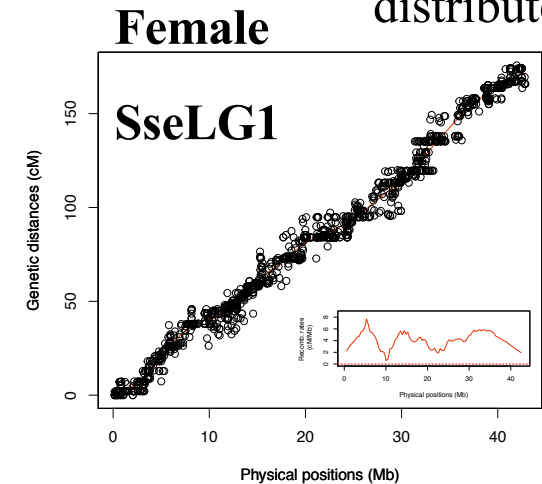
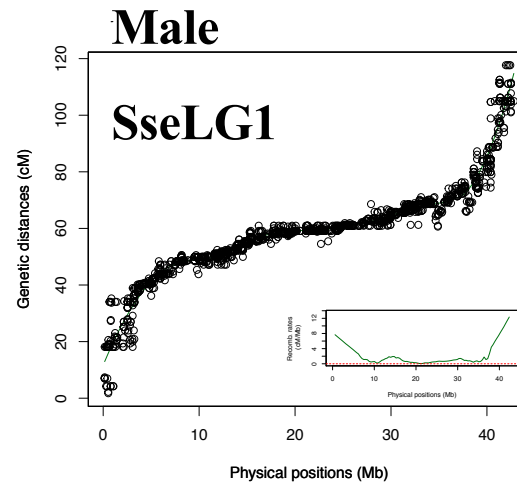
Males

Close to the telomeres

Females

More uniformly distributed

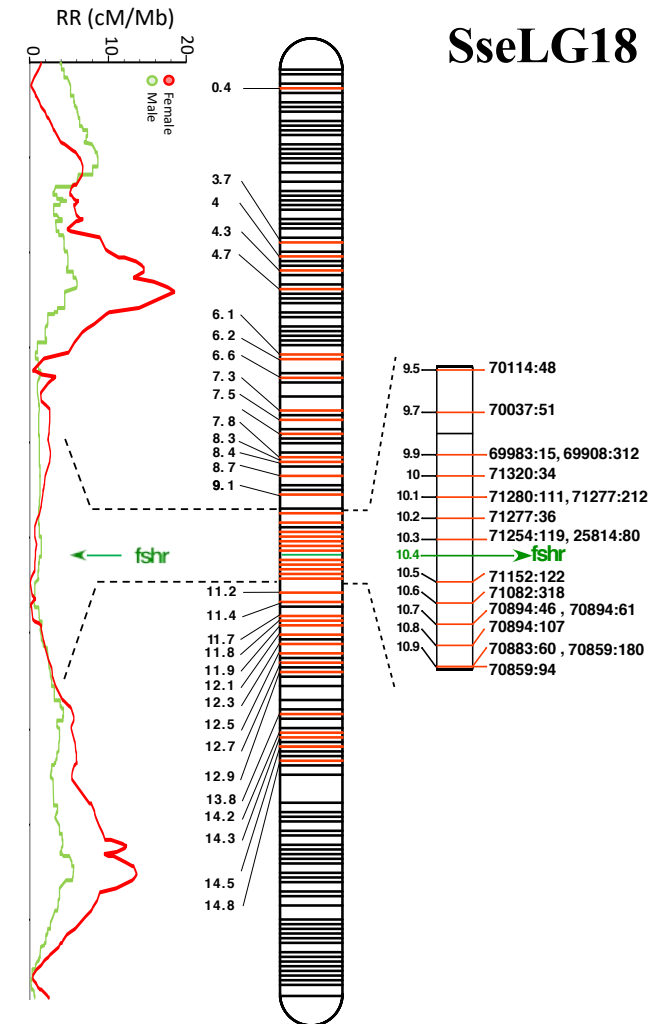
Chromosomal RR landscapes were defined with clear differences between males and females



A Part I: Identification of sex-associated markers

Sistema de herencia XY

- This region had very **low RR** in males (1.2) and females (0.6) compared with average SseLG18 (3.0 and 4.9 RR, respectively)
- The *fshr* was a **putative candidate** located within this region
- 80.7% of significant markers using the whole population were **preferentially heterozygous in males** although penetrance was incomplete in most of them



1

Porqué el lenguado? Será porque...

