



Cultivo de lenguado en México: experiencias en Baja California



Dr. Juan Pablo Lazo
Laboratorio de Nutrición de Peces Marinos
Centro de Investigación Científica y de Educación
Superior de Ensenada
Baja California





CICESE Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

Dirección de Estudios de Posgrado
Convocatoria 2011

Nuestros posgrados están registrados en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) SEP-Conacyt, por lo que contamos con el apoyo de **becas** para aquellos candidatos que cumplen con el perfil requerido.

Recepción de documentos para admisión: **hasta el 31 de mayo**
Publicación de resultados: **julio**
Inicio de clases: **septiembre**

Ofrecemos maestrías y doctorados en ciencias en:

- Óptica
Óptica física, optoelectrónica
- Acuicultura
- Ecología marina
- Ciencias de la Computación
- Oceanografía física
- Física de materiales
- Ciencias de la Tierra
Sismología, geología, geofísica aplicada, geociencias ambientales
- Ciencias de la vida
Biotecnología marina, microbiología y biología ambiental
- Electrónica y telecomunicaciones
Instrumentación y control, electrónica de alta frecuencia, telecomunicaciones

<http://posgrado.cicese.mx>
serviciosescolares@cicese.mx

Sistema de Centros Públicos del CONACYT

Laboratorio de Nutrición de Peces Marinos

- **Participantes:**

- Benjamín Barón-Sevilla
- Emmanuel Martínez
- Verónica Vizcaino
- Mario Galaviz
- Magali Zacarias
- Jean Benoit Muguet
- Luis Alberto Marquez
- Sharon Herzka
- Armando García-Ortega
- Mark Drawbridge
- Nathaniel Schmit
- Jesús Mariscal
- Daniel Vargas
- Héctor Canseco
- Paola Perez
- Fernando Girón

Organización de la platica

- Introducción
- ¿Porque el lenguado de California?
- Experiencias exitosas en :
 - Reproducción
 - Cultivo larvario
 - Engorda de juveniles
- Sanidad y patología
- Finanzas
- Perspectivas

Especies de Peces Marinos Cultivados en el Noroeste México

	Investigación	Cultivo larvario	Engorda Comercial
Corvina blanca	✓	✓	
<i>Atractoscion nobilis</i>			
Jurel aleta amarilla	✓	✓	✓
<i>Seriola lalandi</i>			
Lenguado	✓	✓	✓
<i>Paralichthys Californicus</i>			
Atún aleta azul	✓		✓
<i>Thunnus. Thynnus</i>			
Lobina rayada	✓		✓
<i>Morone saxatilis</i>			
Corvina Golfina	✓	✓	✓
<i>Cynoscion othonopterus</i>			
Totoaba	✓	✓	✓
<i>Totoaba macdonaldi</i>			

Consideraciones para el cultivo de peces

Criterios de Selección

1. Abastecimiento de simientes

- Reproducción en cautiverio y cría de larvas
- Captura del medio natural

2. Cultivo de juveniles

- Tasa de crecimiento

3. Nutrición

- Aceptación de dietas artificiales

4. Patología

- Resistencia a enfermedades

5. Mercado

- Costos de producción y precios de venta

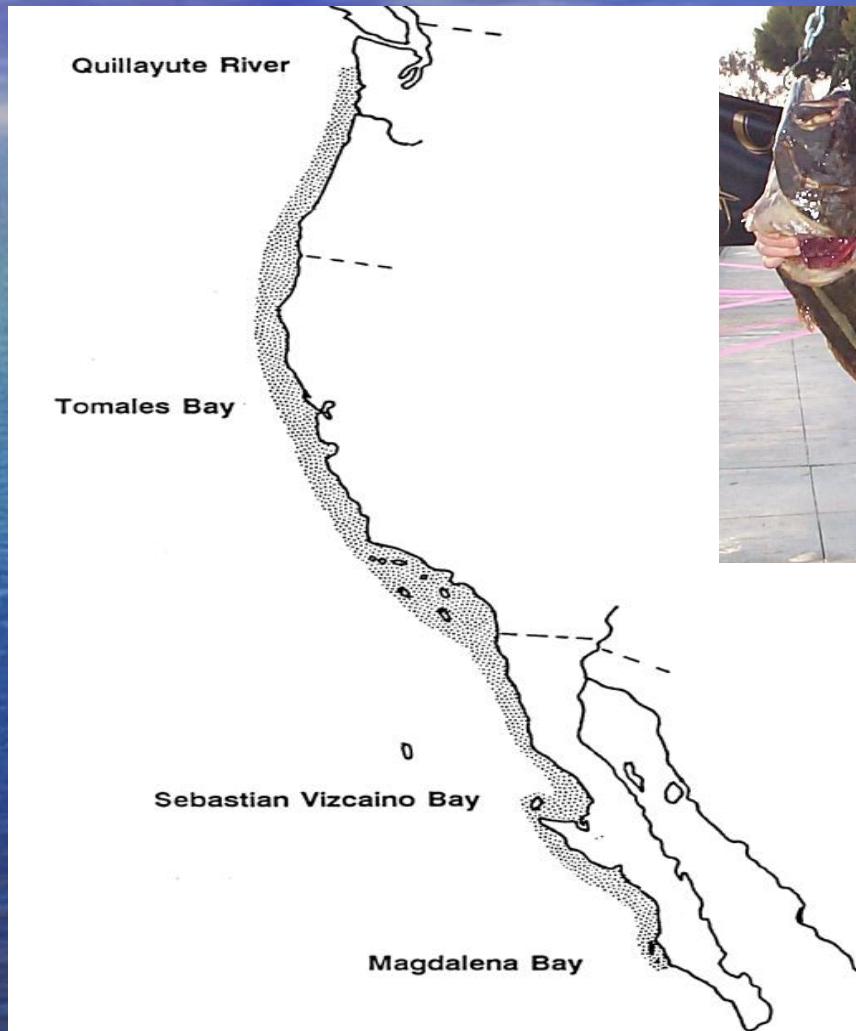
6. Selección de sitio

- Calidad de agua

¿Por qué el Lenguado de California?

- El lenguado de California es un recurso pesquero de gran importancia en las costas del Pacífico Mexicano y del sur de California de los Estados Unidos
- Se distribuye desde Canadá hasta Bahía Magdalena Baja California, México
- Es la especie que alcanza mayores tallas de toda la familia Paralichthyidae, con una longitud total de 1.5 m y un peso de 32 Kg
- El lenguado de California tiene gran aceptación comercial por la textura y sabor de su carne
- Se comercializa a precios del orden de \$10 a \$20 USD, dependiendo de su presentación

Distribución costera del lenguado de California



Kukas y Hassler (1986).

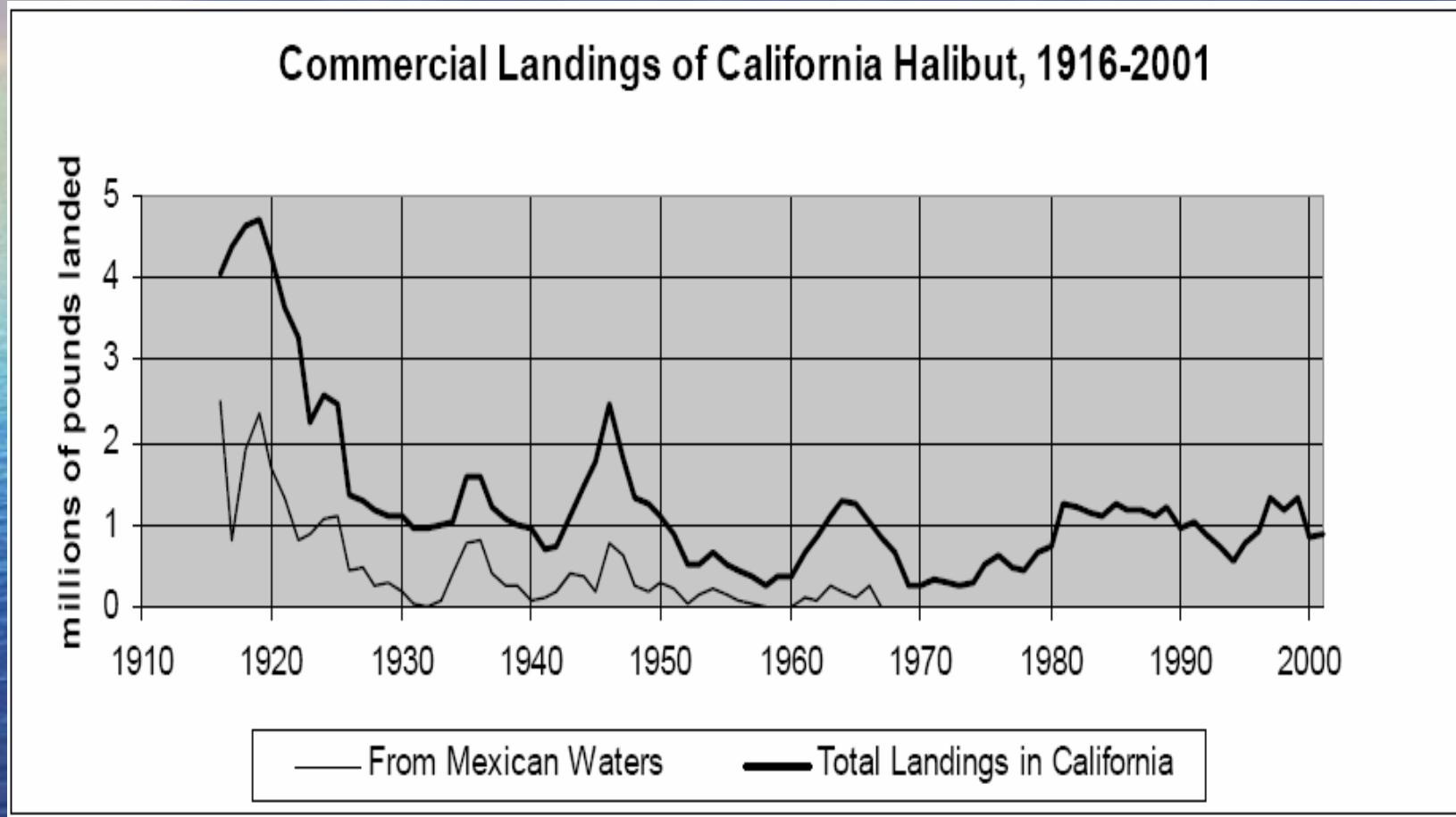
Pesquerías de Lenguado

- En la última década la pesquería del lenguado en los Estados del noroeste del país, Sonora, Baja California y Baja California Sur, representó aproximadamente el 36, 29 y 28% de la producción total a nivel nacional, respectivamente
- Por lo general, el lenguado de California es la especie más importante de las capturas en las costas del Pacífico Mexicano
- En 1990, la captura del lenguado de California alcanzó las 2,400 toneladas métricas de peso vivo, lo que representa un incremento de 1,400 toneladas de las capturas de 1985

Situación actual

- Se han reportado reducciones de más del 80% en la capturas totales multiespecíficas de lenguados en las costas de la Baja California
- A nivel nacional, se puede generalizar que las capturas de lenguado han disminuido en un 33% en los últimos diez años

Pesquerías del lenguado de California



(Sustainable fisheries report, 2006)

Estado actual del cultivo

- Reproducción controlada en cautiverio
- Cultivo larvario con alta supervivencia (hasta un 80%) pero con problemas de pigmentación
- Producción comercial de semilla por el CICESE
 - Producción actual 20,000 a 40,000 juveniles
 - Nuevo Laboratorio con capacidad de 250,000
- Varias granjas comerciales cultivando juveniles en Baja California (evaluando rentabilidad)
- Comercializado en Baja California con precios de \$10-20 dólares el kilo pez entero

Características del cultivo lenguado

- Tasa de crecimiento: 40 a 50 g/mes (cultivo mixto)
- Densidad.....200/m² a 10g y 40/m² a 800 g
- TCA..... 1.2-1.7 : 1 (alimento balanceado)
- Tipo de cultivo deseado: cultivo monosexual de hembras
- Mortalidad:..... 10%
- Período de cultivo.... 12-18 meses
- Precio mercado..... \$10-20 USD

