



Universidad Católica del Norte
ver más allá



SISTEMAS DE RECIRCULACION EN ACUICULTURA EN CHILE



Billund
Aquaculture
Chile S. A.

CAMANCHACA S.A.



oceá

Aquaculture solutions



Dr. Germán E. Merino

Joel Barraza, Esteban Emperanza

Marcelo Varela, Alfonso Silva

UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA

Bioeconomía Argentina 2015

16 y 17 Abril - Puerto Madryn

AGENDA

- Experiencia en SAR
- Producción en SAR de salmón en Chile
- Investigación y Desarrollo en SAR comercial
- Presente y futuro



- Definición Recirculación de Agua
 - Cuando la calidad del agua depende de los sistemas de tratamiento (operaciones unitarias) y no del agua afluente
 - Renovación menor al 10% del volumen total del sistema al día
 - Agua renovada al día por kg de alimento entregado
 - Agua renovada al día por kg de pez producido
- ...

Compañías que desarrollan comercialmente la tecnología

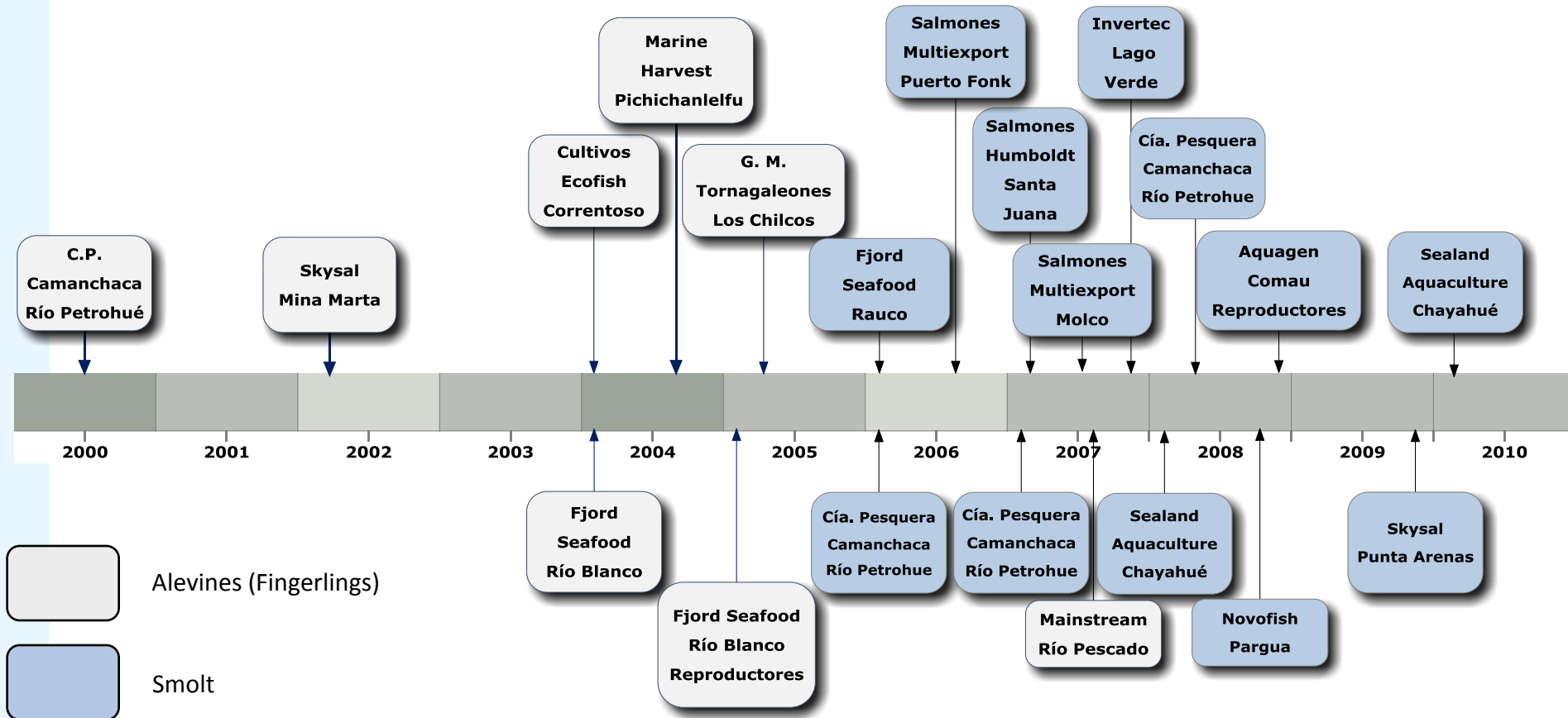
- Billund Aquaculture Chile S.A. (Denmark)
- Hesy Aquaculture (Netherlands)
- INACUI S.A. (Chile)
- PRAqua (Canada)
- Aquatec Solutions (Denmark)
- OCEA (ex-Hydrogest) (Norway)
- AKVA Group



PRODUCCION EN SAR DE SALMON EN CHILE

LINEA DE TIEMPO

Proyectos de inversión en Sistemas Acuicolas Recirculantes para salmón Atlántico en Chile



Billund
Aquaculture
Chile S. A.

Smolt salmón Atlántico Capacidad de producción en Chile

Recirculación	45.700.000	45%
Abierto	55.300.000	55%
Total anual	101.000.000	100%

Producción de salmón Atlántico en SAR en Chile

Año	Compañía	Proyecto	Smolt 80 g	Smolt 100 g	Porcentaje
2000-2008	Camanchaca	Petrohué	18.000.000	14.400.000	39%
2006	M.Harvest	Rauco	7.500.000	6.000.000	16%
2007	Humboldt	Santa Juana	7.000.000	5.600.000	15%
2008	Sealand	Pargua	6.000.000	4.800.000	13%
2008	Invertec	Lago Verde	4.000.000	3.200.000	9%
2008	Novofish	Pargua	3.200.000	2.560.000	7%
			45.700.000	36.560.000	



Smolt

PARAMETROS DE BIOINGENIERIA PARA PRODUCCION DE SMOLT EN CHILE

Parámetro	Unidad	Valor
Densidad máxima	Kg/m ³	45
Temperatura	°C	15.5
Oxígeno	% Sat	80 - 120
CO ₂	mg/L	< 15
pH	-	7.1 - 7.4
Salinidad	g/L	1.8 - 3.5
N-NH ₃	mg/L	0.005
NO ₂	mg/L	0.7
NO ₃	mg/L	48



- Inicial W
 - Primera alimentación = 0.2 g;
 - Fingerlings = 12 g;
 - Smolts = 50 g
- Volumen del tanque de cultivo
 - Primera alimentación = 2 a 7 m³;
 - Fingerling = 15 a 60 m³;
 - Smolts = 80 a 500 m³.
- Densidad máxima
 - Primera alimentación = 35 Kg/m³
 - Fingerlings = 35 Kg/m³
 - Smolts = 45 Kg/m³
- Make up water o agua fresca
 - 10% a 35% del volumen total del sistema al día



Producción con juveniles (fingerlings) de salmón Atlántico de 40 g a smolt 200 g

Salinidad entre 5 y 11 ppt, dependiendo del peso del pez y de la estrategia de smoltificación.

10 tanques de cultivo de 15 m diámetro y 500 m³ cada uno.

8 biofiltros sumergidos y 1 biofiltro fluidizado.

Caudal de 8.000 m³/h.

2 reactores UV con intensidad de 200 (mW/cm²/s) cada uno.