Porque su cultivo es rentable, posible y un alimento excelente

- ▶ **Peces** planos muy apreciados comercialmente por el sabor de su carne
- ▶ **Precios** de mercado altos (~19 €/kg)
- ▶ **Pesquerías** en retroceso (tallas medianas y grandes)

	Annual production (t)					Production growth (%)
	2005	2010	2015	2020	2022	
Flatfish spp	8,326	11,631	12,214	13,478	16,652	100.0
<i>S. maximus</i>	6,838	9,611	9,894	10,470	12,632	84.7
<i>H. hippoglossus</i>	1,469	1,821	1,299	1,870	2,293	56.1
<i>S. senegalensis</i>	8	74	872	1,127	1,719	21387.5
<i>S. solea</i>	11	125	149	12	9	-18.2

2.324 tm



Pero... Tecnológicamente es muy complicado

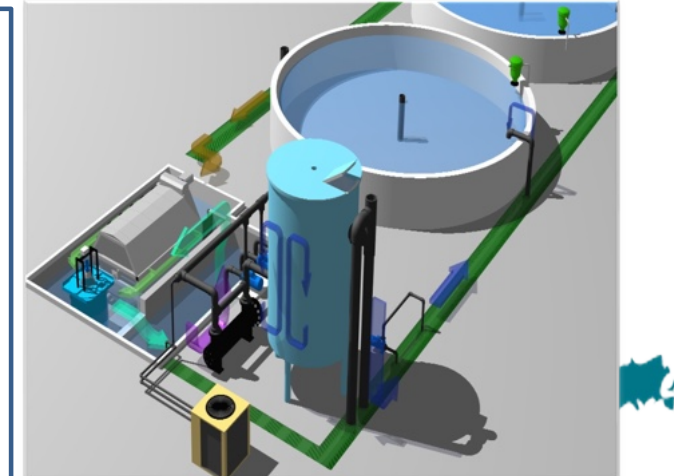
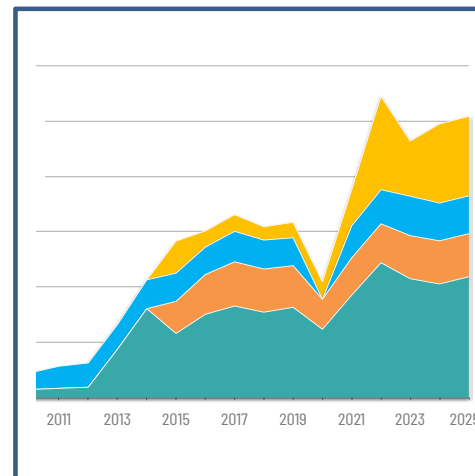
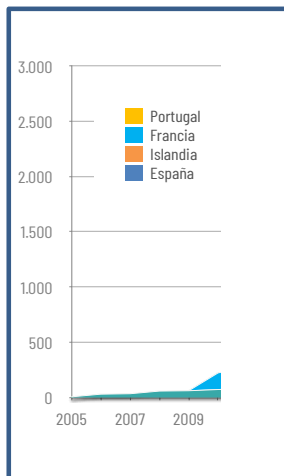
- ▶ Requiere **instalaciones** adaptadas a su fisiología y comportamiento
- ▶ Requiere **tecnología** para su manejo y alimentación
- ▶ **Ciclos biológicos** muy complejos
- ▶ La investigación debe ser muy específica y a medida



Avances logrados

1. Consolidación la producción

- Investigación iniciada en los 80: IPMA, CCMAR e **IFAPA El Toruño**
- Papel clave de los **JACUMAR**: liderados desde IFAPA El Toruño
- Cambio en el sistema productivo