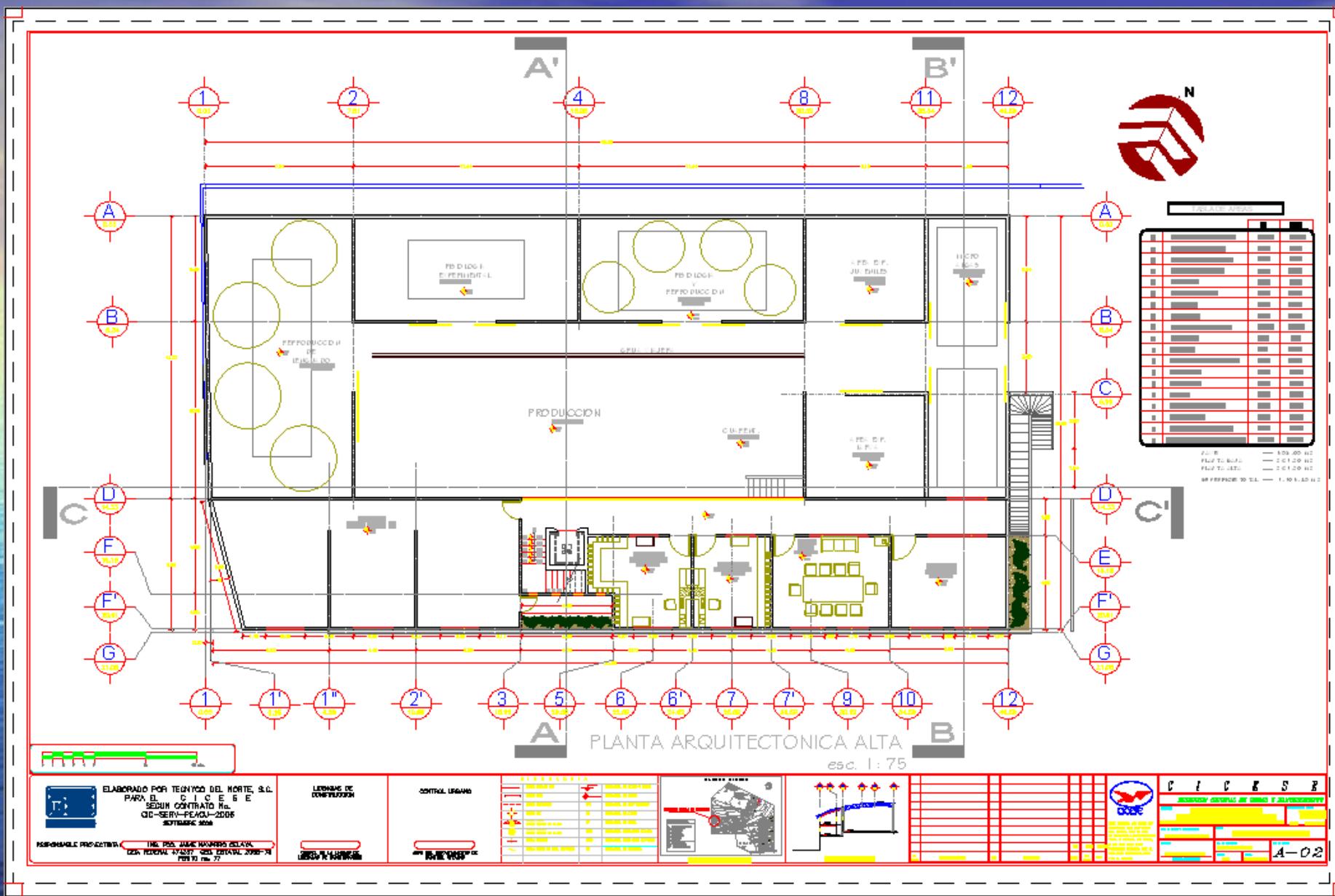
Laboratorio Piloto-Comercial



- Estimular y satisfacer la demanda por peces marinos en el Noroeste de México
- Instalaciones de 1000 m² en el CICESE
- Capacidad de producir 250,000 juveniles de lenguado (pero solo producimos 10 a 40 mil)
- Primer laboratorio comercial de peces marinos en el país (2005)
- Se ofrecen servicios de transferencia tecnológica
- Servicios de cuarentena, mantenimiento de reproductores, pre-engorda

Laboratorio de Cultivo de Peces Marinos





Infraestructura del laboratorio

- **Unidad de REPRODUCCIÓN**
 - Equipada con cuatro estanques de fibra de vidrio de 17,600 L y dos de 80,000 L
 - Control de la temperatura y el fotoperíodo,
- **Unidad de CULTIVO DE LARVAS**
 - 18 estanques de fibra de vidrio de 275 l
 - 4 tanques de fibra de vidrio cónicos de 2,000 L
- **Unidad de CULTIVO DE JUVENILES**
 - 12 estanques de 540 l
 - 4 tanques de fibra de vidrio de 9,000 L
 - 2 tanques ovalados de fibra de vidrio de 3000 L
- Cada sección cuenta con un sistema recirculación de agua de mar con filtración biológica y con control térmico del agua.



Estanques para
reproductores de 17800 l
de capacidad cada uno,
construidos de fibra de
vidrio y con aislante
térmico

Reproductores de
lenguado con una
longitud de 50 a 95 cm
de longitud total y 2.5 a
5 kg de peso





Unidades de filtración para estanques de reproductores



Unidades de filtración para el cultivo de larvas



Unidades de enfriamiento para estanques de reproductores



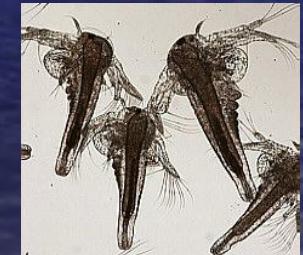
Estanques para la el
cultivo de las
juveniles
del lenguado



Unidad de Producción de Alimento vivo



- Se cuenta con un sistema de cultivo continuo microalgalas
- Constituido por 27 columnas de 300 l cada una,
- El agua de mar es esterilizada por pasteurización
- Se enriquece con medio de cultivo F2 y con CO2,
- Contamos con una producción diaria promedio de 2500 l
- Las microalgas se conducen a un sistema de cultivo continuo de rotíferos (*Brachionus plicatilis*),
- Producción promedio alrededor de 160×10^6 diarios
- Producción intensiva con pasta de microalgas = 480×10^6 diarios.
- Actualmente estamos trabajando con bio-reactores con capacidad de cultivar micro-algas a altas densidades:
 - Iso a 25×10^6 cel/ml
 - Nano hasta 250×10^6 cel/ml

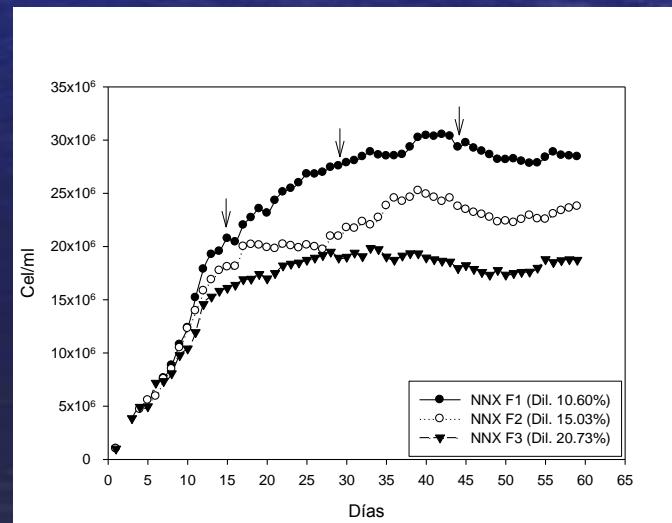
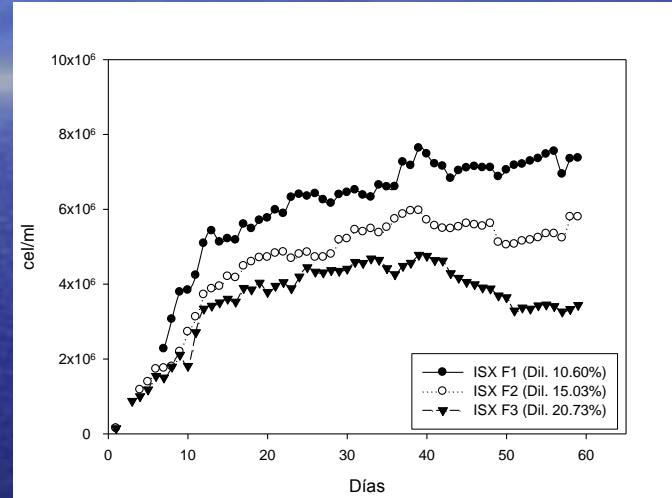


Unidad de cultivo de microalgas



Se cultivan las microalgas:
Nanochloropsis oculata,
Isocrisis galbana
Chaetoceros mulleri,

- Se produce 30×10^6 , 5×10^6 y 15×10^6 de celulas/ml respectivamente.