2 bombas de succión de agua de mar con 150 m³/h cada una,

- **filtros de arena,**
- **Ozona a 0,2 mg/L, o 30g de Ozono/h**
- **UV.**





SAR versus flujo abierto - producción anual de smolt

Ítem	SAR	Flujo abierto
N° smolts	14.000.000	14.000.000
N° ovas	20.000.000	28.000.000
m ³ por estanque de smoltificación	10.000	20.000
Batch	4	2
N° smolts/m ³ estanque	1.400	700
m ³ / efluente diario	5184	480.000
Labor	55	120
Camanchaca		
Mortalidad (%)	28	48
Factor de Conversión	0,8	1,2
N° ovas/smolt	1,2 a 1,5	3,1 a 3,5
Aguila & Silva, 2008. Aqua(20) 120:8-14		

Costos de Producción entre SAR y Flujo Abierto

Costo de Producción USD/unidad	SAR	Flujo Abierto
Costo ova	0,21	0,30
Costo alimento	0,17	0,18
Costo de Producción	0,60	0,59
Costo del smolt	0,98	1,07
Costo de vacuna	0,28	0,28
Total costo smolt @ cultivo	1,26	1,35
Usando energía pública	- 0,11	
Costo smolt	1,15	



Taken by Esteban Empananza

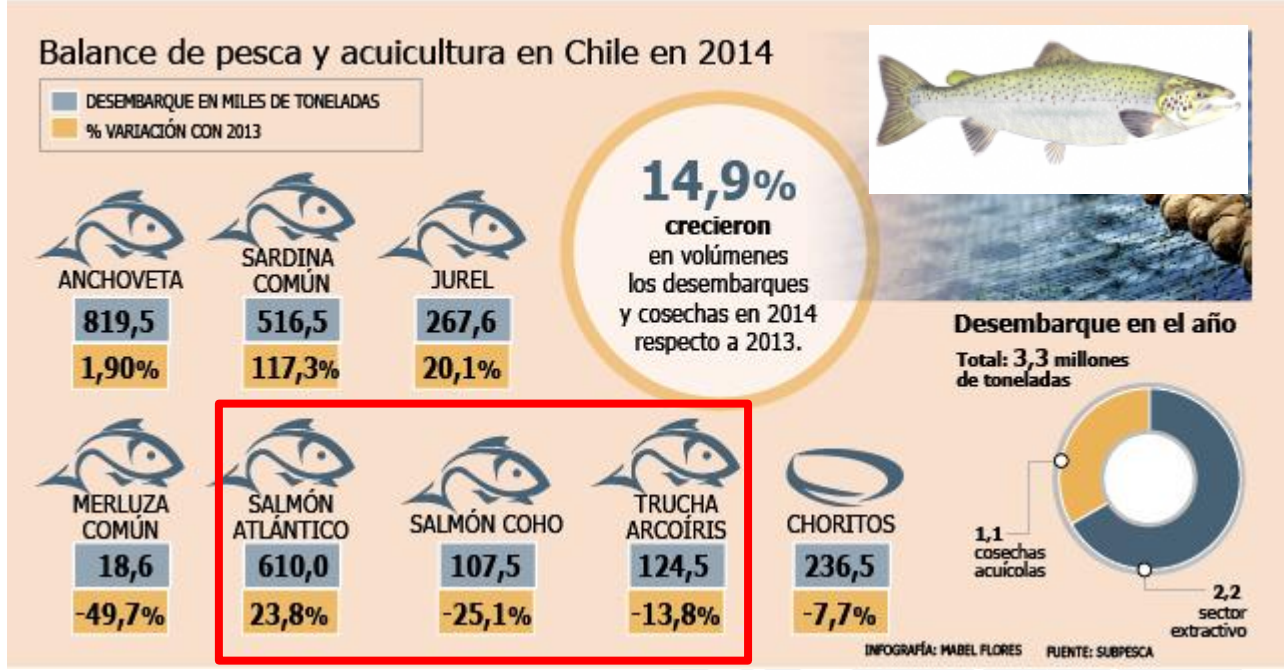
Calidad de agua efluentes de Producción SAR y Flujo Abierto

Parámetro por kg pez producido	SAR	Flujo Abierto
Uso de agua, m ³	0,8	95 (38 – 330)
Energía consumida. kWh	4,1	4,3 (0 – 9,7)
Sólidos suspendidos, g	16,6 (3,9 – 60)	806 (41 – 1612)
Nitrógeno total, g	19,7 (9,4 – 80)	72,3 (26 – 115)

Bergheim, A., H. Thorarensen, A. Dumar, A. Josang, O. Alvestad y F. Mathisen



Taken by Esteban Empananza



842 TM

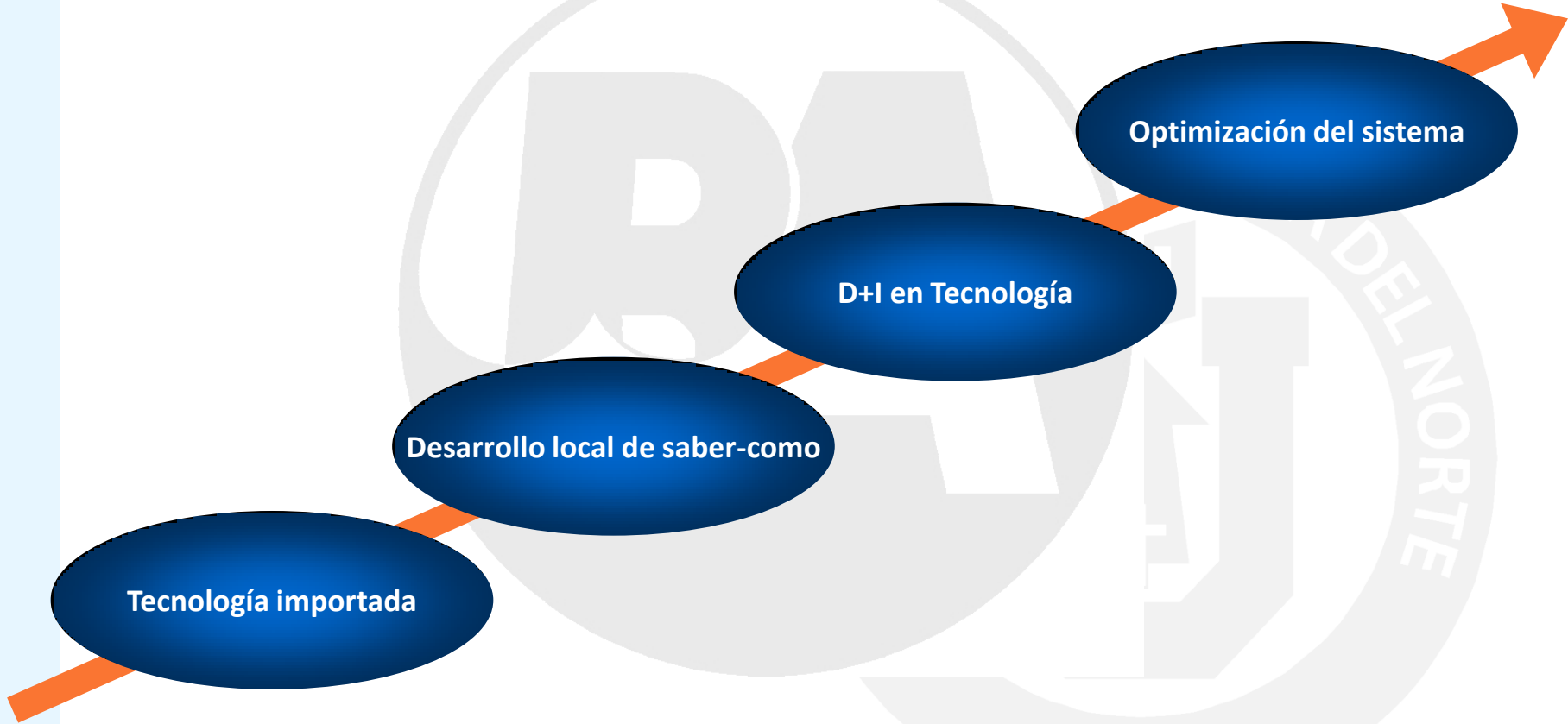
Para producir 1.000.000 T salmón y trucha peso 4,5 kg y 20% mortalidad

Se requieren 300.000.000 smolt de 100 g30.000.000 kg o 30.000 T
smolt de 200g 60.000.000 kg o 60.000T

	Flujo abierto	SAR
1 Tonelada smolt	17.000 m3	334 m3
30.000 T @ 100 g	510 millones m3	10 millones m3
60.000 T @ 200 g	1.000 millones m3	20 millones m3
Tiempo cultivo	2 años	8 meses

INVESTIGACION Y DESARROLLO EN SAR COMERCIAL

Evolución de la tecnología SAR en Chile Producción de smolt de salmón Atlántico



Billund
Aquaculture
Chile S. A.