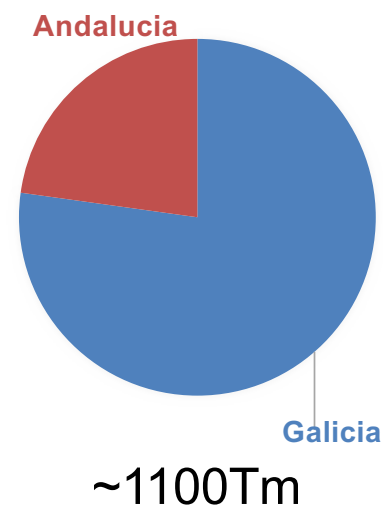
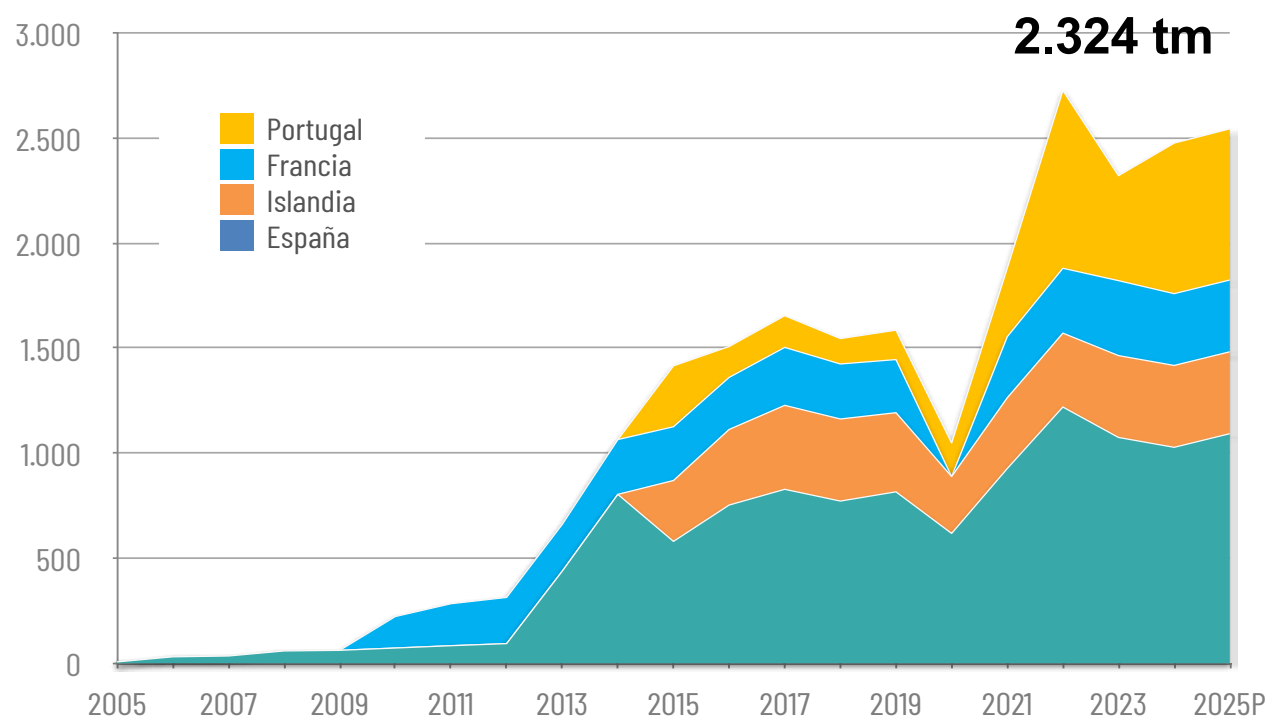


Fase I: 2000-2010: Esteros

Fase II: 2010→actualidad: RAS

2

Avances logrados



Fuente: APROMAR

2

Avances logrados

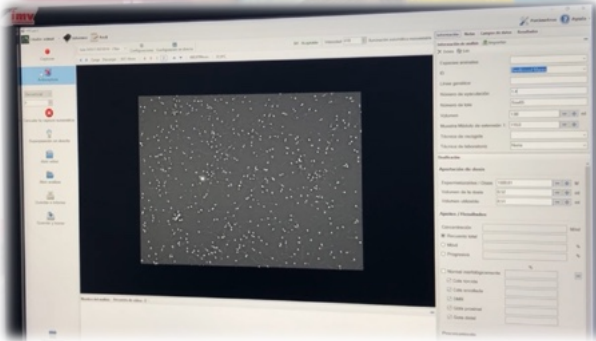
1. Consolidación la producción

2. Control del ciclo biológico

Reproducción

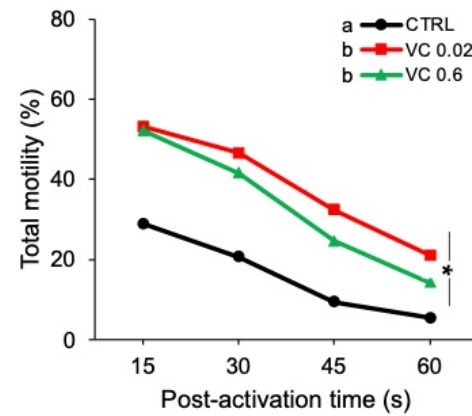
- Manejo de **esperma**
- Fertilizaciones **in vitro**
- **Inducción** puestas en WT
- **Mejora genética**