REPRODUCCIÓN





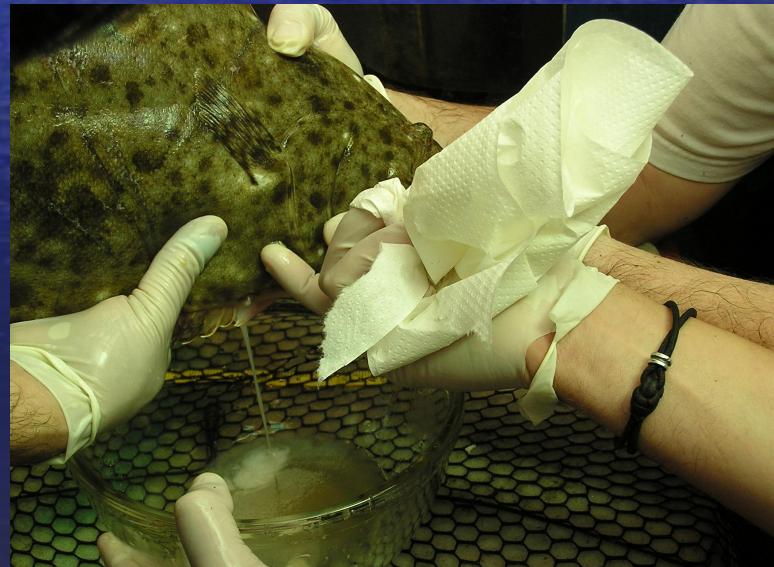
Desoves sin manipulación



Estimulación con hormonas



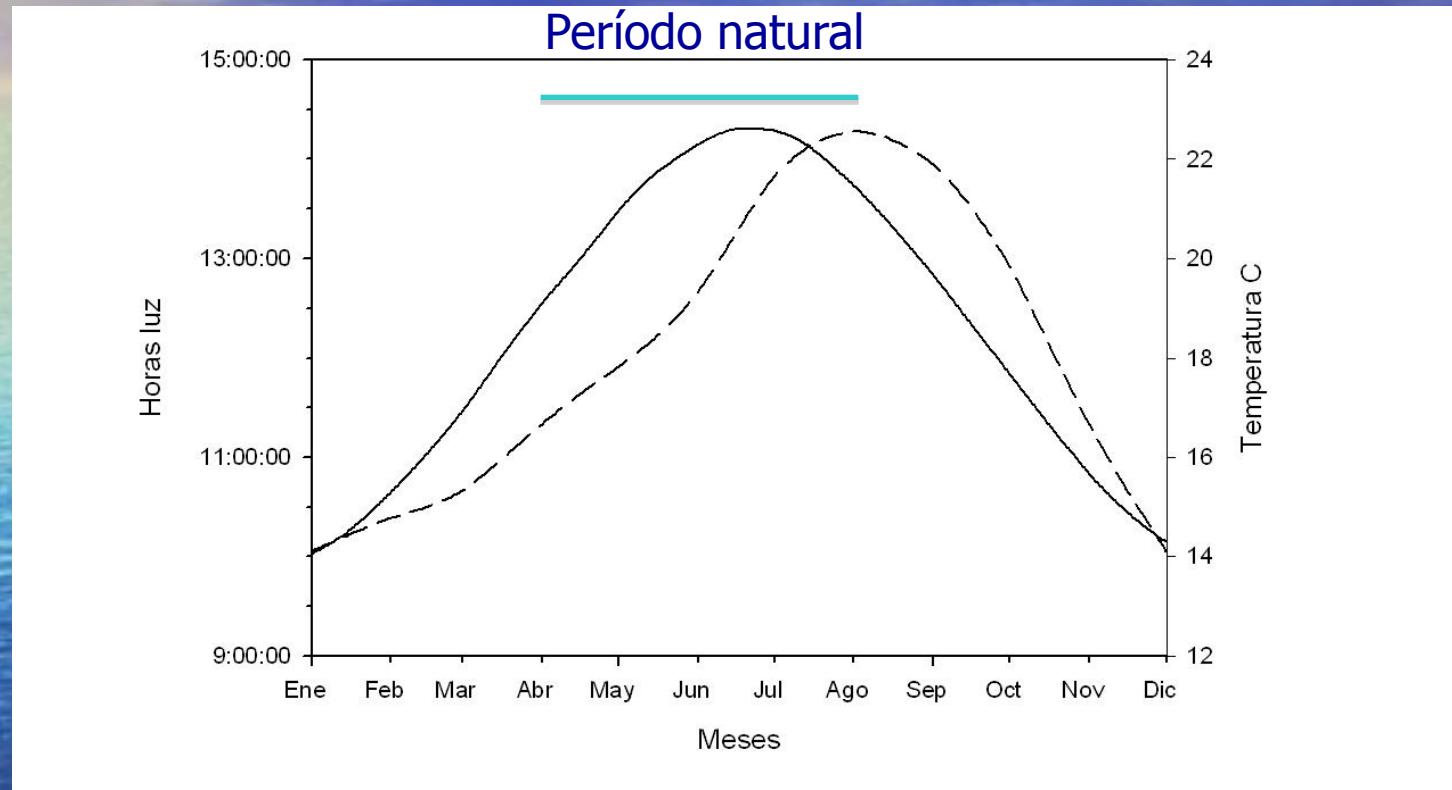
Colecta de hembras grávidas



Reproductores

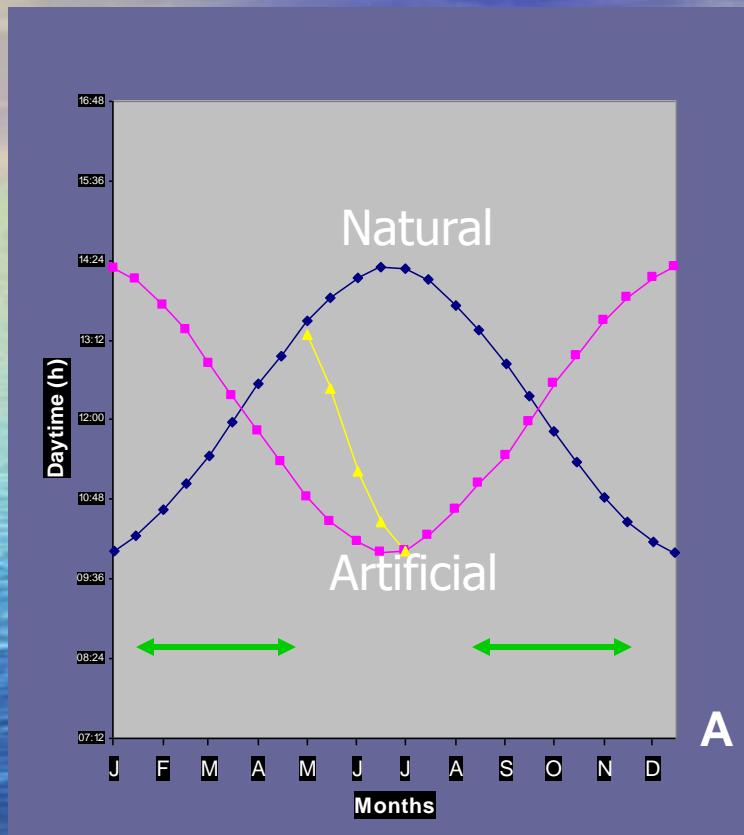
- Temporada de desove:
 - Invierno-Primavera
- Técnicas actualmente utilizadas para lograr la reproducción:
 1. Captura de organismos maduros en época de reproducción
 2. Control del fotoperíodo y la temperatura
 3. Inducción al desove utilizando hormonas
- Actualmente se alojan los reproductores de lenguado que tienen una longitud total de 50 a 95 cm y un peso de 5 a 8 kg.
- Proporción 1 hembra: 2-3 machos
- Alimentados con calamar, sardina y complemento lipídico y vitamínico (Nutrakol)
- Desoves principalmente sin manipulación hormonal

Inducción al desove

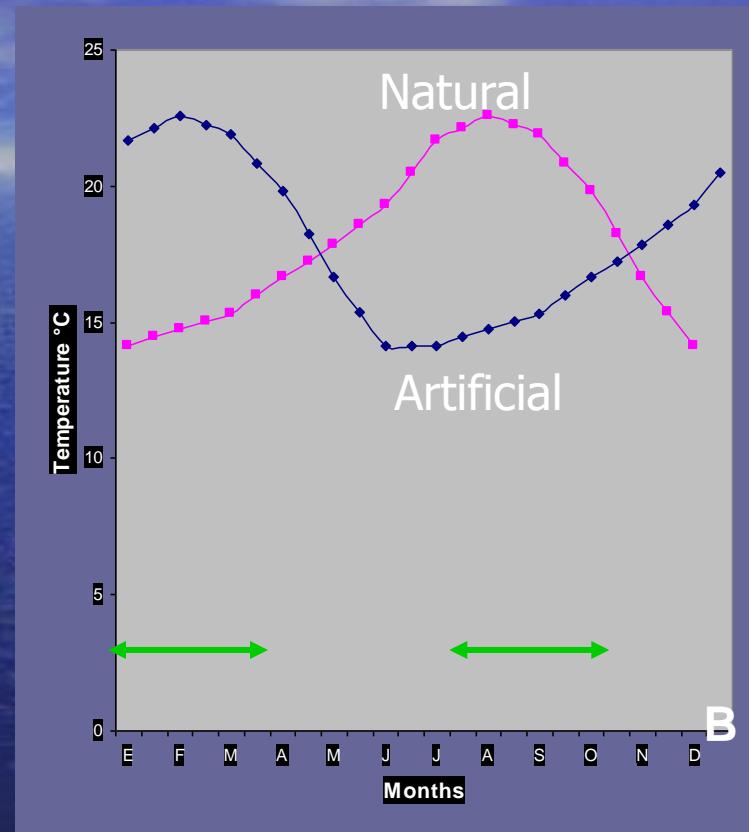


Horas luz y temperatura superficial del mar a lo largo del año en la
región Noroeste de Baja California, México (Localidad San Diego,
California, $32^{\circ} 43'$ Latitud Norte y $117^{\circ} 09'$ Longitud Oeste)

CONTROL AMBIENTAL DE LA MADURACIÓN SEXUAL



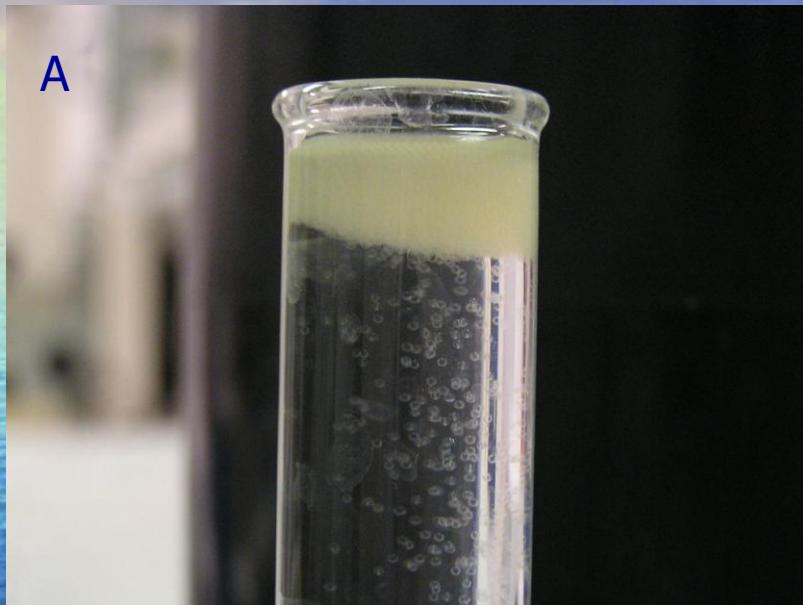
A



B

Régimen ambiental para el control de la reproducción del lenguado de California. A) Régimen anual de luz; B) Régimen anual de temperatura.

Huevos de lenguado miden 800 um y tienen una sola gota de aceite



A) Huevos viables de lenguado, proceso de concentración y cuantificación, previo a la siembra en los estanques de incubación. B) Embrión de lenguado de aproximadamente 24 h de desarrollo, al centro se observa el glóbulo de aceite y en la periferia el reducido espacio perivitelino (→)



CULTIVO LARVARIO



Condiciones de cultivo larvario

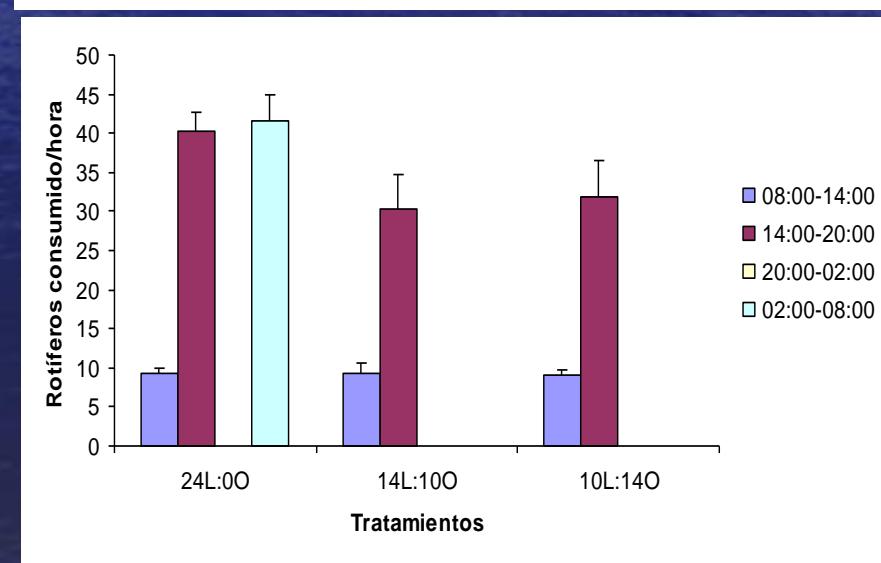
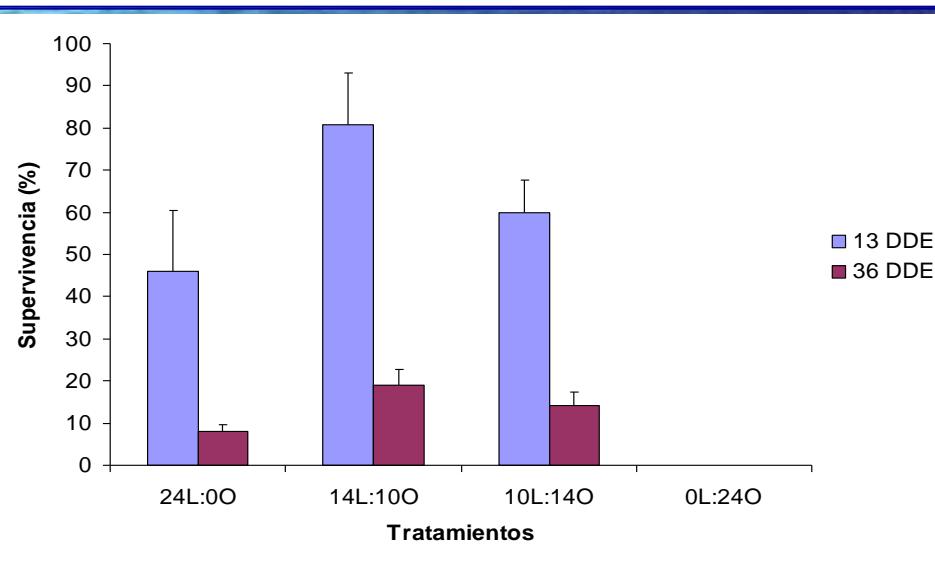
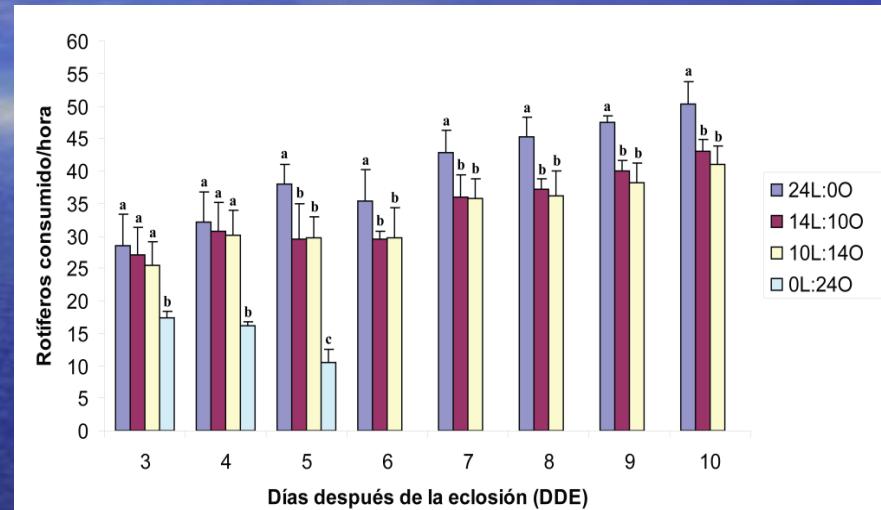
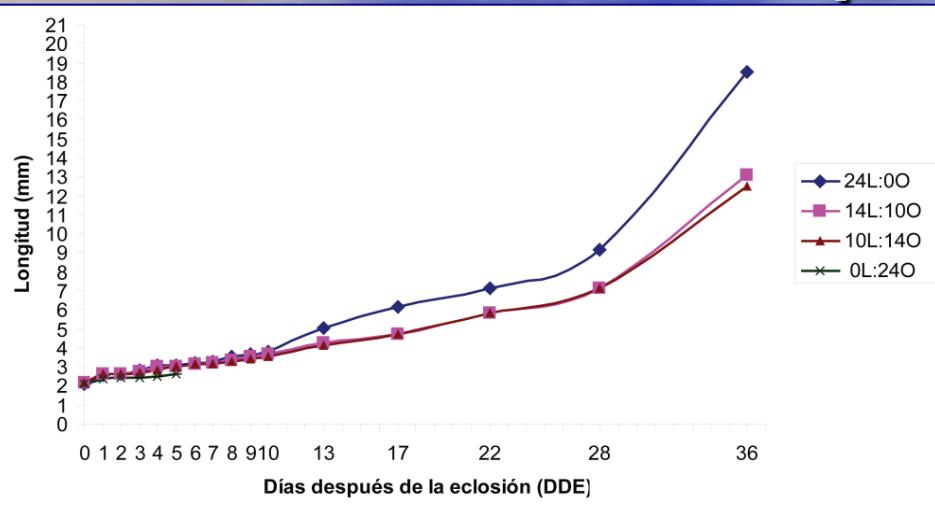
- Densidad: 80-100 larvas por litro
- Fotoperíodo: 16:8 (L:O)
- Intensidad de luz: 600 lux
- Temperatura: 20 °C
- Salinidad: 35 ppt
- D.O.: > 6 mg/l
- pH: 7.5-8.0
- $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$: < 0.5 mg/l