Evolución de la tecnología SAR en Chile

Producción de smolt de salmón Atlántico

Consumo eléctrico

$$P = \frac{\gamma * Q * H}{\eta}$$

5
KW/Kg alimento



2 - 2,5
KW/Kg alimento



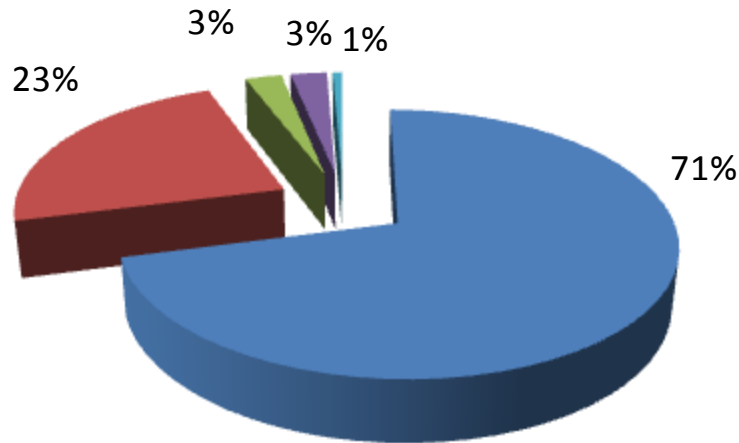
Billund
Aquaculture
Chile S. A.

Energía



Culture Center Energetic Global Consume 100 Metric Tons.

- Pump Station
- Blowers
- Filters Afluent
- Filters Efluent



Caso 1: Sistema a flujo abierto

Descripción

Tanques de cultivo: 267 raceways
Volumen/Tanque: 9 m³
Recambio de agua: 1 recambio/h
Presión de descarga: 15 m.(ph)+ 5 m.(pl)
Agua nueva afluente: 100% flujo operacional
Flujo de aire: 12 scfm/tanque



Caso 2 Sistema Acuicola Recirculante

Descripción

Tanques de cultivo: 267 raceways

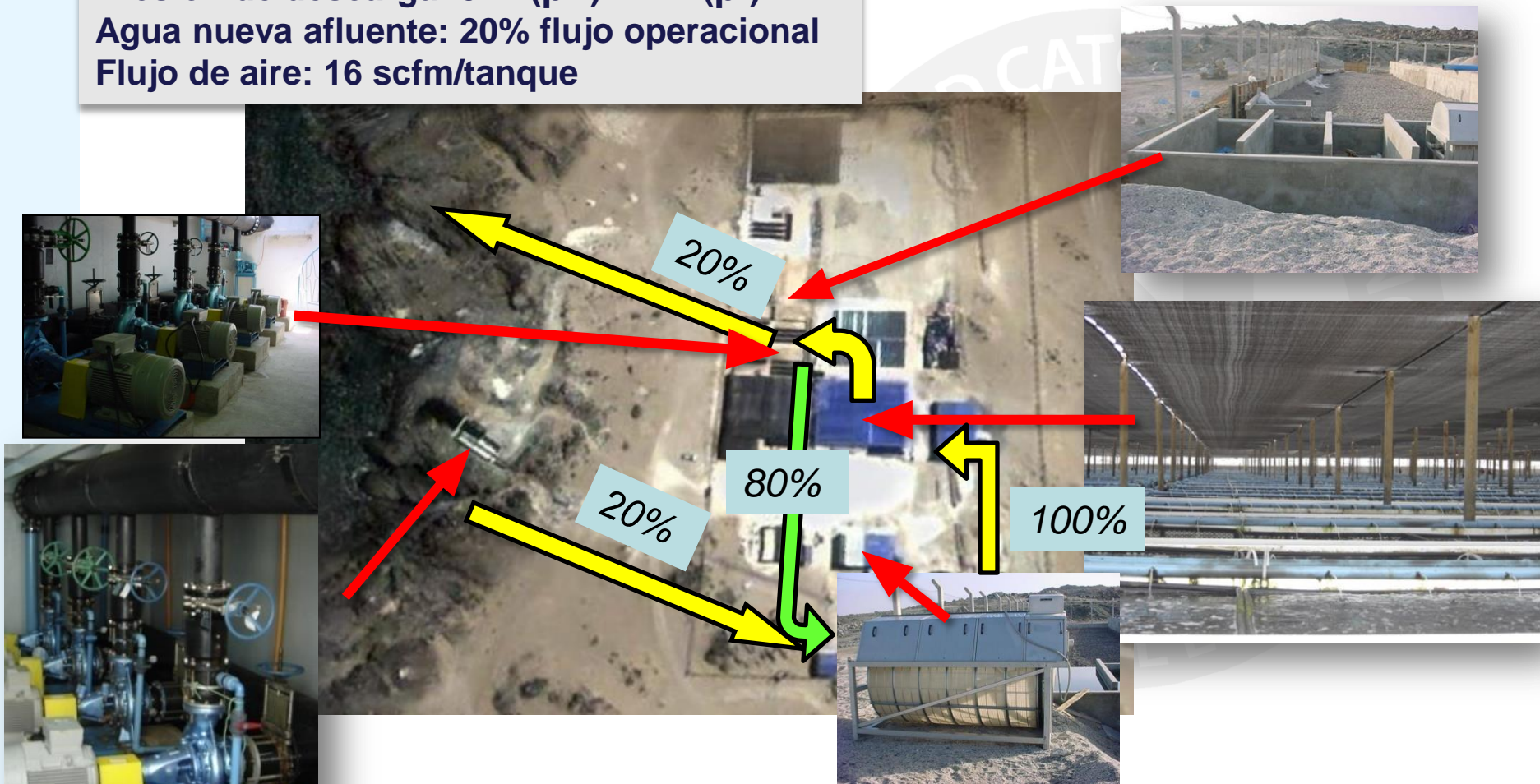
Volumen/Tanque: 9 m³

Recambio de agua: 1 recambio/h

Presión de descarga: 5 m.(ph)+ 2 m.(pl)