Esperma en fresco

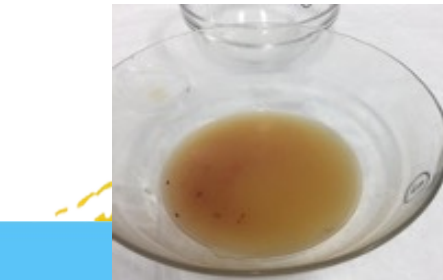


Estabilización

B) Vitamin C



In vitro



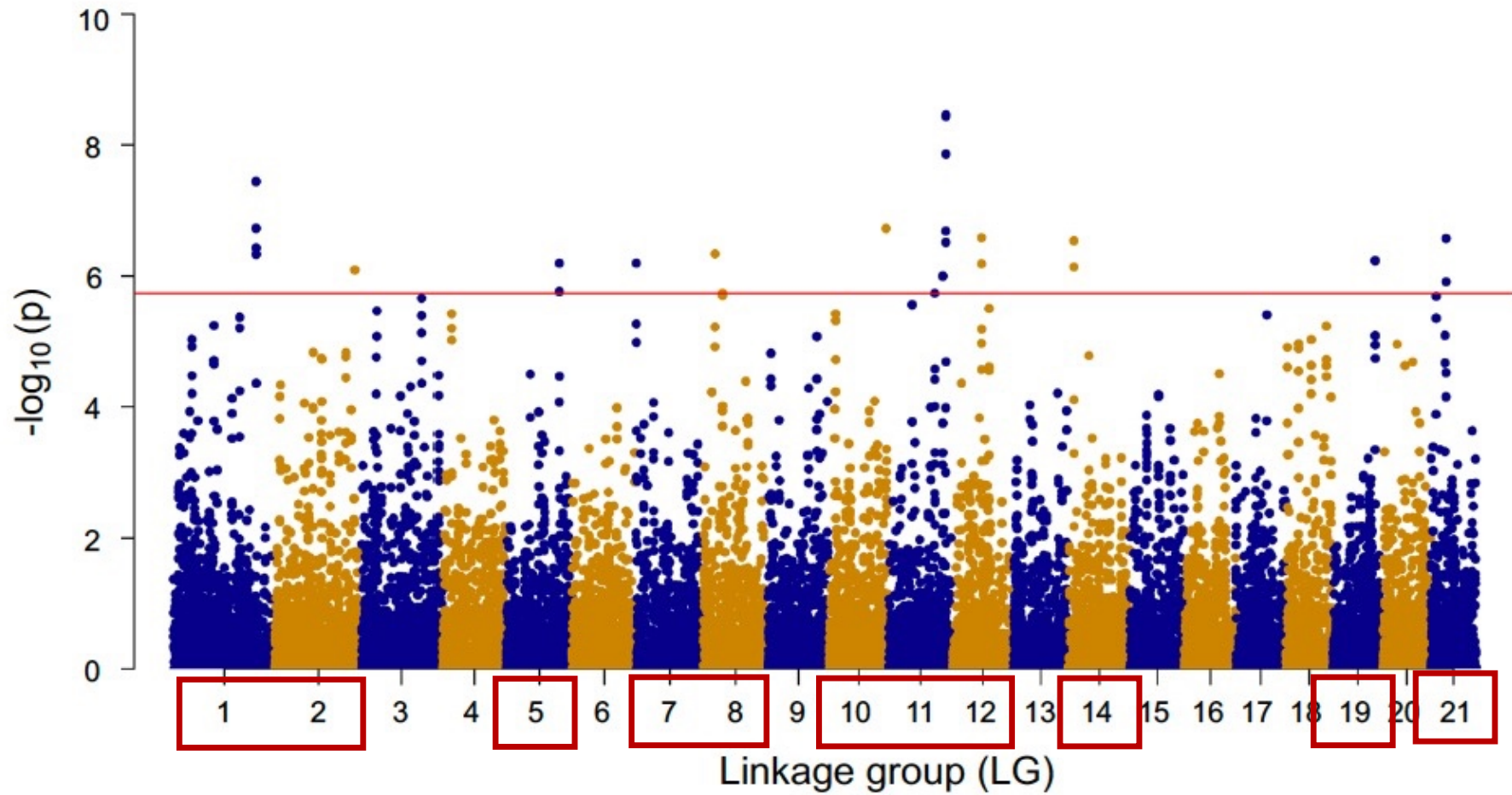
A

Programas de mejora genética



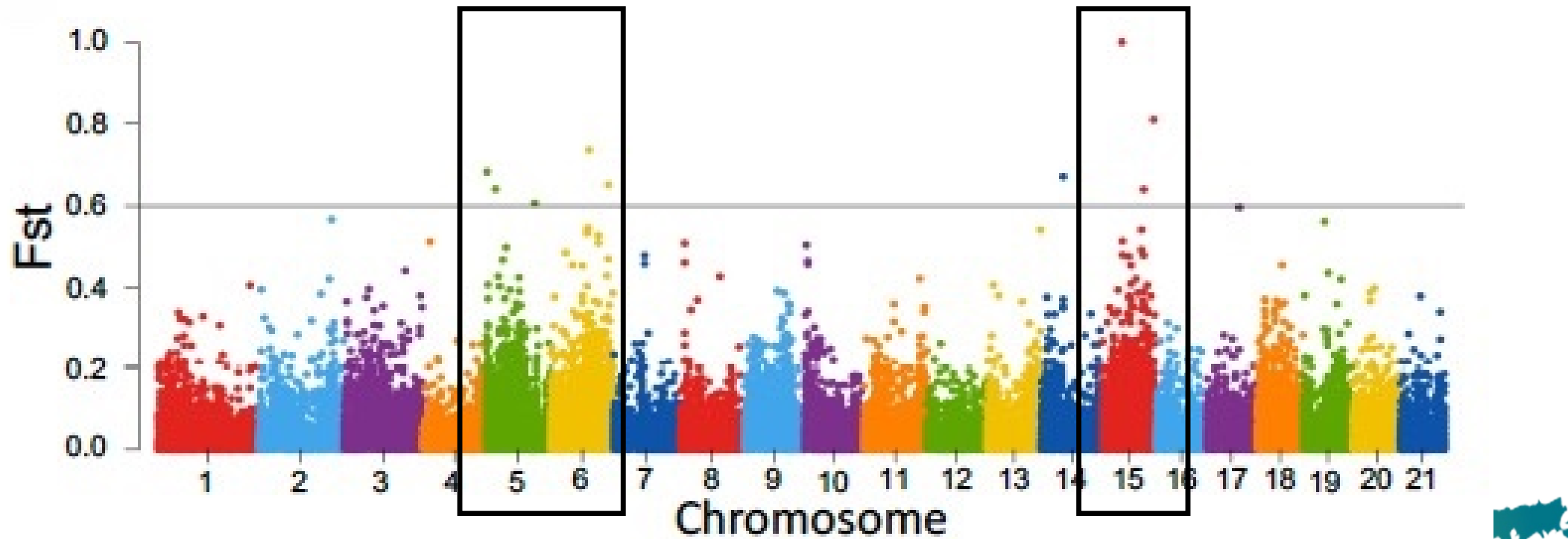
A

◆ Genomic regions associated with growth



A

◆ Genomic regions associated with shape



Avances logrados