Cultivo en agua verde

- Beneficios del “cultivo verde” (Algas)
 - Incrementan el crecimiento y supervivencia de las larvas
 - Mantienen en buena calidad nutricional a las presas antes de que sean ingeridas en los tanques de cultivo
 - Estimulan la ingestión del alimento!
 - Estimulan la secreción enzimática!
 - Suplen nutrientes a las larvas?
- Son la base de la cadena trófica por lo que se utilizan para transferir nutrientes al alimento vivo
 - i.e., amino ácidos, lípidos, vitaminas

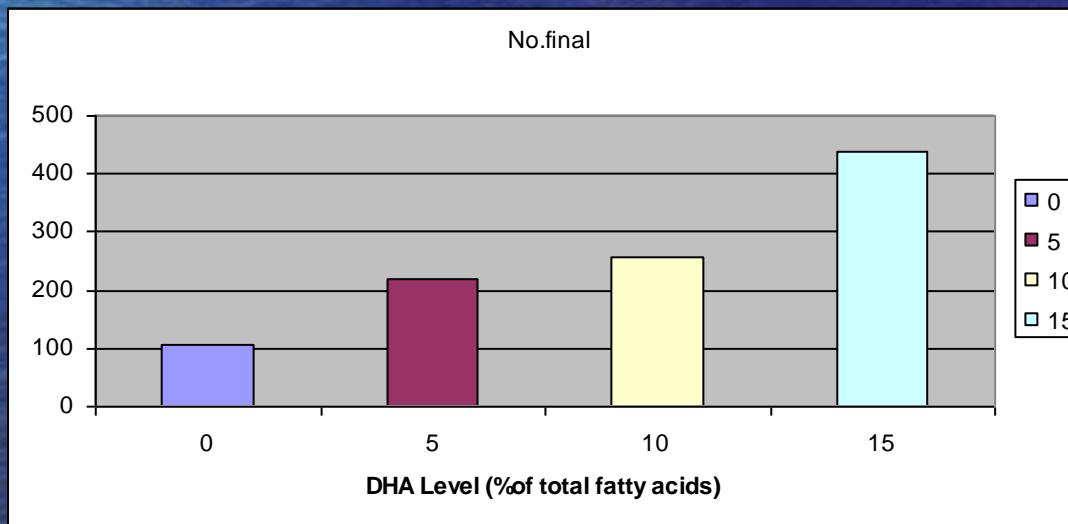
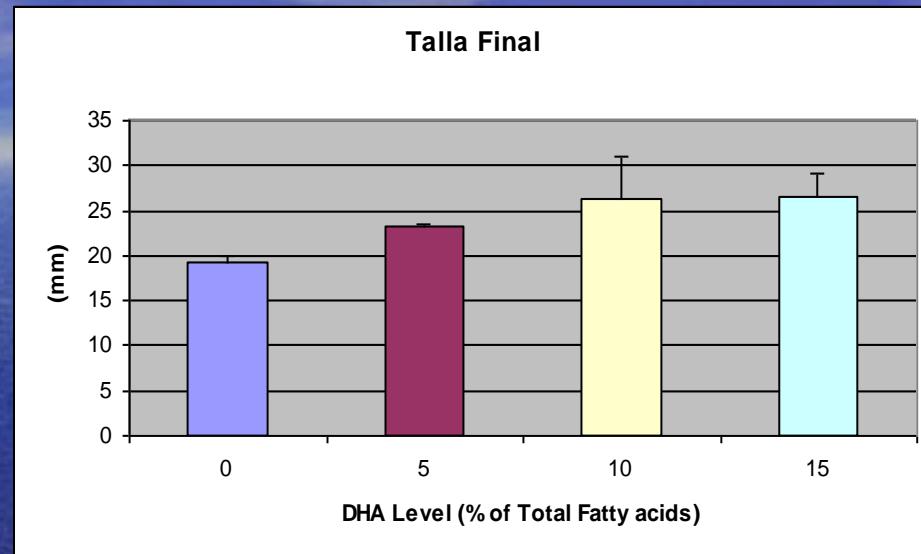
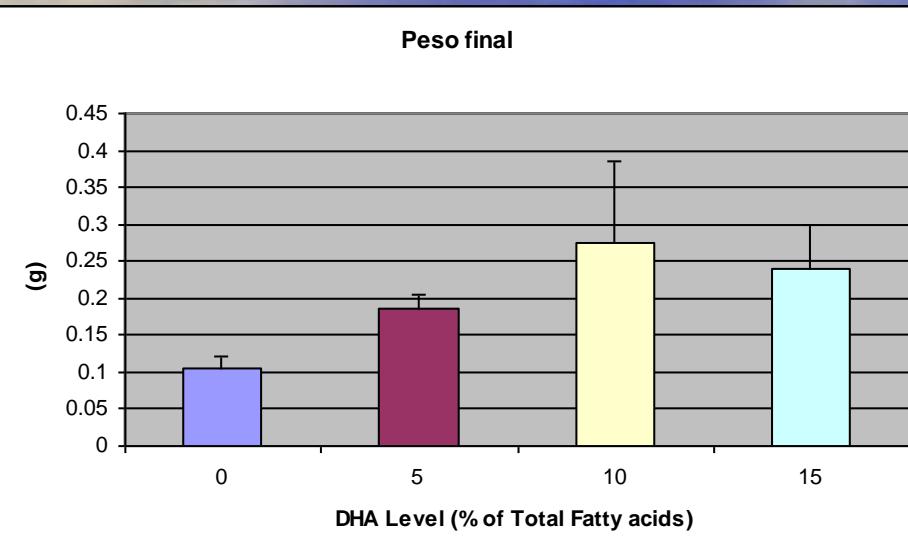
Efecto del fotoperíodo



Enriquecimiento de alimento vivo

- Emulsiones ricas en HUFAS n-3
 - Aceites de pescado: aceite bacalao
 - Emulsiones comerciales: SuperSelco, Algamac, Rotigrow,
 - Microalgas ricas en DHA: *Isochrysis*
 - Concentrado de microalgas: InstantAlgae
 - Microorganismos liofilizados ricos en DHA: Algamac
 - Utilizamos 15% DHA en el enriquecedor de alimento vivo para un buen éxito en el destete

Efecto del DHA en el éxito del destete



Efecto de la edad en el destete

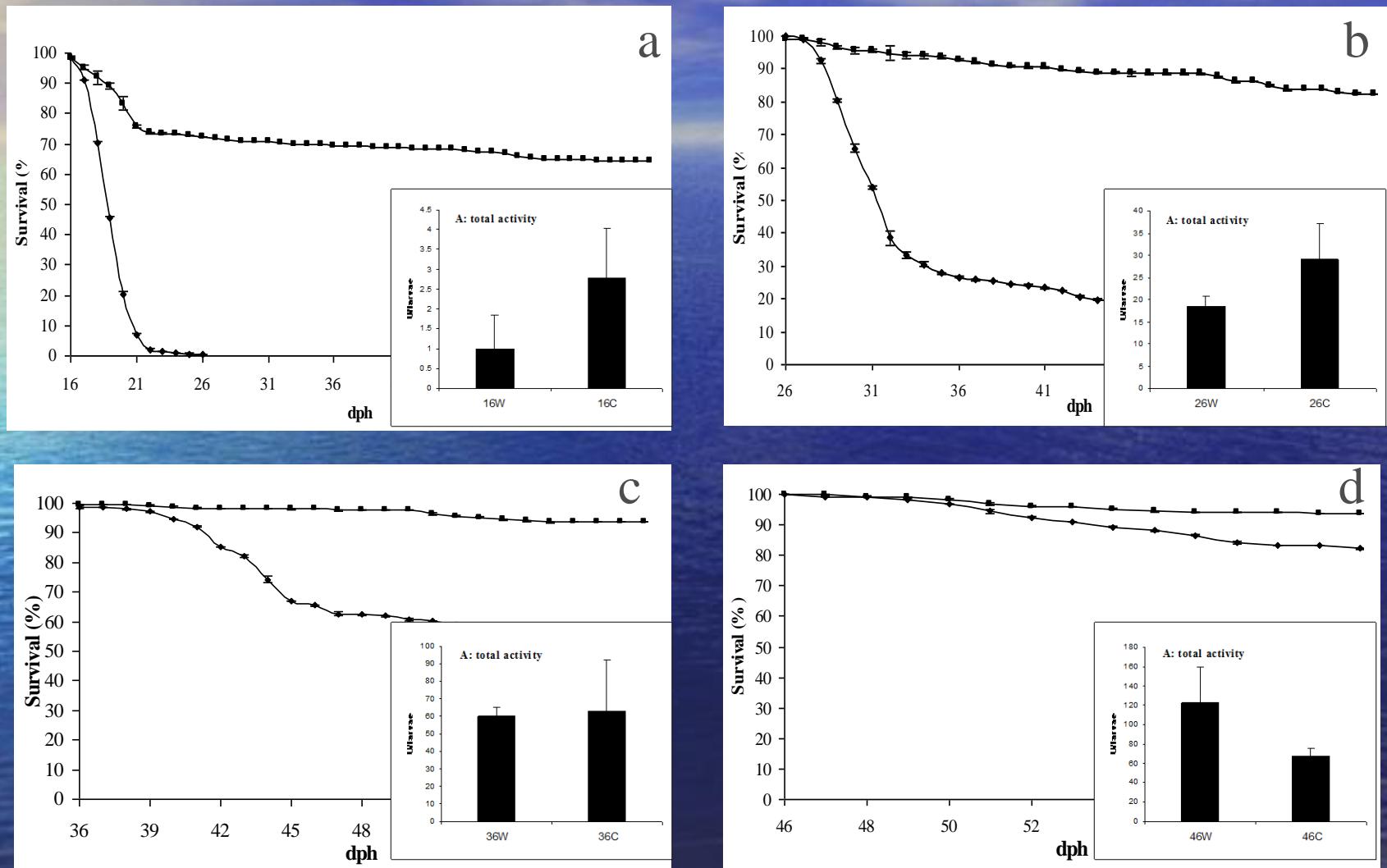
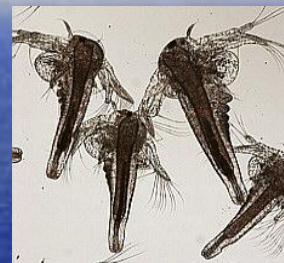


Figure 1. Survival rate (n=3) of larvae weaned at 16 (a), 26 (b), 36 (c) and 46 (d) dph.