Agua nueva afluente: 20% flujo operacional

Flujo de aire: 16 scfm/tanque





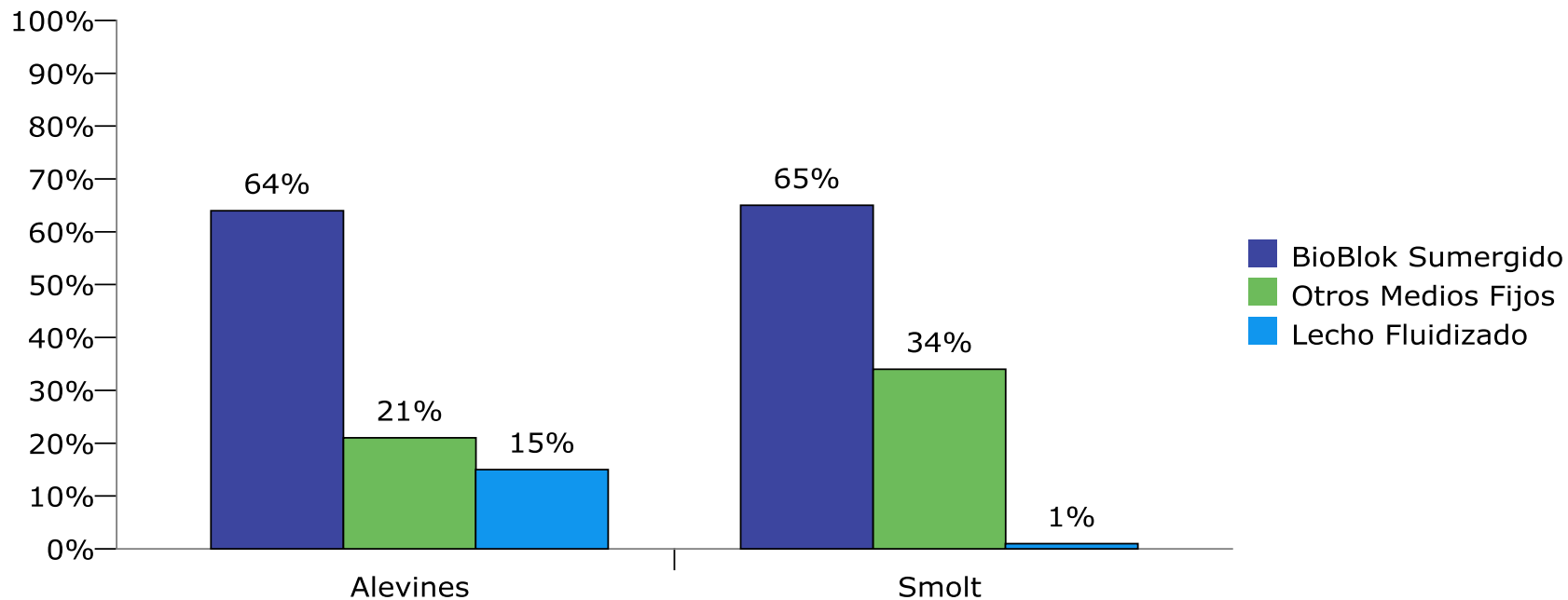
Análisis de Costos Operacionales en un centro de abalones emplazado en tierra con capacidad de producir 100 ton anuales

(*) US\$: 620 Chilean pesos/ US\$

Costo de cada sistema empleado

	Flujo Requerido	Tasa de recambio de agua del estanque/hora	Consumo KW	Costo KW-h US \$	Consumo Total mensual US \$	Consumo Total Anual (US\$*)	Cpnsumo (KW) Ciclo total de cultivo (4 años)
Case 1 Flujo Abierto	2400 m ³ /h (100% afluyente) 3200 scfm Aire	1	233	0,12	23.215	278.580	1.114.320
Case 2 SAR 80%	480 m ³ /h (20% afluyente relacionado con el flujo operacional) 3200 scfm Air	1	142	0,12	14.058	168.696	674.784

Tendencia en sustratos y tipos de biofiltro



Sistemas de Biofiltración

Biofiltro sumergido

Biofiltro fluidizado

Bio-Bloks

150-200 m²/m³

Bio-Cells

650 m²/m³

0.55m x 0.55m x 0.55 m
cada uno

200 m² / m³

7.5 – 10 m³/m² h

Tasa de nitrificación de diseño

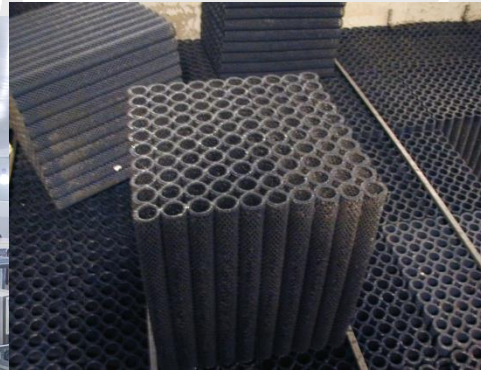
0.45 g TAN / m² / d

90 g TAN / m³ / d

(Losordo et al.)

Aprox. 3 kg alimento/d
por metro cúbico de sustrato

(\$212 - \$353 / metro cúbico)



Billund
Aquaculture
Chile S. A.

TORRE CONTACTO OZONO

- Diámetro: 3.5m
- Altura: 6.0m
- Volumen: 58m³
- Material: FPR ozone resistant
- Tiempo de contacto: 4.17min at 834 m³/hr
- Velocidad de ascenso: 0.024 m/s