1. Consolidación la producción

2. Control del ciclo biológico

Reproducción

- Manejo de **esperma**
- Fertilizaciones **in vitro**
- **Inducción** puestas en WT
- **Mejora genética**

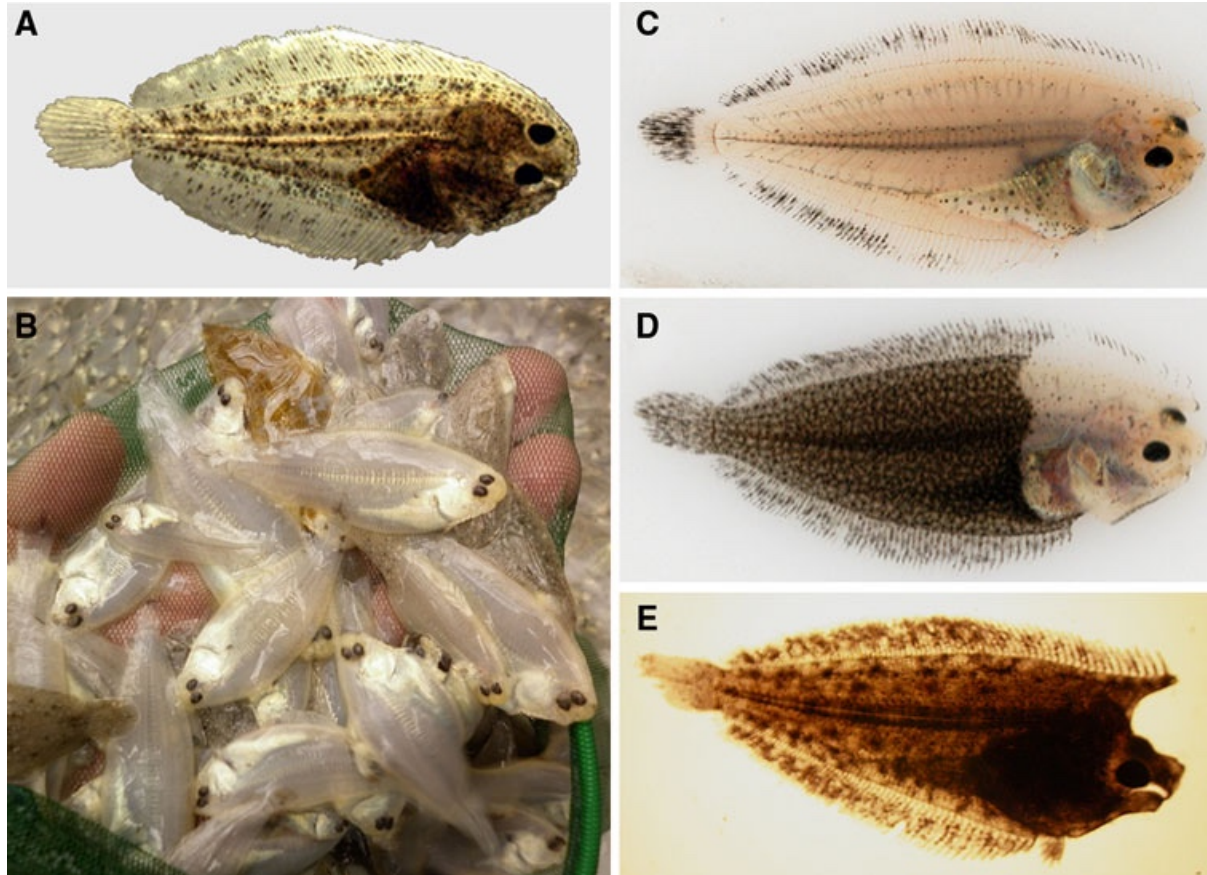
Larvarios

- **Pigmentación**
- **Metamorfosis**
- **Supervivencia** al destete
- **Reprogramación** larvaria
- **Clasificaciones**