Muguet et al., 2004

Protocolo de Alimentación

TIPO DE ALIMENTO



DIETA COMPUESTA

ARTEMIA

5 naup/mL

10 naup/mL

ROTIFEROS

5 org/mL 15 org/mL



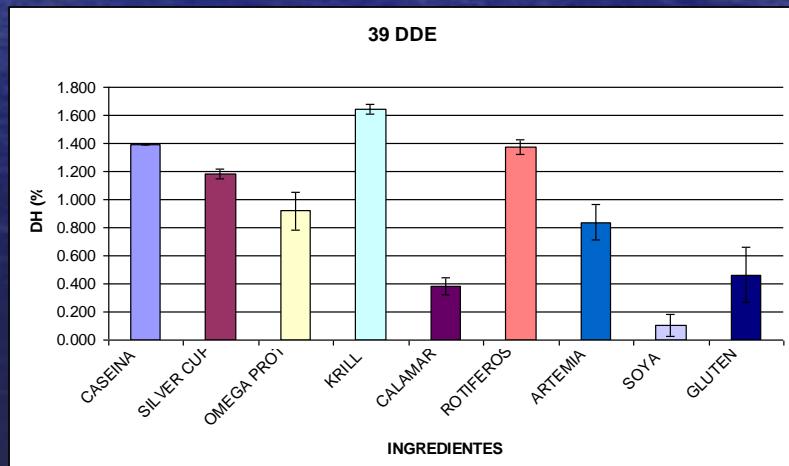
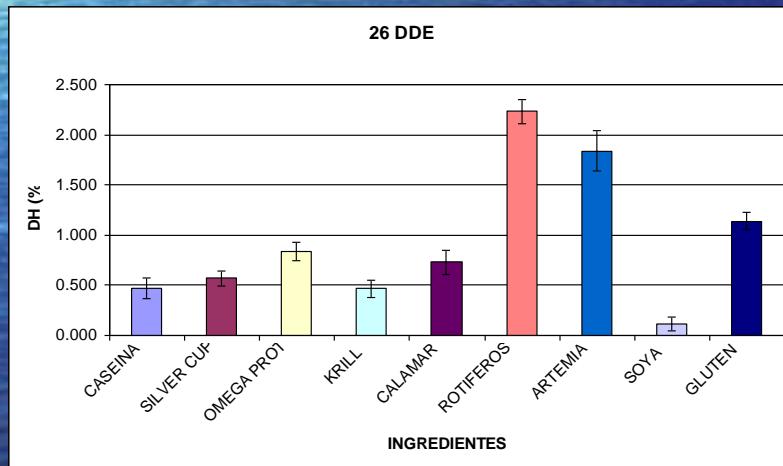
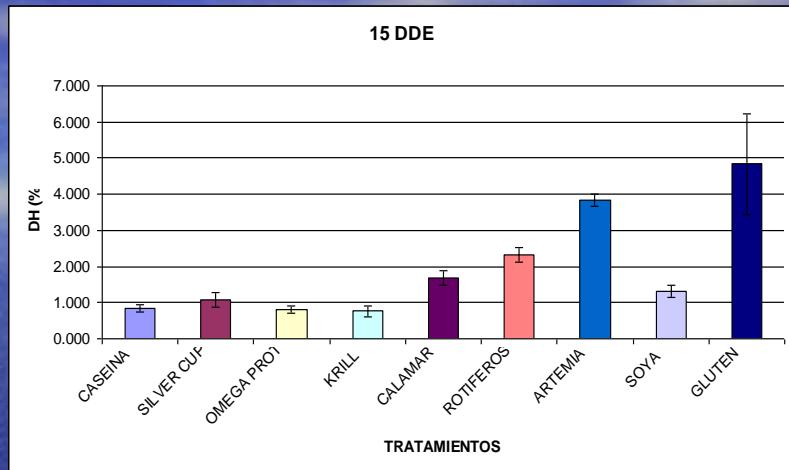
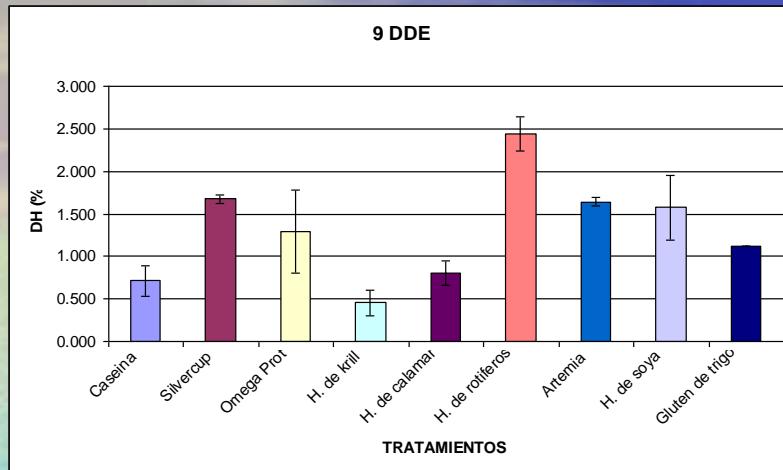
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51

DIAS DESPUES DE LA ECLOSION (DDE)

Destete: (Otohime)

Día	Peso vivo g	peso húmedo %	dieta/larva mg	Tamaño um	No. larvas tanque	Artemia por ml	Microdieta g/tanque	Ración por día
36	0.0062	0%	0.00	400-600	1000	5	0.00	0
37	0.0071	5%	0.36	400-600	1000	4	0.36	1
38	0.0081	10%	0.81	400-600	1000	3	0.81	2
39	0.0093	15%	1.40	400-600	1000	2	1.40	3
40	0.0106	20%	2.13	400-600	1000	1	2.13	4
41	0.0122	20%	2.43	400-600	1000	0	2.43	4
42	0.0139	20%	2.78	500-600	1000		2.78	4
43	0.0159	20%	3.18	500-600	1000		3.18	4
44	0.0182	19%	3.45	500-600	1000		3.45	4
45	0.0208	19%	3.95	500-700	1000		3.95	4

Ontogenia de la digestibilidad



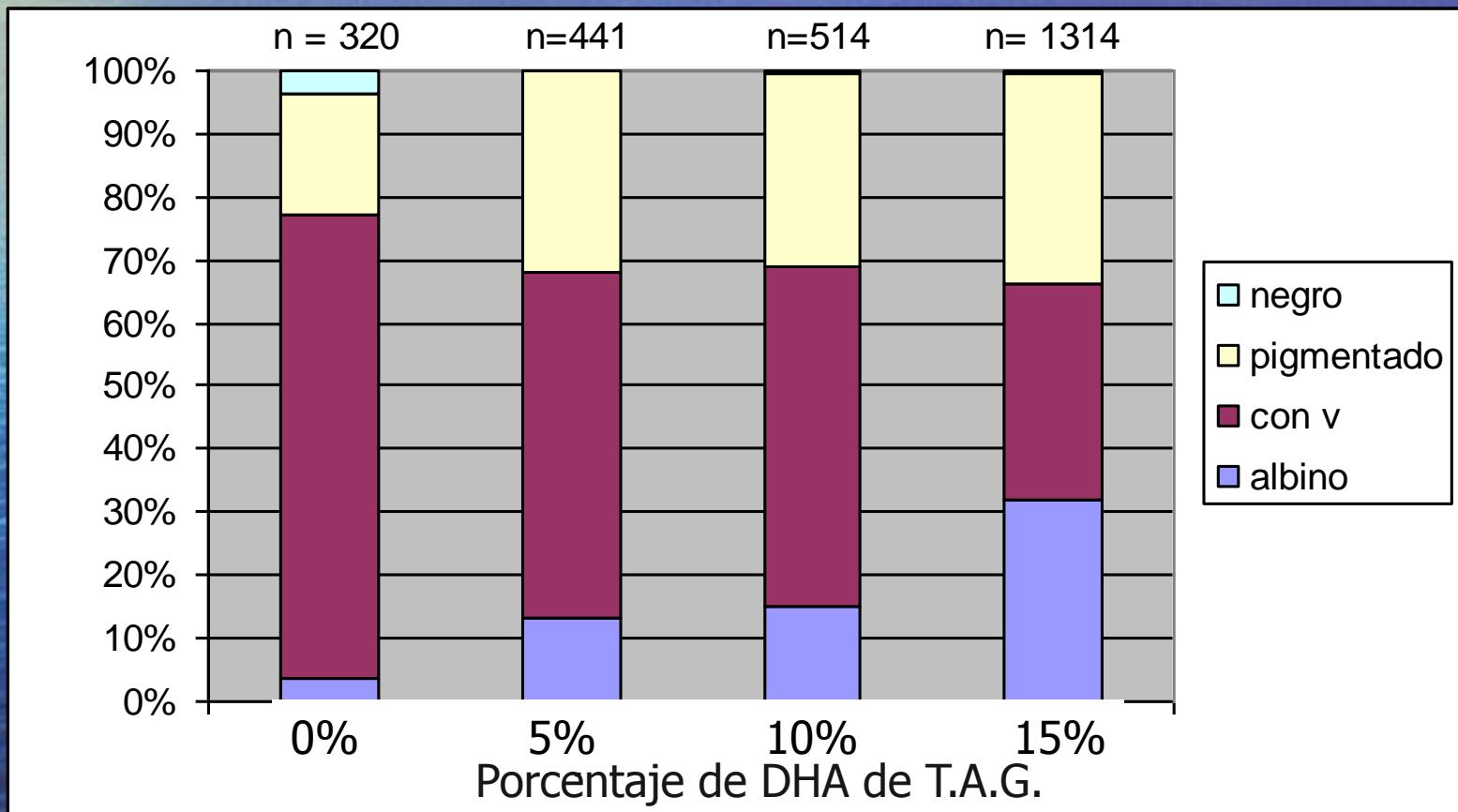
Problemas de pigmentación



Dieta y
Protocolo
de cultivo
CICESE



Efecto del DHA en la pigmentación



Canibalismo

- Gran dispersión de tallas que genera muchos problemas por canibalismo
 - Puede llegar a ser 35 a 50% de la mortalidad
- Muy importante separar a los peces por tamaño
- Diversas técnicas de separación
 - Manuales (muy laborioso)
 - Con jaulas de diversas aperturas
 - “Fish graders” lo mas común
 - Sifones automatizados



Cultivo de juveniles

Aspectos importantes

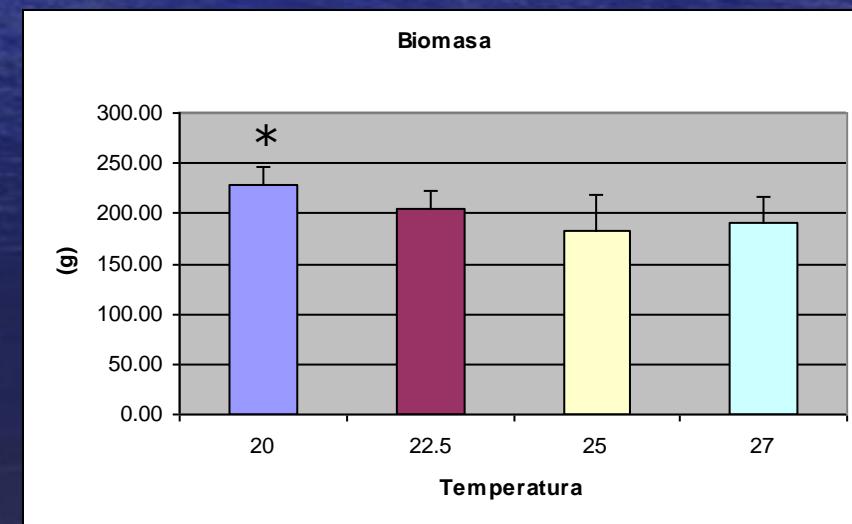
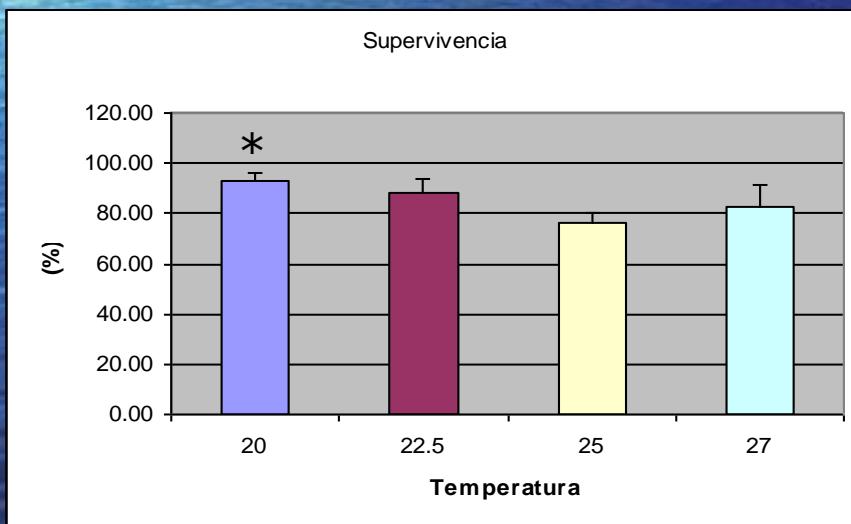
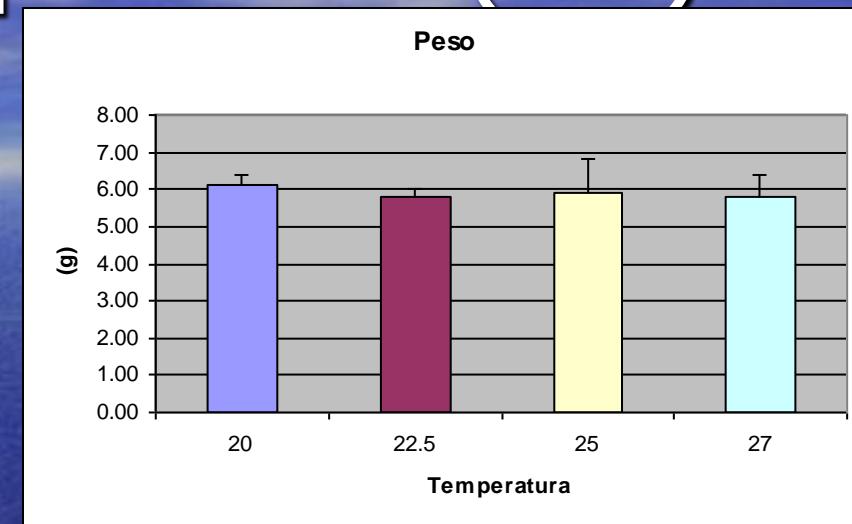
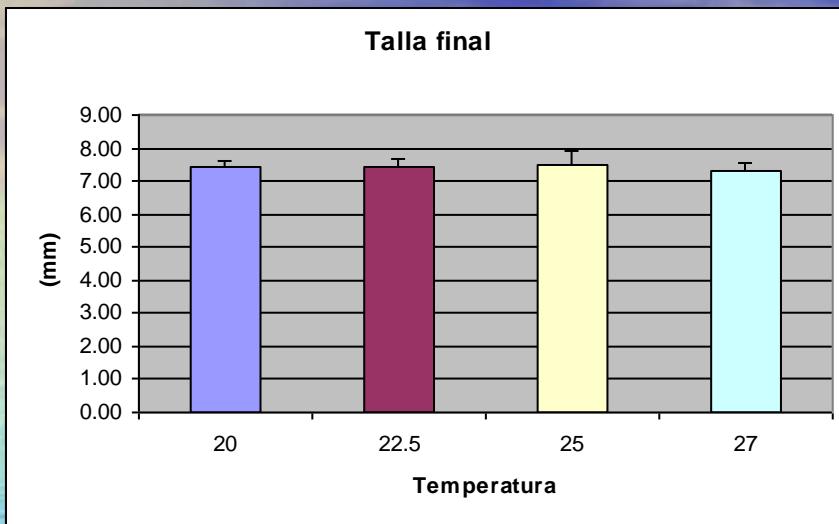
- **Condiciones de cultivo**
 - Sistemas de cultivo: tanques y jaulas
 - Densidad de cultivo: max. 25-30 kg/m²
 - Profundidad del agua: 60 cm
 - Luminosidad: 400-500 lux
- **Nutrición y alimentación**
- **Calidad del agua**