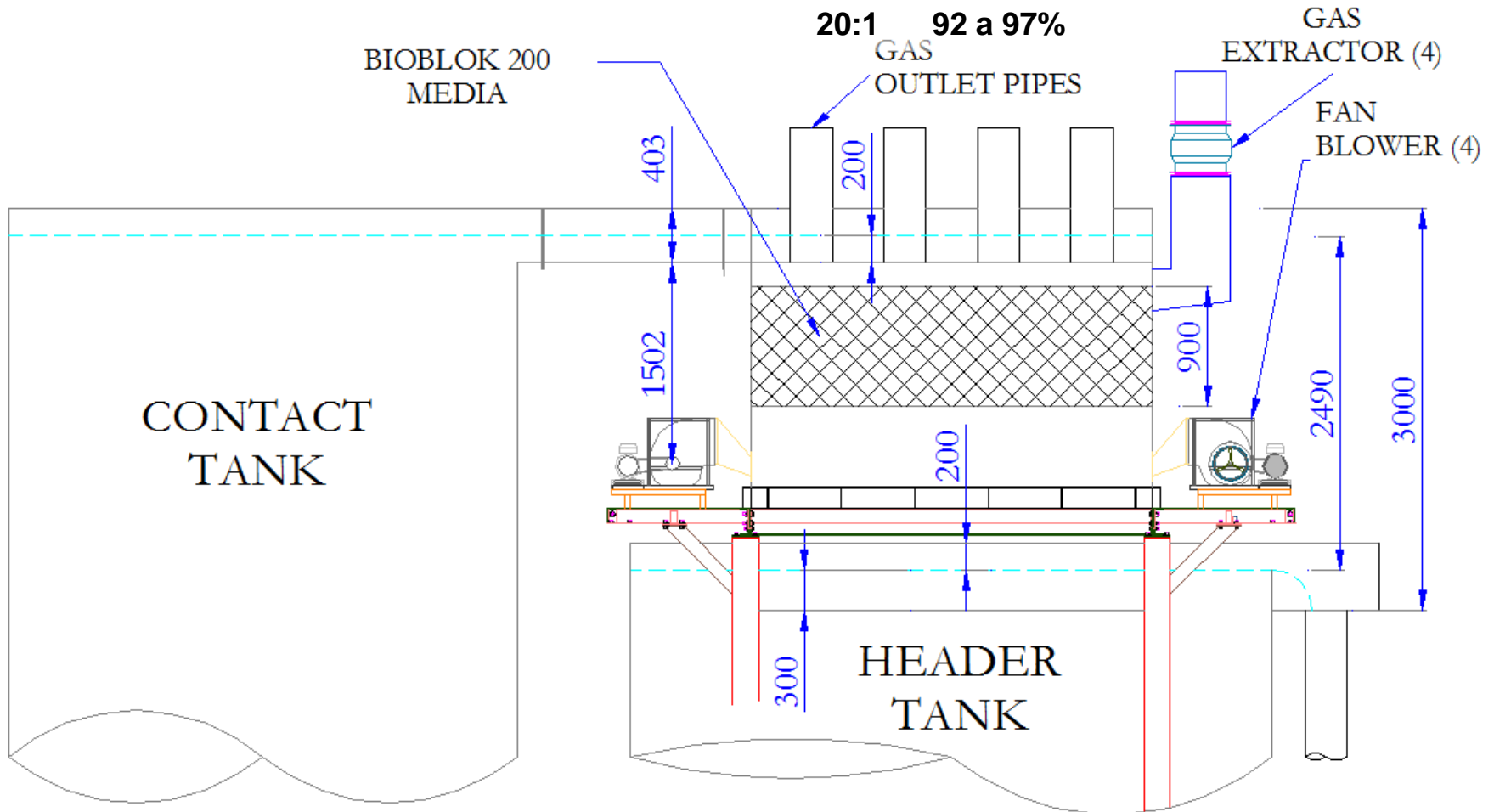
Torre de contacto 6.0 m



Efluente de la torre de contacto

DESINFECCION DEL AGUA CON OZONO Y UV

G:L	Remoción
0:1	67 a 73%
12:1	81 a 87%
20:1	92 a 97%

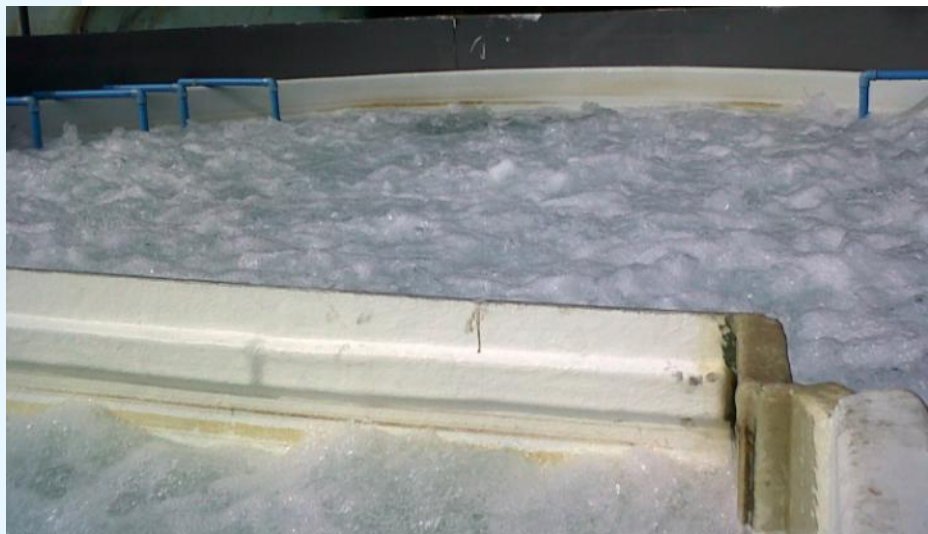


Torre de contacto y torre de desorción de gases (dimensiones en milímetros)