A

Pseudoalbinism



Cerda & Manchado, 2013

Avances logrados

1. Consolidación la producción

2. Control del ciclo biológico

Reproducción

- Manejo de **esperma**
- Fertilizaciones **in vitro**
- **Inducción** puestas en WT
- **Mejora genética**

Larvarios

- **Pigmentación**
- **metamorfosis**
- **Supervivencia** al destete
- **Reprogramación** larvaria
- **Gestión de poblaciones**

Enfermedades

- **Infecciones primarias** por nodavirus o fotobacteriosis
- **Infecciones** productivas por disbiosis

2

Avances logrados

1. Consolidación la producción

2. Control del ciclo biológico

Reproducción

- Manejo de **esperma**
- Fertilizaciones **in vitro**
- **Inducción** puestas en WT
- **Mejora genética**

Larvarios

- **Pigmentación**
- **metamorfosis**
- **Supervivencia** al destete
- **Clasificaciones**

Enfermedades

- **Infecciones primarias** por nodavirus o fotobacteriosis
- **Infecciones** productivas por disbiosis

Nutrición y Alimentación

- **Dietas bajas en lípidos**
- **IC ~1**
- **Materias sostenibles**

3

Entonces, ¿cuáles serían esos retos pendientes?

► Control de la reproducción →

Cómo resolver el problema del cortejo en machos F1

Mejorar la producción de esperma

Sincronización en la ovulación

► Calidad larvaria →

Dispersión de tallas

Reprogramación larvaria

Malformaciones



A

Malformaciones

Tasas de malformaciones esqueléticas (> 90%)

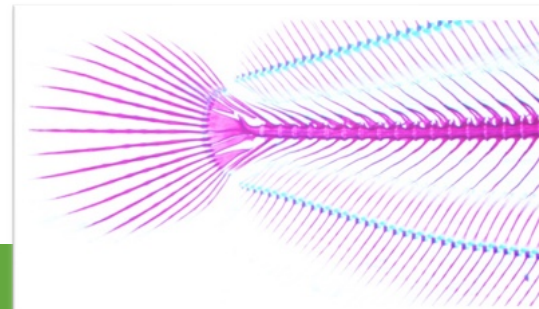
12-15% peces descartados por formas no adecuadas