Típica formulación para lenguados de Norteamérica

Ingrediente	% peso seco
Harina de pescado	50-60
Harina de trigo	20-30
Aceite de pescado	5-6
Vitaminas	1.5
Minerales	1.5
Acido ascórbico	0.5
Cloruro de colina	0.2
Composición proximal	
Proteína	45-50
Lípidos	10-15
Cenizas	10

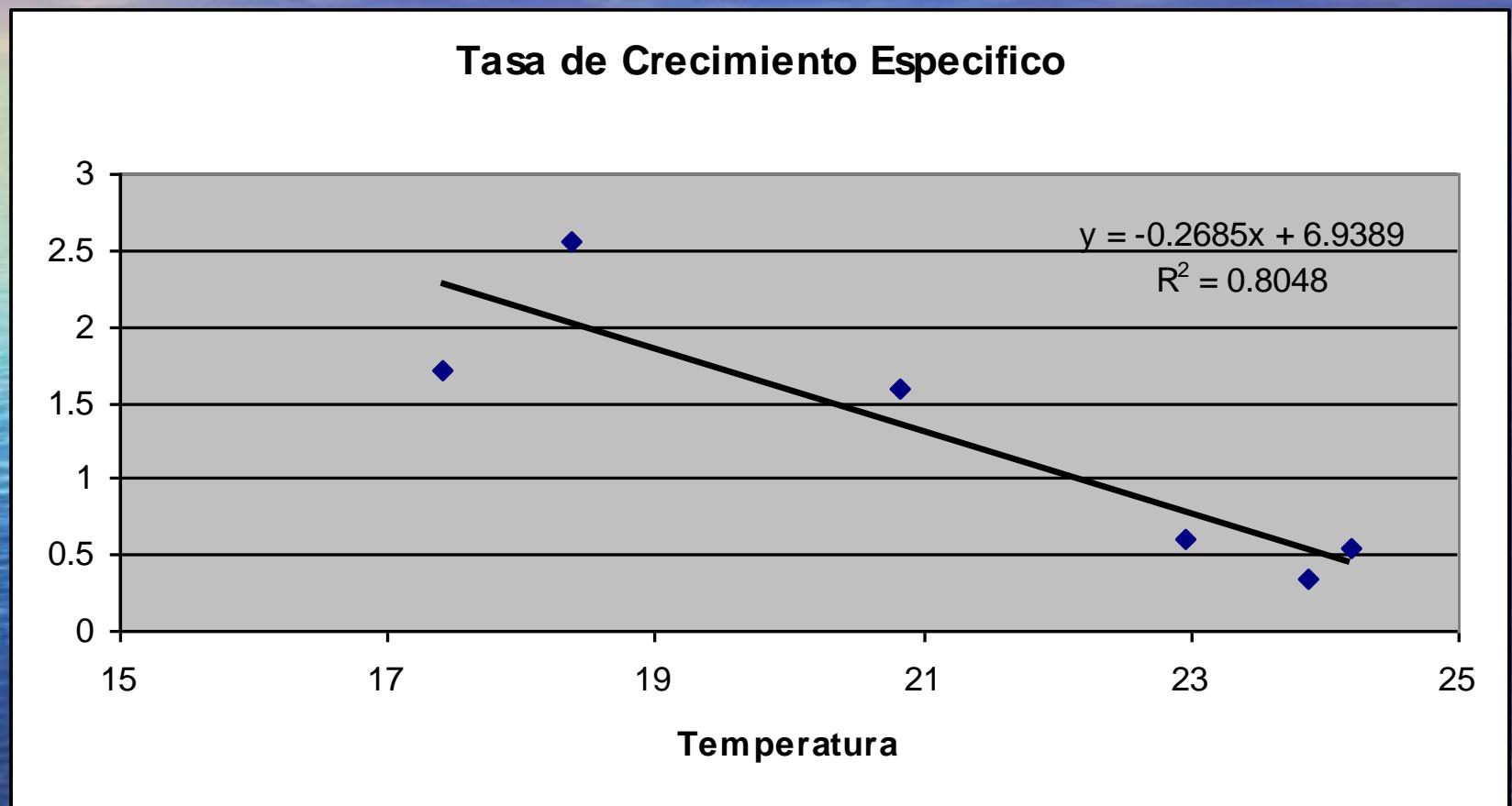
Daniels y Gallagher, 2000

Efecto de la temperatura (lab)

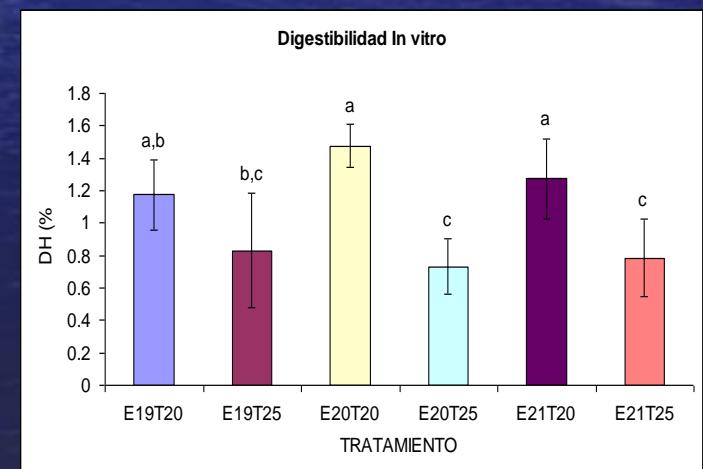
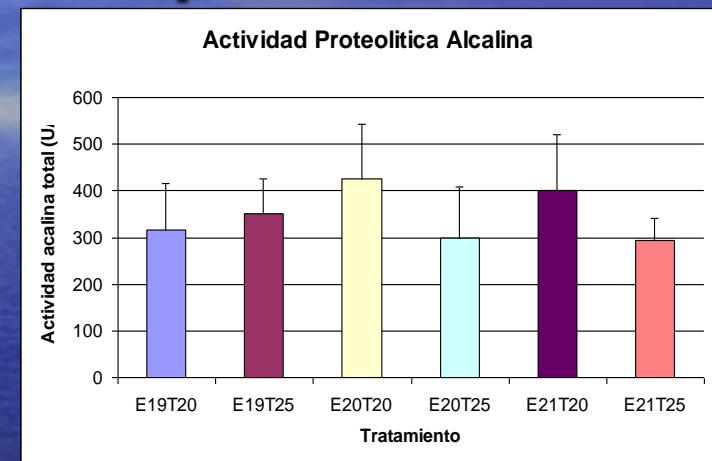
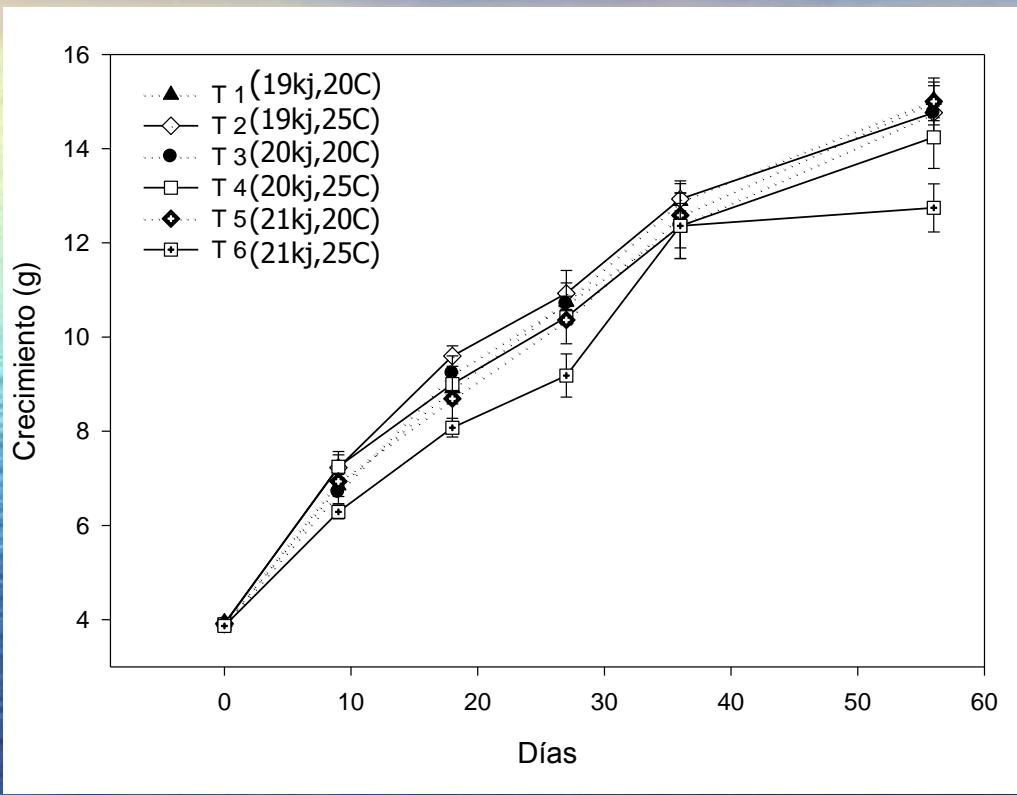


TCA y TEP menores a mayores temperaturas

Efecto de la temperatura (granja)

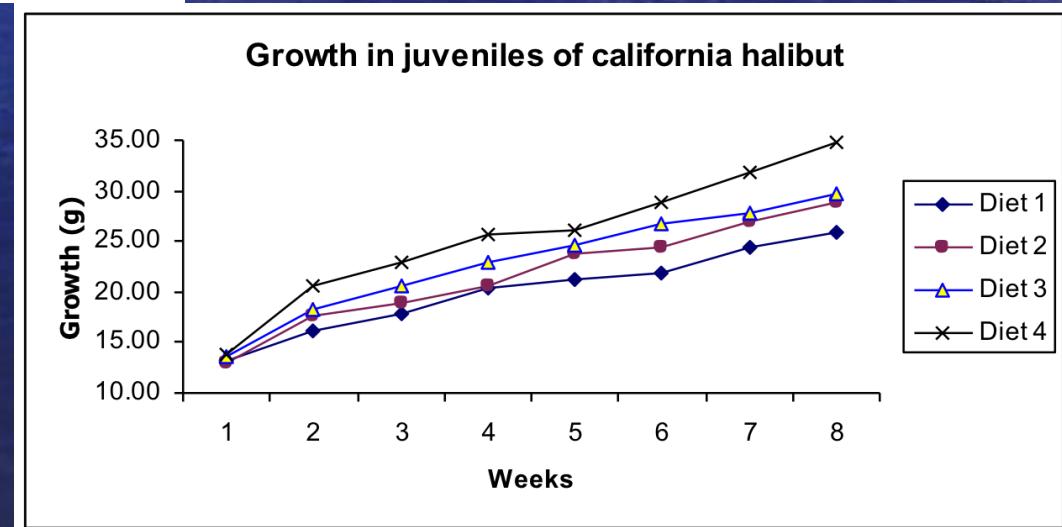


Efecto de E/P vs. Temperatura



Efecto del nivel de Proteína

Ingredients	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4
Fish meal	18	29	37.5	45.7
Krill meal	7.9	7.9	7.9	7.9
Fish oil	15.1	12.1	8.5	5.1
Starch	7.2	4	3	2
cellulose	14.79	11.99	8.09	4.29
Silage	7	5	5	5
Gelatin	5	5	5	5
Mineral mix	2	2	2	2
Vitamin mix	3	3	3	3
casein	5	5	5	5
Wheat gluten	15	15	15	15
α Tocopherol	0.01	0.01	0.01	0.01
Proximate composition				
Protein	41.25	46.61	52.62	56.86
Lipid	20.52	17.61	15.53	12.30
Ash	6.13	6.99	7.85	8.61
Nitrogen-free extract (NFE)	32.11	28.79	24.00	22.23
Ratio P/E (mg prot/kJ)	2108	2375.0	2641.3	2894.4
Ratio E:P (kcal/g prot)	11.3	10.1	9.0	8.3
Energy (kJ)	19.0	19.0	19.0	19.0