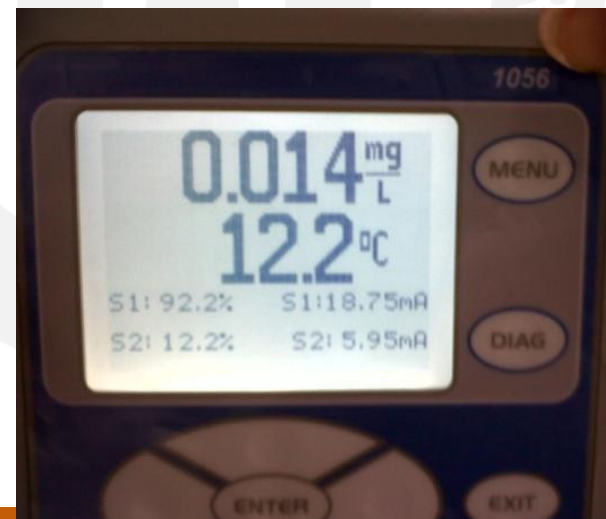
DESINFECCION DEL AGUA CON OZONO Y UV



Aquaculture solutions



**Eff.
98.4%**



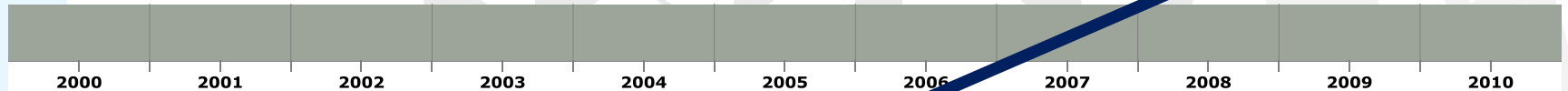
Evolución de la tecnología SAR en Chile

Producción de smolt de salmón Atlántico

Incremento en tasa de recambio

2- 2,5 cambios/h

12 – 15 mg/L CO₂



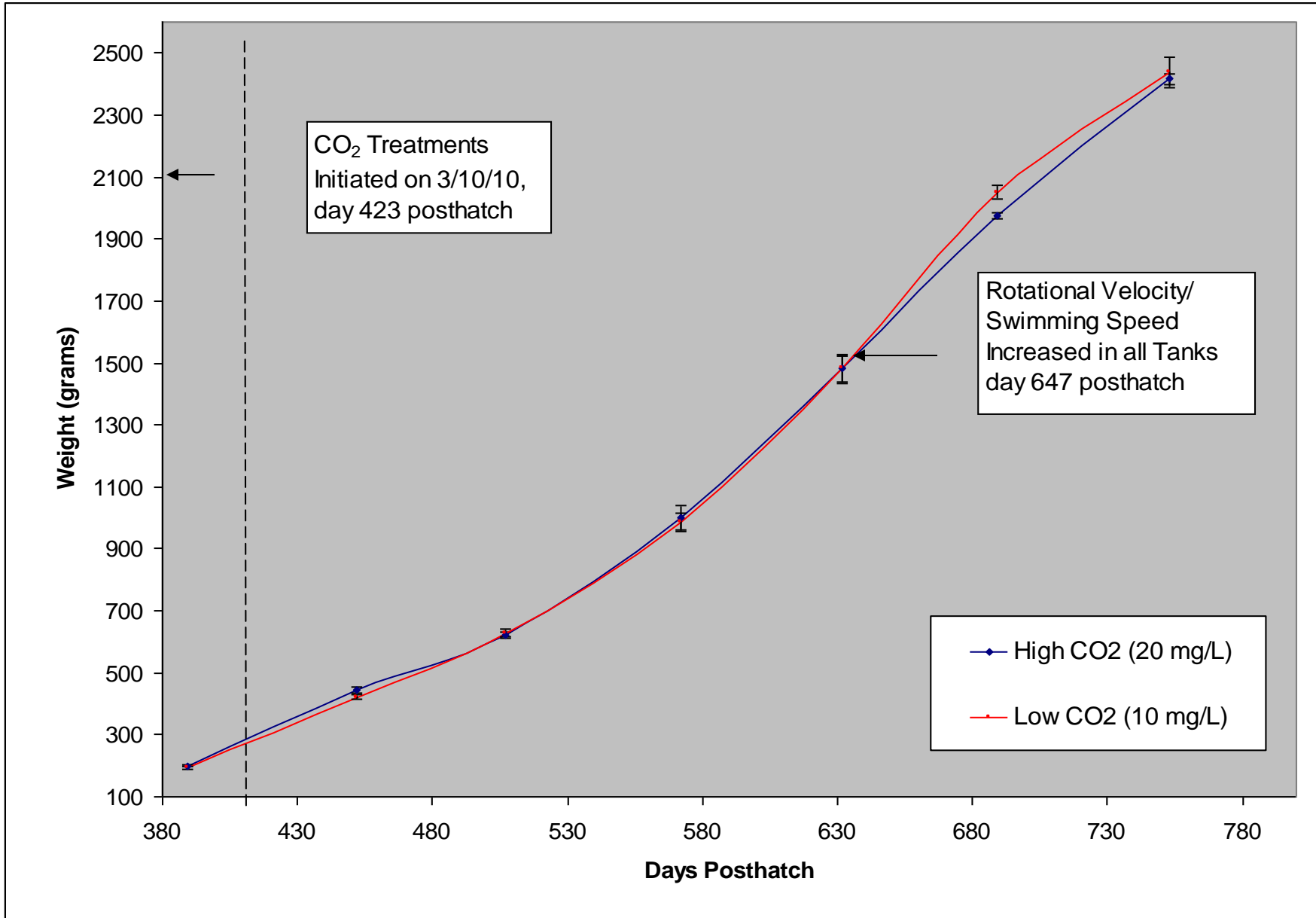
1,5 cambios/h

20 – 25 mg/L CO₂

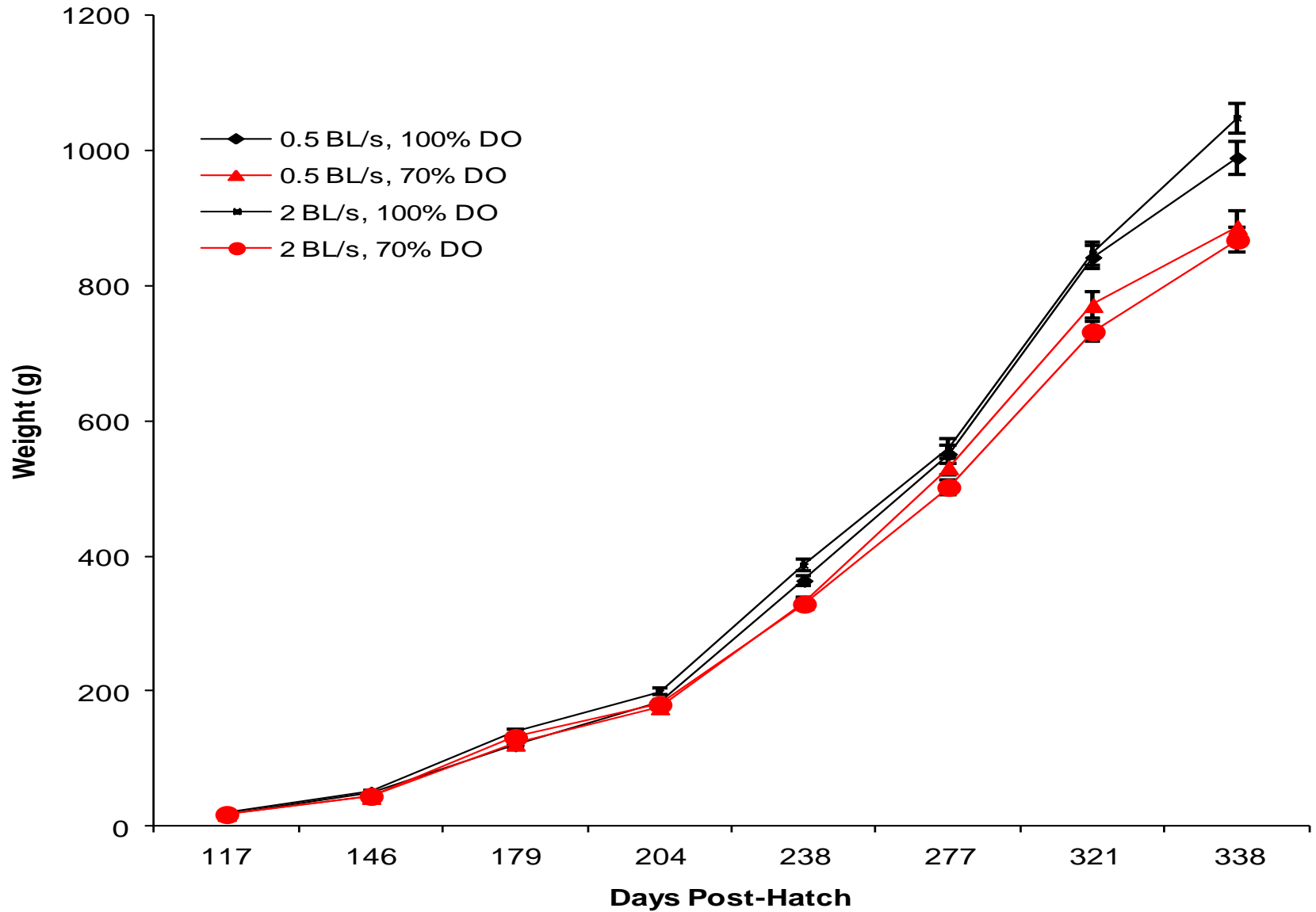


Billund
Aquaculture
Chile S. A.