Plasticidad en el esqueleto: 44 a 47 vértebras

8-9 abdominal

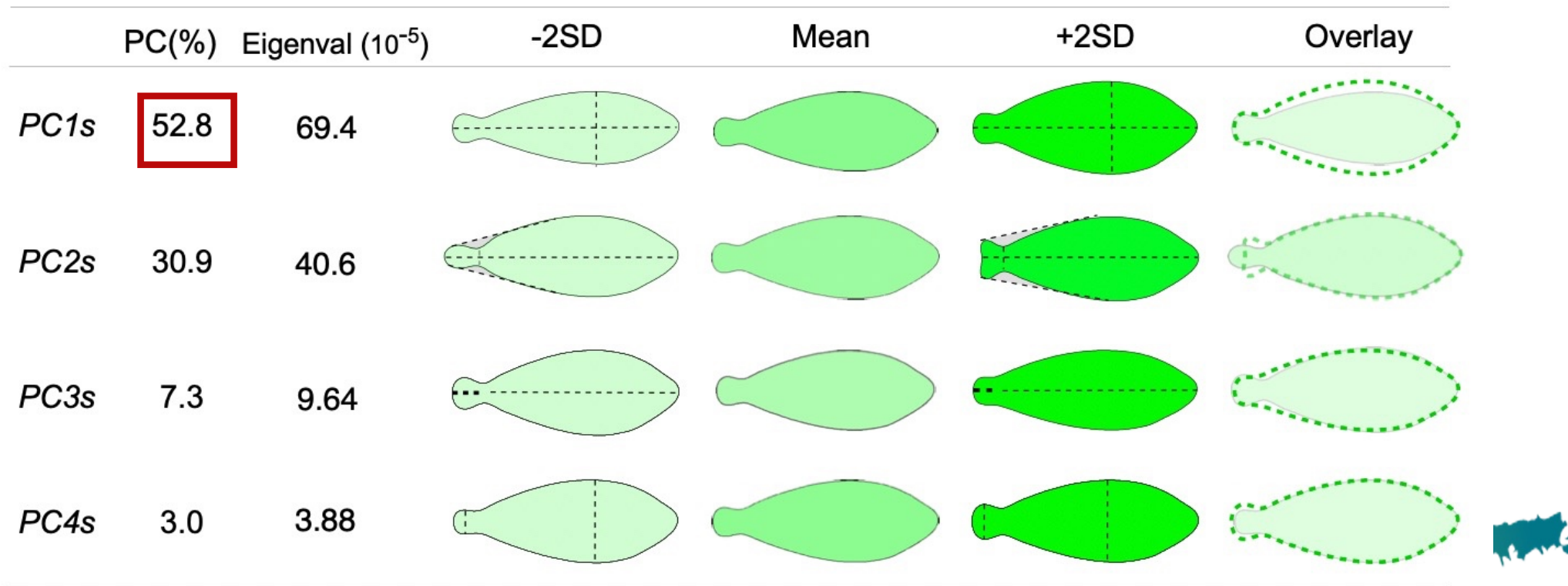
34-35 caudal

3-4 caudal complex



A

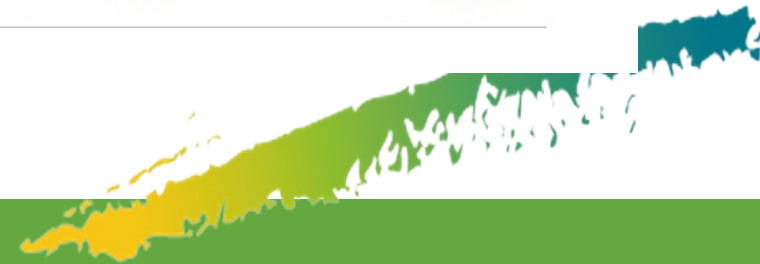
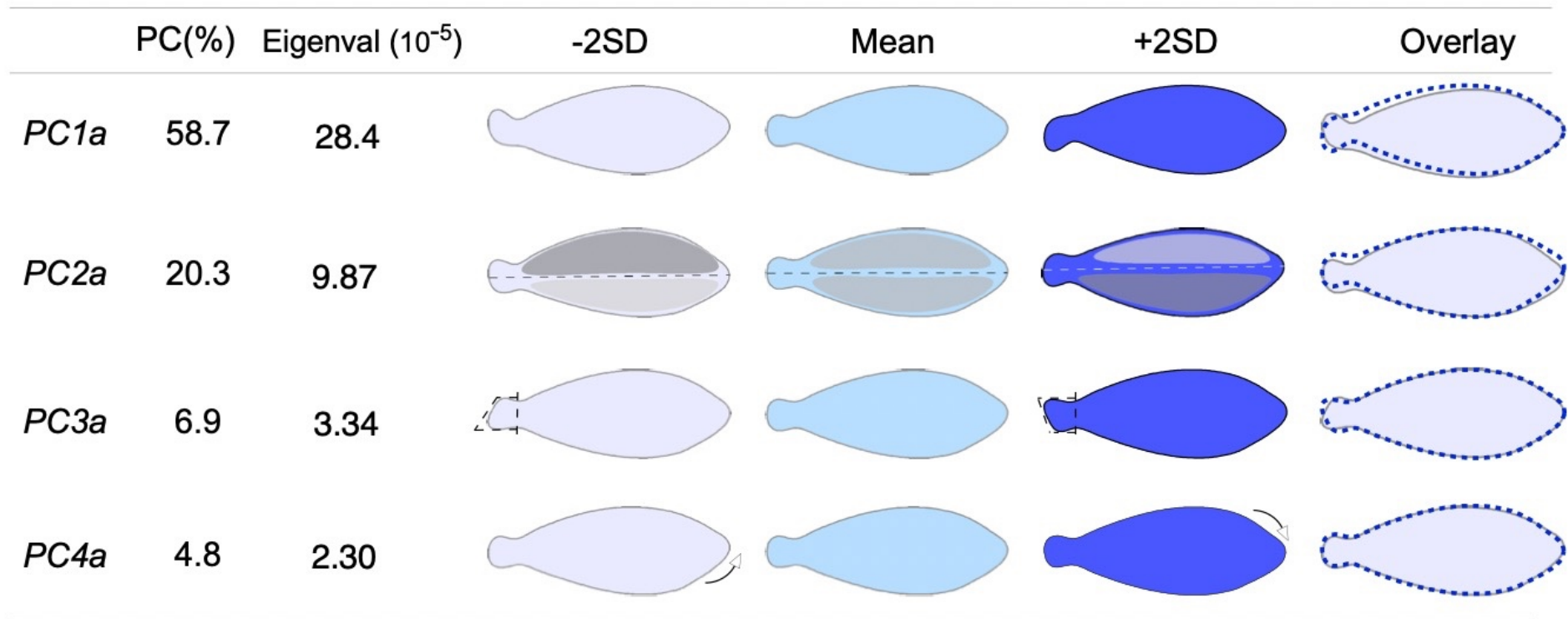
4 PCs → **94.0%** of symmetric variation / **68.8%** of total variation



Two major sources of variation: whole-body roundness and CF features

A

4 PCa → **90.7%** of asymmetric variation / 24.5% of total variation



Retos pendientes

► Salud y bienestar



- Calidad Fisico-química y control de los sistemas RAS
- Biomás (amebas, poblaciones bacterianas)
- Gestión poblaciones (IoT)