Requerimientos nutricionales

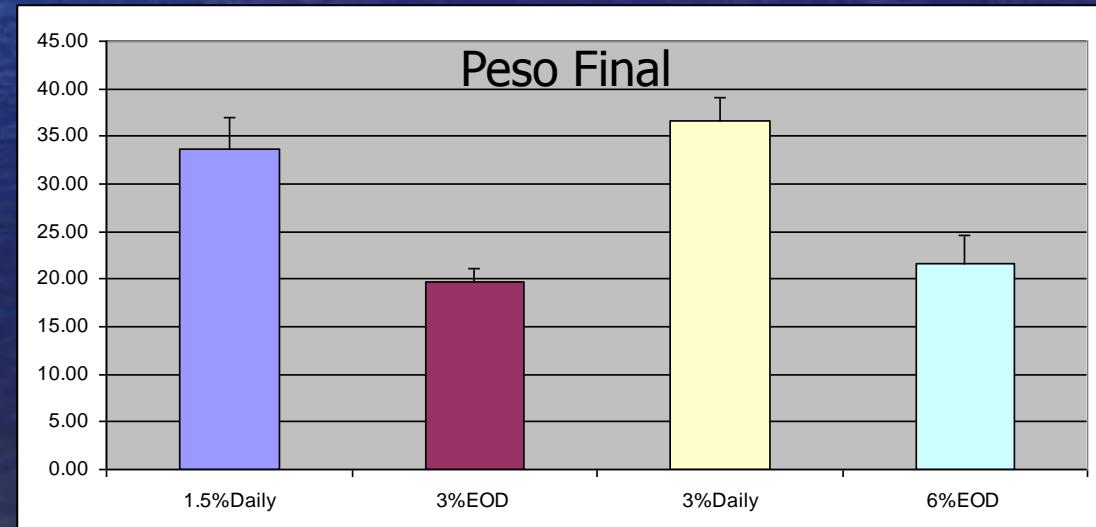
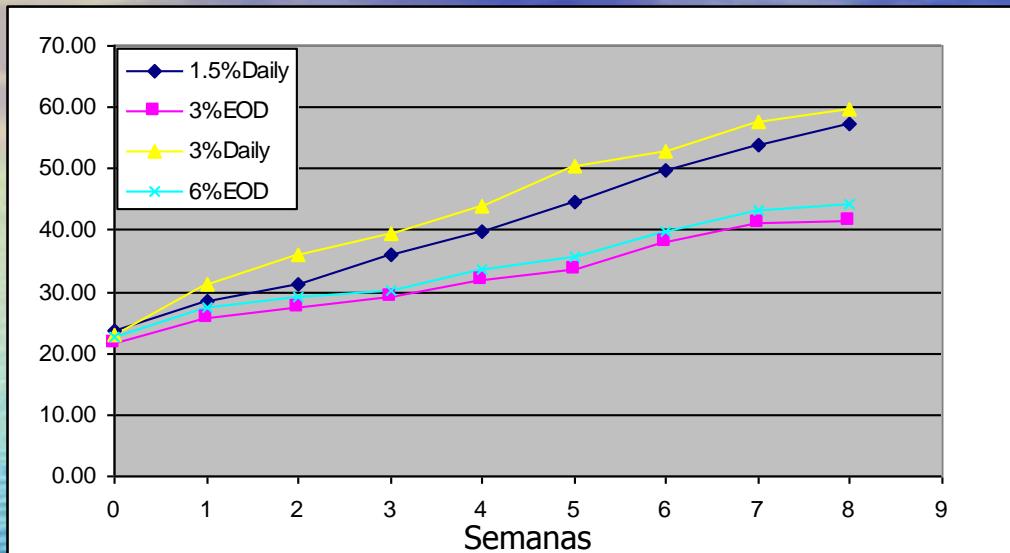
- Aproximación utilizando estudios con esta especie e información de otras especies similares como el *P. olivaceus*, *P. dentatus* y *P. lethostigma*.
 - Proteína: (45-55%)
 - Lípidos: (10-16%), 1% HUFAs n-3
 - Energía: (18-20 kj/100 g)
 - Cenizas: (10%)
 - Carbohidratos: (<15%)
 - Vitaminas y minerales: (3-5%)
- Actualmente estamos evaluando fuentes alternativas a la harina y aceite de pescado



Efecto de la tasa y frecuencia de alimentación

RESULTADOS

Crecimiento

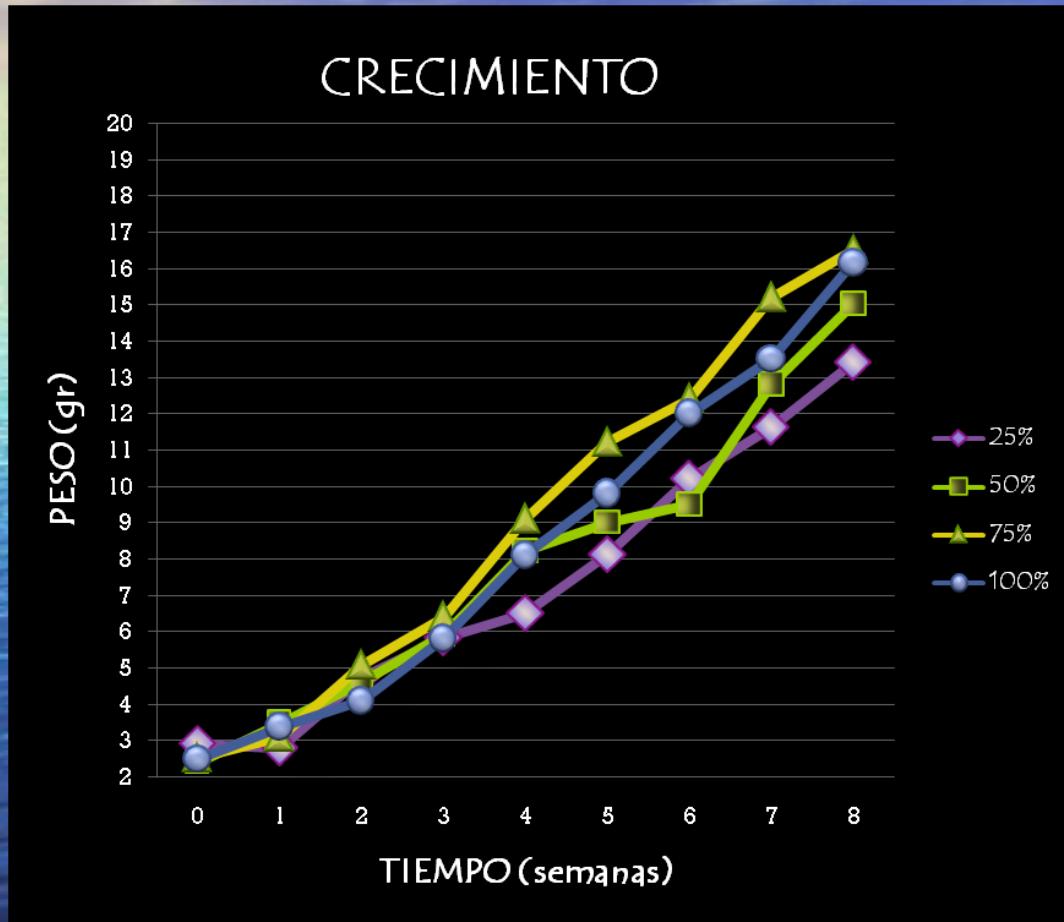


Protocolo de alimentación



- Utilizamos alimento balanceado para peces marinos con un contenido de proteína de 50% y 14% de lípidos
- Alimentos balanceados que floten
- Tasa de alimentación del 4 al 5% de la masa corporal durante las primeras semanas
- Se reduce hasta alcanzar el 0.5% cuando los organismos alcanzan la talla final proyectada.
- Los peces se alimentan 3-4 veces por día durante los primeros meses y 2 veces al día hacia el final del periodo de cultivo

Efecto de la densidad de siembra



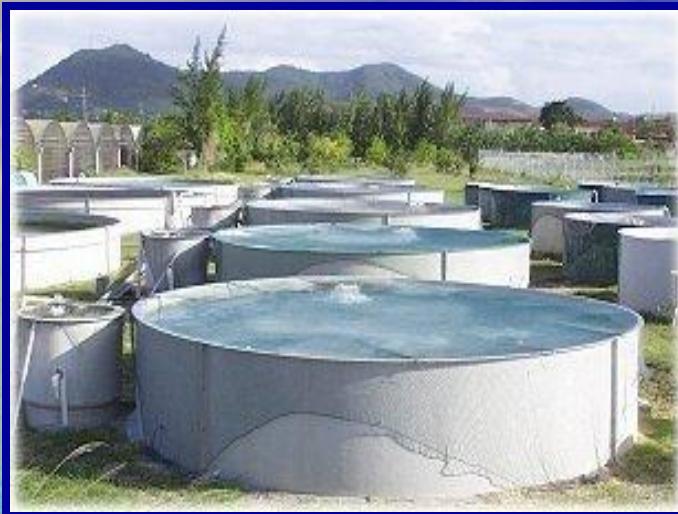
Densidad de cultivo

Peso en (g)	Densidad de cultivo	
	Peces m ⁻²	Kg m ⁻²
1.5	1600	2.4
10	400	4
50	200	10
100	150	15
250	100	25
500	60	30

Esquema de producción tanque circular de 3 m de diámetro

Tiempo días	Peso g	Densidad kg/m ²	Densidad Ind/m ²	No. org tanque	Biomasa tanque kg	Biomasa Total kg	Tasa de Alim %bw
1	1	3.75	74	521	1	3	4
5	2	7.50	72	506	1	6	4
32	25	11.25	69	491	12	74	4
45	50	15.00	67	477	24	143	3
74	100	18.75	65	463	46	278	3
169	250	22.50	64	449	112	674	2
243	380	26.25	62	436	166	994	1
369	501	30.00	60	423	212	1272	1