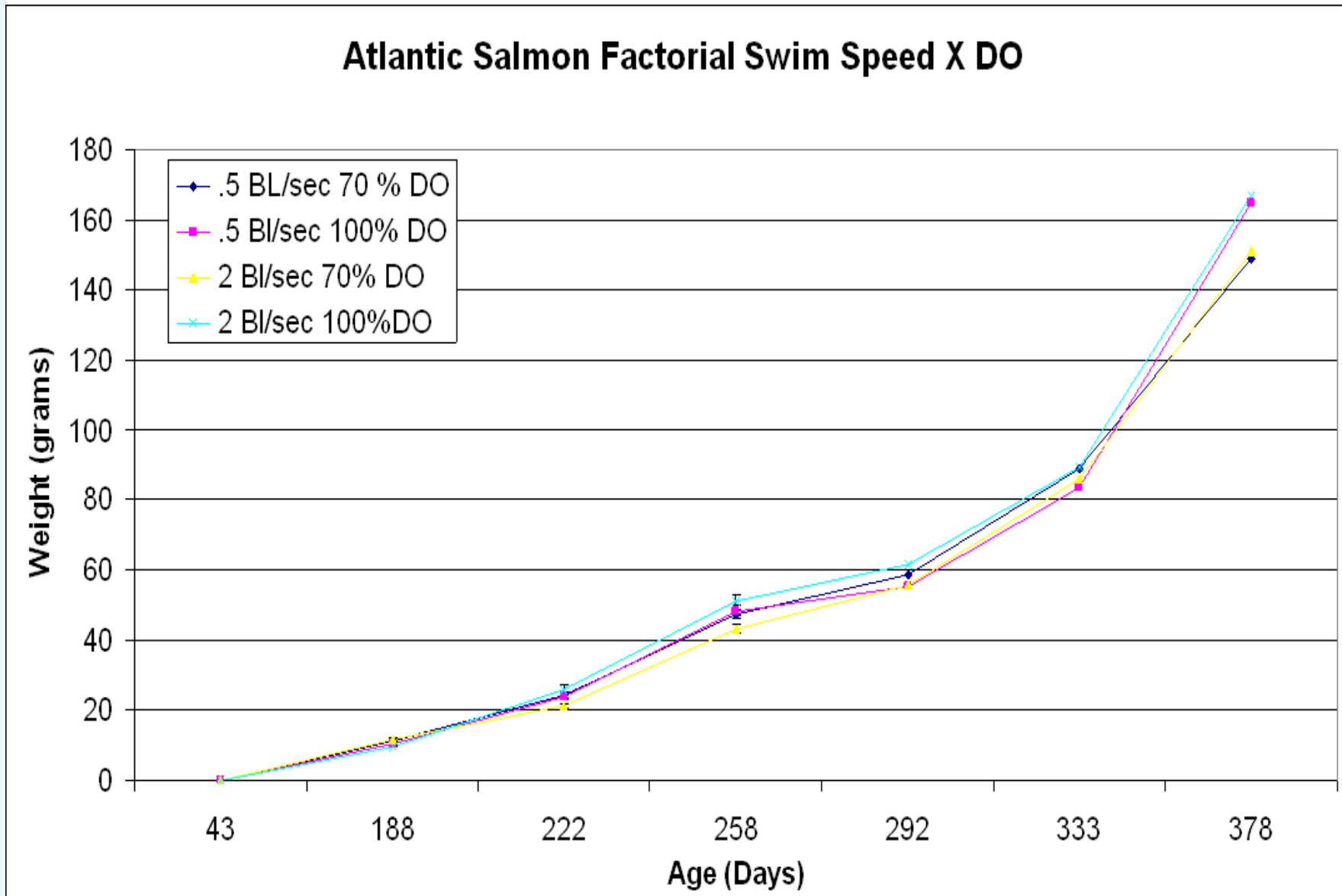
Crecimiento de salmón Atlántico - CO₂



Crecimiento de trucha arcoiris - velocidad



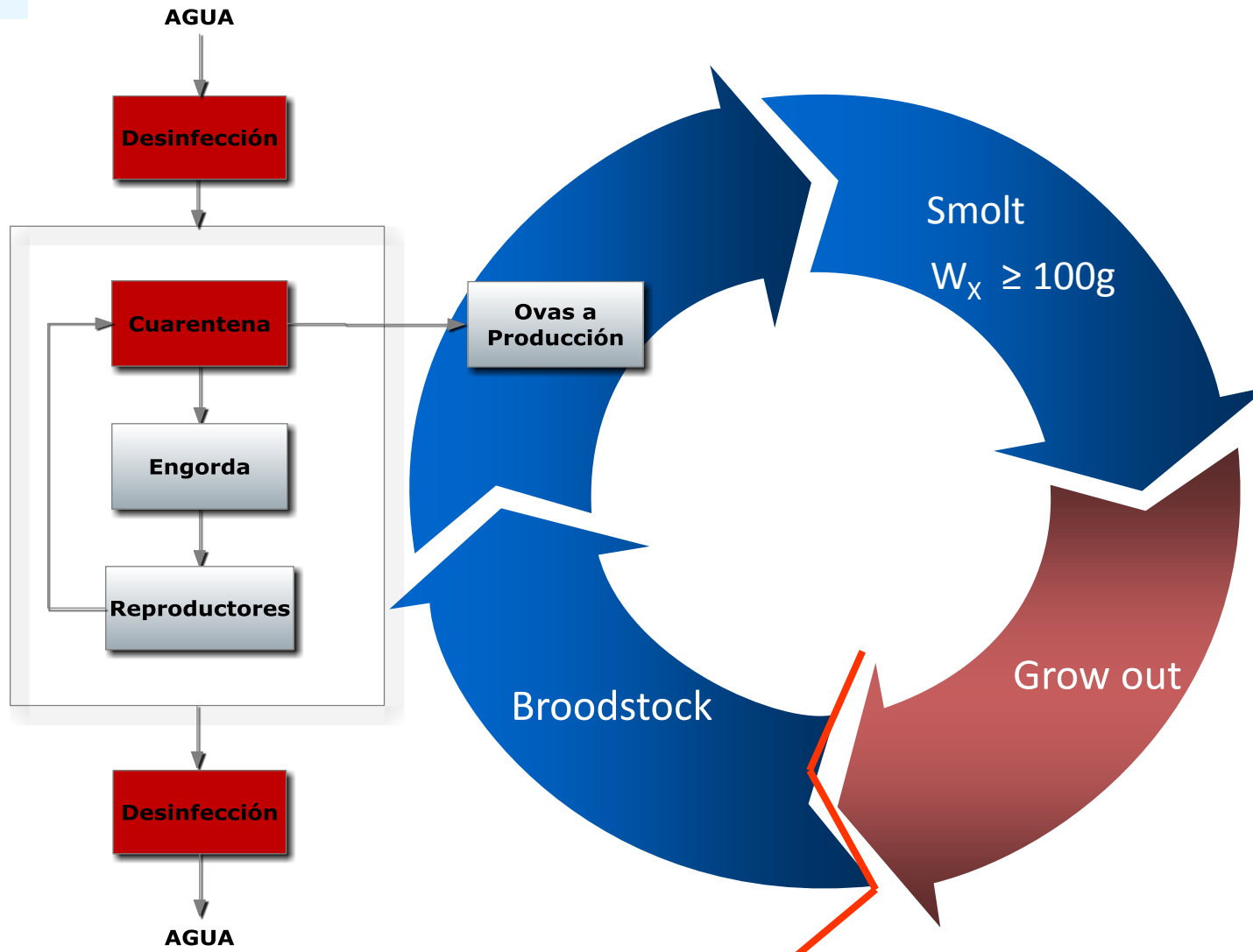
Crecimiento de salmón Atlántico - Velocidad



- Sistemas SAR constituyen una oportunidad real de producción:
 - Legislación Chilena exige altos estándares de calidad de aguas efluentes
 - Estándares de bioseguridad para reproductores: deben permanecer toda su vida lejos del océano
 - Mayores tasas de crecimiento en comparación a flujo abierto
- Experiencias con SAR comerciales para producción de smolt y reproductores de salmón Atlántico han sido exitosas