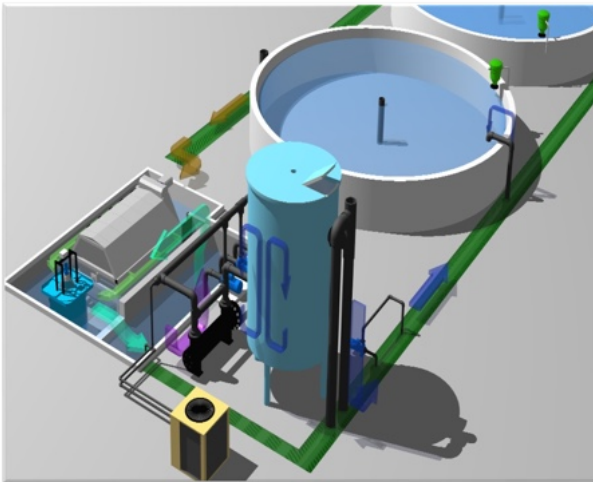
► Nutrición



- Aquafeeds 3.0
- Interacción genotipo x dieta
- Tecnología RAS

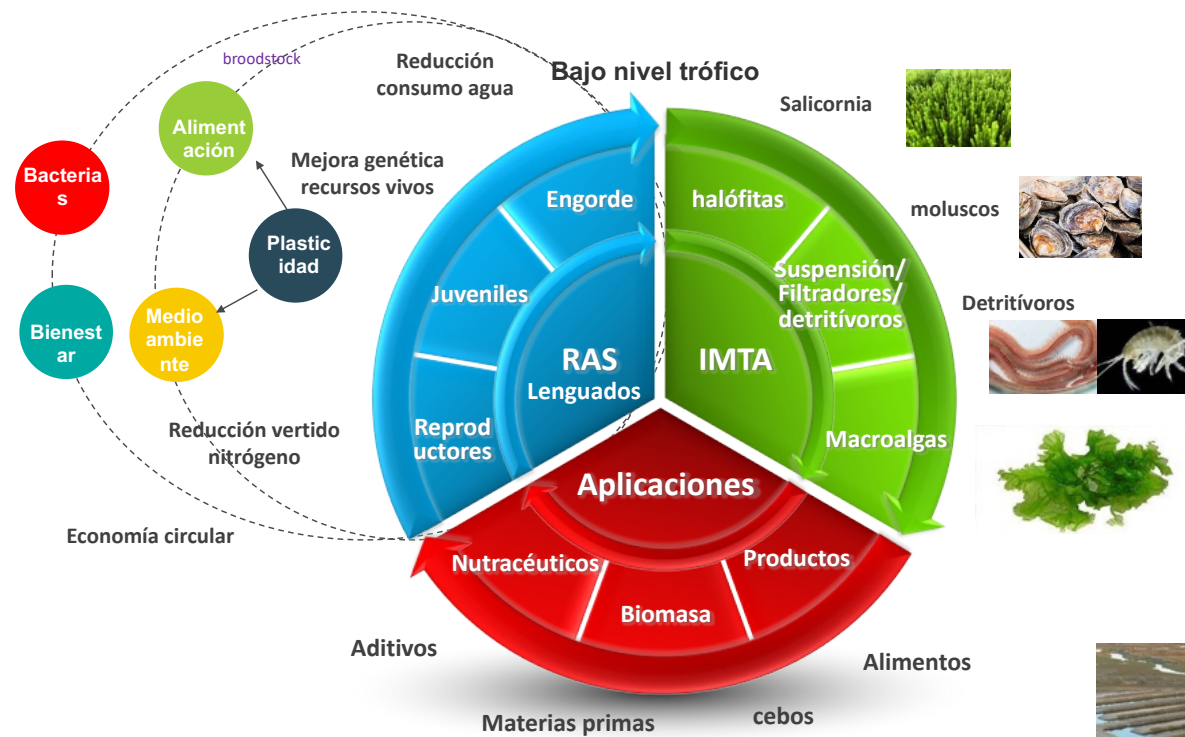


4

Siguiente etapa Transición hacia modelos circulares**RAS- Transicionando hacia modelos circulares IMRAS**

4

Siguiente etapa Transición hacia modelos circulares





A Innovative
sustainable economy

Interreg
Euro-MED



Co-funded by
the European Union



Junta de Andalucía
Consejería de Agricultura, Pesca,
Agua y Desarrollo Rural
Instituto Andaluz de Investigación
y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria
y de la Producción Ecológica

Thank you!

Manuel Manchado, IFAPA

manuel.manchado@juntadeandalucia.es



UNIVERSITY OF
PATRAS
ΠΑΤΡΗΣ ΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ



IMC
International
Marine Centre

A
Junta de Andalucía
Consejería de Agricultura,
Pesca, Agua y Desarrollo Rural
Instituto Andaluz de Investigación
y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria
y de la Producción Ecológica

PÔLE MER
MÉDITERRANÉE



PUBLIC INSTITUTION
DEVELOPMENT AGENCY
OF ŠIBENIK KNIN COUNTY

AH
ADRIA INNOVATION HARBOUR

dynamicvision
consulting &
communication services



CHAMBER OF
ECONOMY OF
MONTENEGRO



IPMA
Instituto Português
do Mar e da Atmosfera