Sistemas de cultivo: tanques



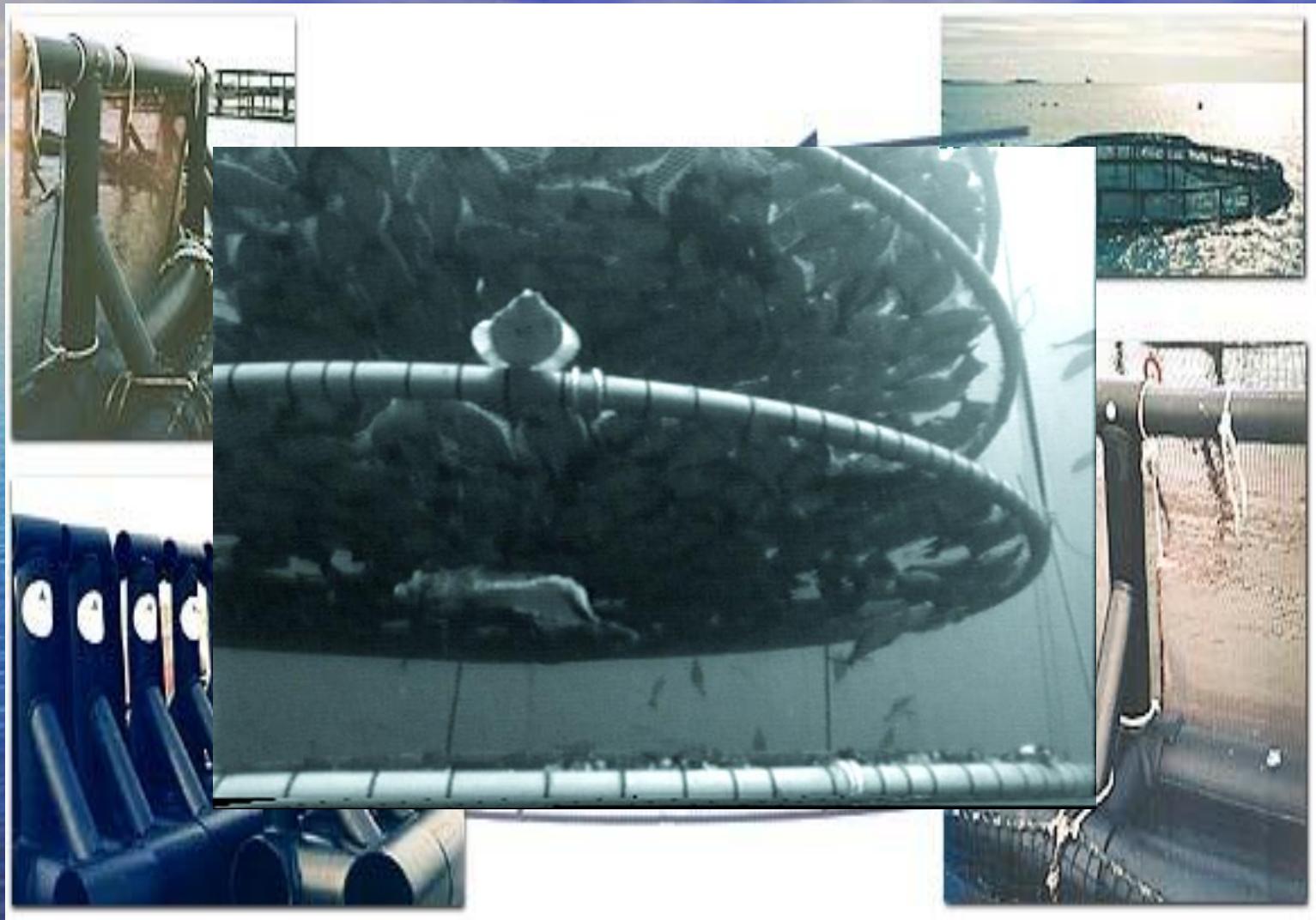
Jaulas rectangulares



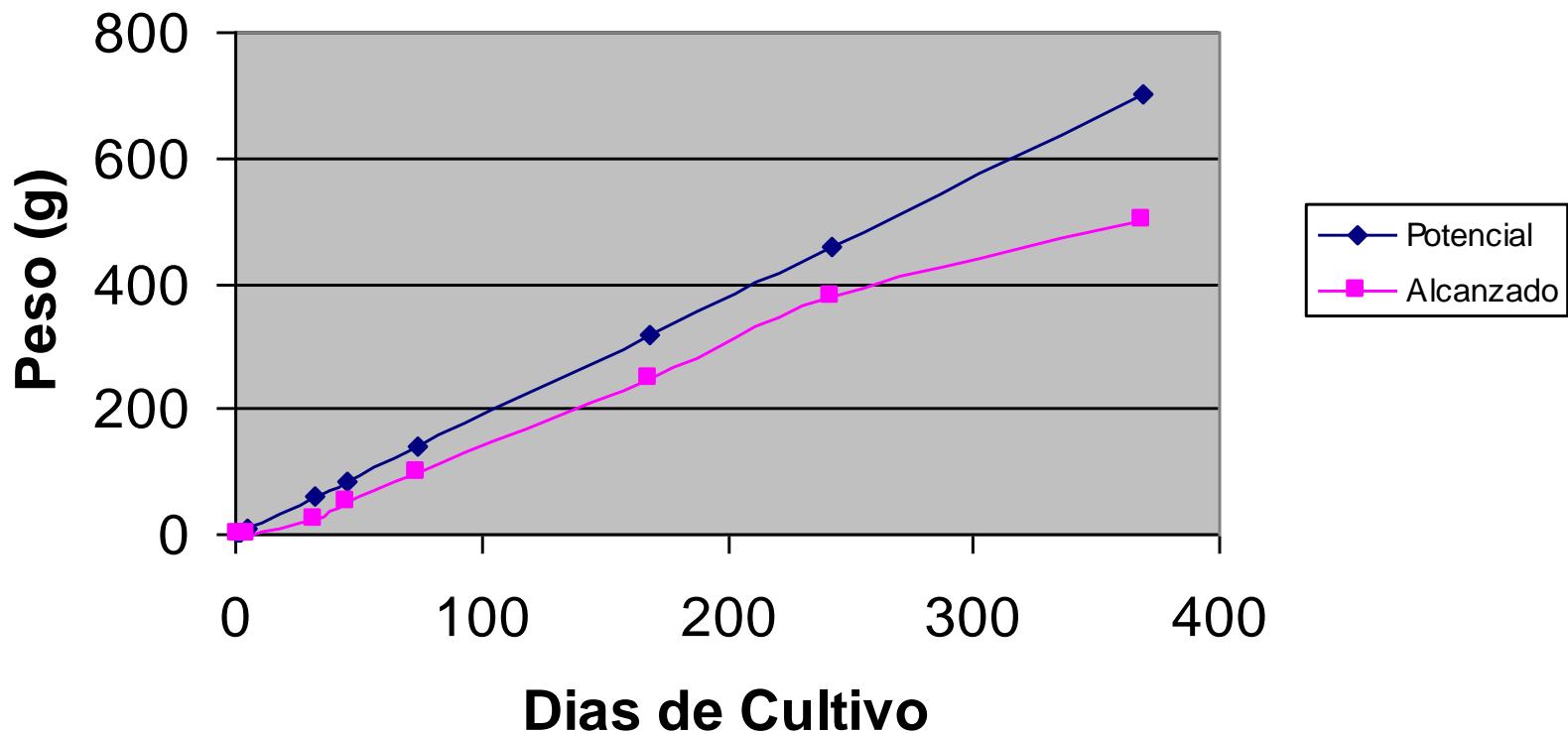
Jaulas Circulares



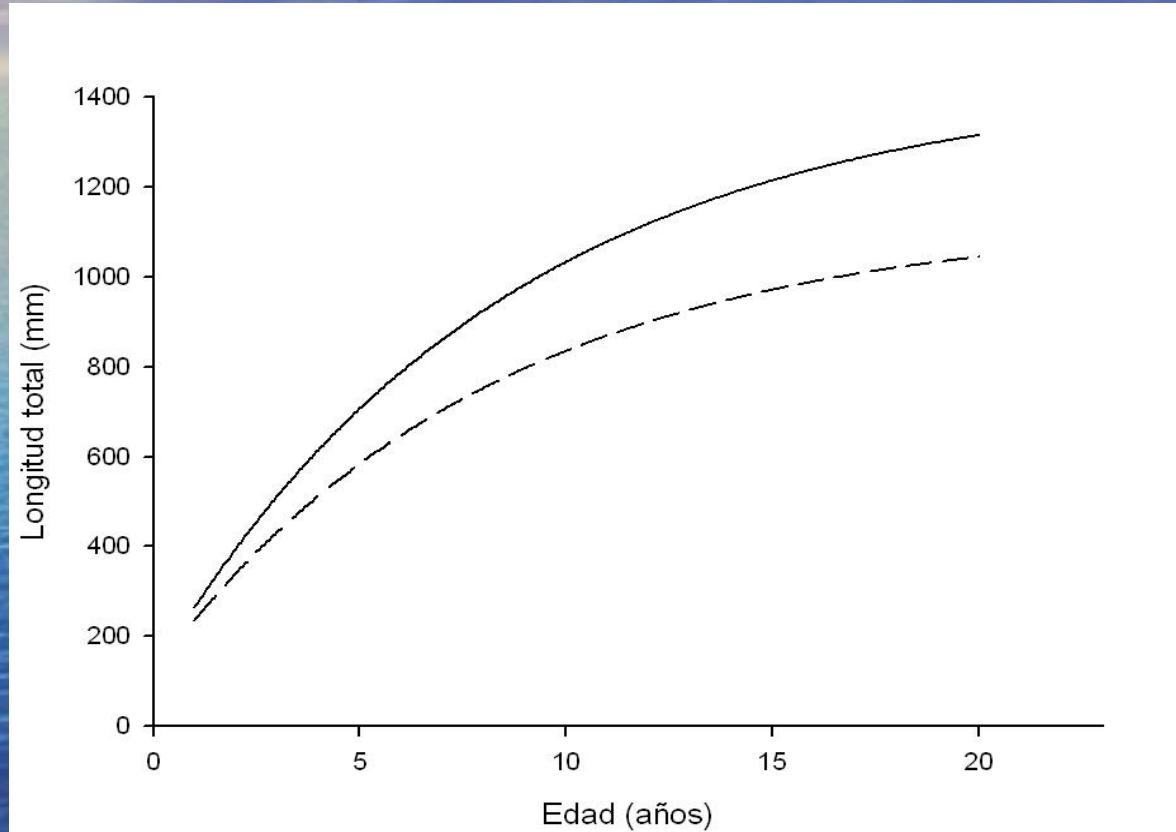
Condominios para lenguado



Crecimiento del Lenguado California (principal cuello de botella comercial)



Hembras crecen mas que los machos



Investigación
para producir
cultivos
monosexuales

Curvas de crecimiento para las hembras $L_t=1130[1-e(-0.1234t-0.1114)]$ (—) y machos $L_t=1440[1-e(-0.118t-0.0852)]$ (---)

Sanidad y Patología

Parásitos

- Los parásitos del lenguado de California incluyen:
 - tremátodos
 - *Tubulovesicula linbergi*
 - *tephanostomus casum*
 - céstodos
 - *Echeneibothrum* sp.
 - nemátodos
 - *Spirocammallanus pereirai*
- Los ectoparásitos mas frecuentes incluyen
 - copépodos
 - *Lepeophtheirus bufidis*, en el cuerpo
 - *Taenicnethodes haakeri*, en las aletas
 - *Acanthochondria solea* y *Holobomalocus prolixus* en las branquias
 - isópodos
 - *Lironacea vulgaris* en el lado ciego del cuerpo

Benedinia

- En Baja California, en los organismos adultos que se mantienen en cautiverio se han registrado tremátodos del género *Benedenia*, Monogenea: Capsalidae



Tratamientos

- Baños de Agua dulce
- Formol
- Yodo
- Sulfato de cobre
- Antibióticos
- Micosidas

Finanzas de un Laboratorio Comercial

Venture Financial Projections

Year	0	1	2	3	4	5
Sales in Units	0	250,000	500,000	1,000,000	1,250,000	1,500,000
<i>Growth</i>			100%	100%	25%	20%
Average Selling Price	0	\$1.00	\$1.00	\$0.90	\$0.90	\$0.77
<i>ASP Delta</i>			0%	-10%	0%	-15%
Service B						
Number of customers	0	0	4	9	9	9
Fee per customer	\$10,000	\$10,000	\$10,000	\$10,000	\$10,000	\$10,000
Total	\$0	\$0	\$40,000	\$90,000	\$90,000	\$90,000
Modular hatchery TT	\$100,000	\$100,000	\$100,000	\$100,000	\$100,000	\$1,000,000
Total price transfer	\$0	\$0	\$400,000	\$900,000	\$900,000	\$9,000,000
Revenue	\$0	\$250,000	\$500,000	\$1,340,000	\$2,115,000	\$10,237,500
<i>Growth</i>			100%	168%	58%	384%
Expenses						
Cost per Unit (Material Labor)		\$0.35	\$0.33	\$0.32	\$0.30	\$0.29
Total Cost of Goods Sold (COGS)	\$0	\$87,500	\$166,250	\$315,875	\$375,102	\$427,616
<i>Sales, General and Admin Costs (SG&A)</i>						
<i>Total Direct Expenses</i>	\$0	\$141,700	\$149,000	\$140,400	\$159,600	\$159,600
<i>Start Up cost</i>		\$229,200	\$315,250	\$456,275	\$534,702	\$587,216
Earnings (EBITDA)	-\$1,500,000	\$20,800	\$184,750	\$883,725	\$1,580,298	\$9,650,284
<i>% of Revenue</i>		8%	37%	66%	75%	94%

Valuazion

	0	1	2	3	4	5
Revenue	250,000.00	500,000.00	1,340,000.00	2,115,000.00	10,237,500.00	
Expenses	229,200.00	315,250.00	456,275.00	534,701.56	587,215.78	
EBITDA	-\$1,500,000	20,800.00	184,750.00	883,725.00	1,580,298.44	9,650,284.22

Pre money value -

Money needed 1,500,000.00

EBITDA Multiple 5

Rate of return **32.17X**
IRR **59%**

P:E **10**

Valuation of the company **96,502,842.19**

Limitantes

- Tasas de crecimiento bajas (i.e., 500 g en 12 meses)
- Canibalismo (hasta 50% de la mortalidad)
- Pocos stocks de reproductores establecidos
- Falta de inversion privada en laboratorios de produccion de semilla
- Fabricación de dietas especie específicas
- Más vinculación: investigación-productores
- Abrir mercados con el sello “México” (↑ \$)
- Legislación y tramitología complicada

Conclusiones

- La piscicultura marina esta por despegar en grande en México
- Se tiene suficiente conocimiento técnico para desarrollar la industria
- Competencia seria de otras especies claves
- Necesidad prioritaria de fabricar alimentos en México para la engorda de lenguado
- Necesitamos más laboratorios de cultivo larvario
- Importante ir cerrando el ciclo con F1, F2...

Cultivo comercial de lenguado en asociación con el sector productivo

I. CICESE - Pezco S.A. de C.V. (100 TM)



Cultivo comercial de lenguado en asociación con el sector productivo

II. CICESE – Pacific Aquaculture S.A. de C.V. (50 TM)



Cultivo de Lenguado

Aquamar 2007

Lazo y Barón 2007