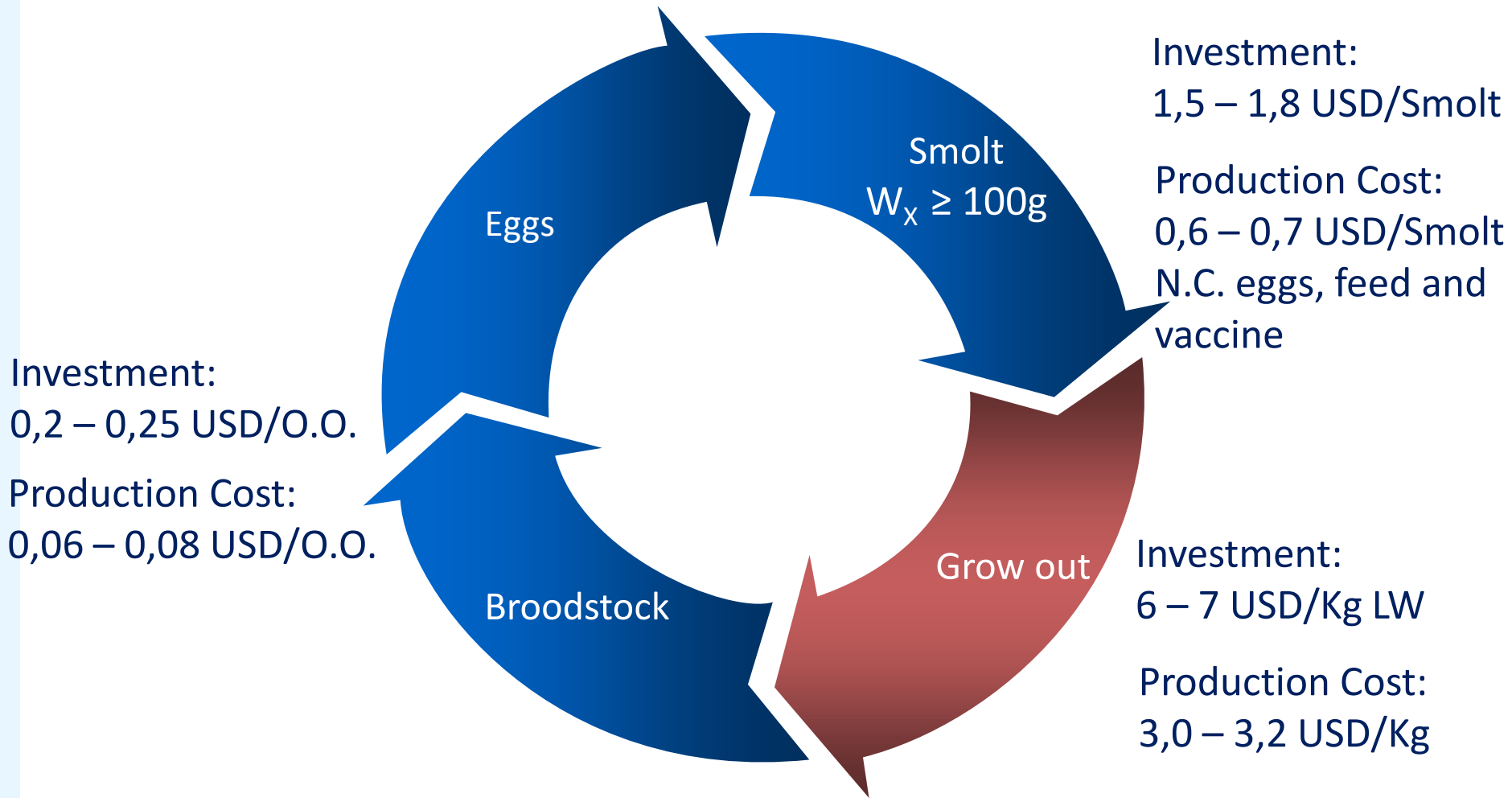
Trends

RAS and the new productive model

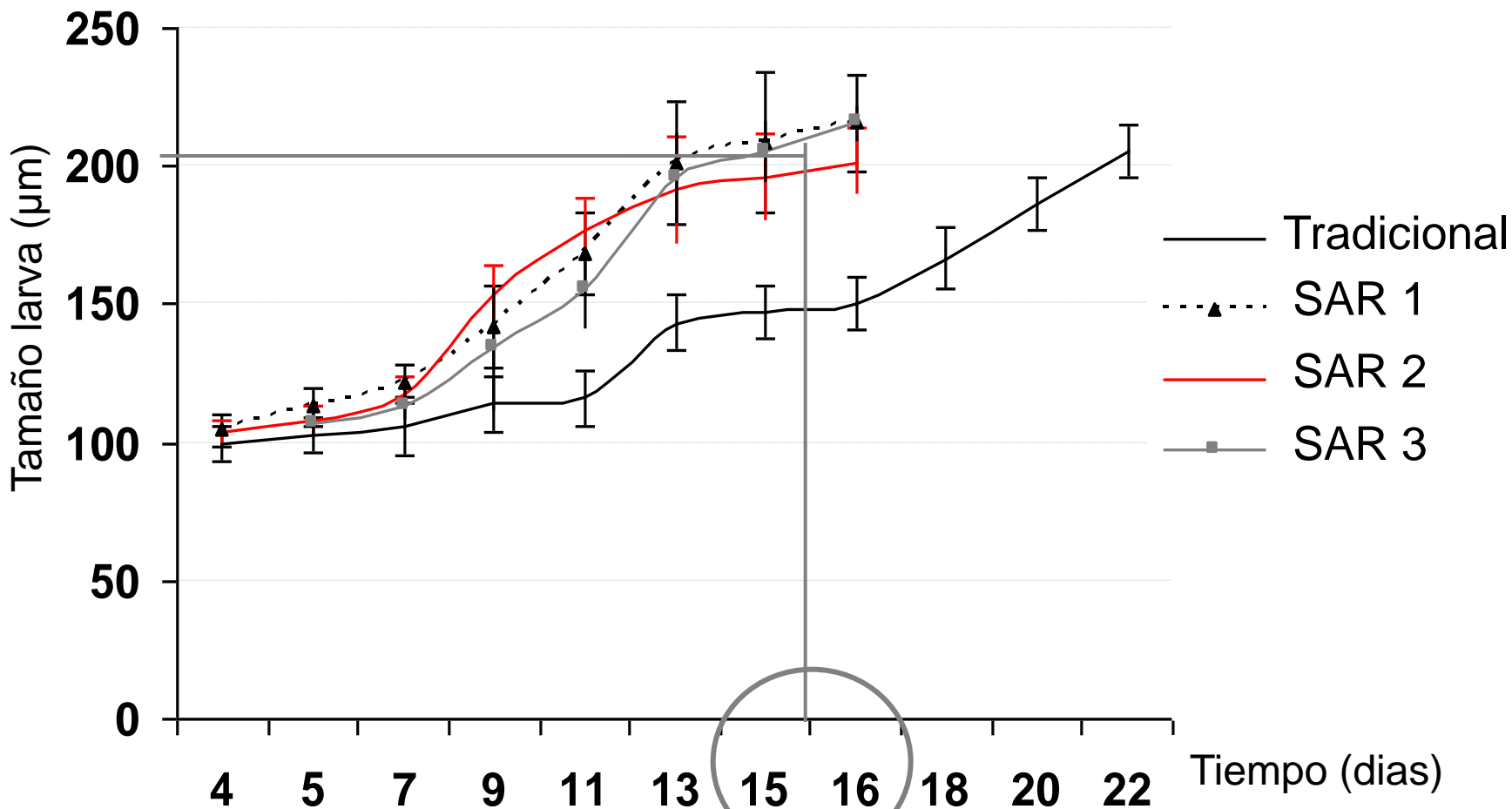


Trends

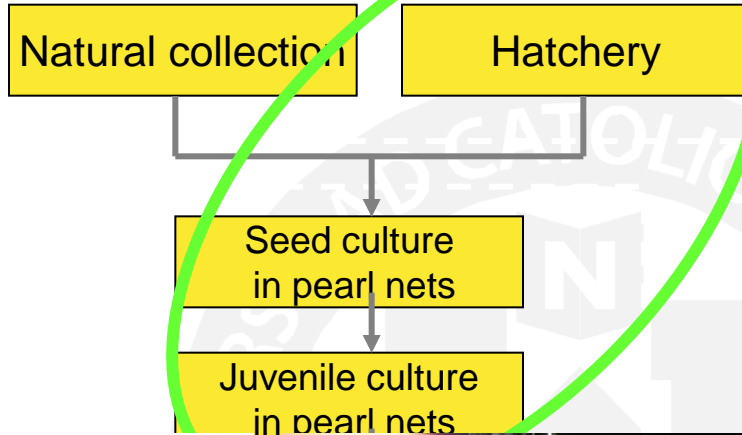
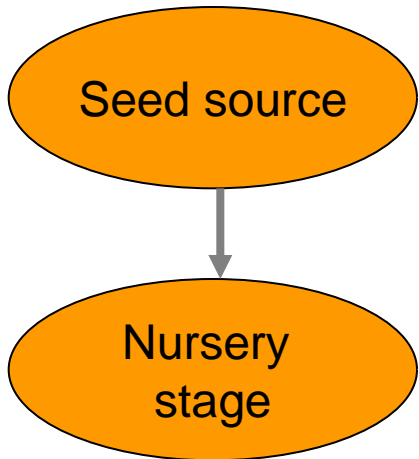
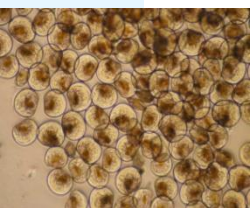
RAS and the new productive model



Crecimiento de estadios larvales de Ostión del norte *A. purpuratus*



Culture stages





Ingeniería Aplicada a la Acuicultura

Dimensionamiento y Operación de Instalaciones en Acuicultura

Germán E. Merino, PhD

gmerino@ucn.cl

Joel Barraza, Ing. Civil Mec.

jbarraza@ucn.cl

José Bakit, Ing. Civil Quim.

jbakit@ucn.cl

