

UN ESTUDIO COMPARATIVO DEL CULTIVO DE *Oncorhynchus kisutch* W. EN ESTANQUES COSTEROS Y BALSAS JAULAS EN EL SUR DE CHILE

ALBERTO MEDINA¹, NELSON M. PARDO¹, CARLOS O. VARGAS¹, JUAN C. URIBE¹ y ALEJANDRO H. BUSCHMANN¹

ABSTRACT: Medina, A.; Pardo, N.; Vargas, O.; Uribe, J. & A. Buschmann. 1993. A comparative study of *Oncorhynchus kisutch* W. culture of land-based tanks and floating-cages in southern Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso* 28(2): 247-259.

Salmon cultivation in Chile has expanded considerably over the last years. This activity is carried out by cultivating the fishes in floating cages during the marine phase. However, the utilization of land-based onshore culture tanks may permit the optimization of several culture processes and also allow the treatment of the fish effluents thus minimizing the environmental impact of this human activity. The cultivation of *Oncorhynchus kisutch* in land-based tanks demonstrated that it is feasible to increase the growth rates at high densities (above 14 kg m⁻³). When the mortalities and the food conversion index of the fishes cultivated in the tanks are compared with those obtained from the cultivation of fishes in floating cages, it can be determined that the mortality and the food conversion can be reduced by optimizing the cultivation process without significantly affecting the growth per thermal units and the condition index of the fish.

Key words: Condition index, food conversion, growth, mortality, *Oncorhynchus kisutch*, Chile.

RESUMEN: Medina, A.; Pardo, N.M.; Vargas, C.O.; Uribe, J.C. & A.H. Buschmann. 1993. Un estudio comparativo del cultivo de *Oncorhynchus kisutch* W. en estanques costeros y balsas jaulas en el sur de Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso* 28(2): 247-259.

El cultivo de salmonídeos ha evidenciado una gran expansión en Chile en los últimos años. Esta actividad se realiza fundamentalmente en su fase marina en balsas jaulas, sin embargo, el efectuar el cultivo de esta fase en estanques costeros permite optimizar diferentes procesos del cultivo así como la posibilidad de tratar los efluentes para minimizar el impacto ambiental que esta actividad puede tener. El cultivo de *Oncorhynchus kisutch* (salmon coho) en estanques costeros demostró que es factible incrementar el crecimiento a altas densidades (superiores a 14 kg m⁻³). Al comparar las mortalidades y las tasas de conversión de alimento entre el cultivo en balsas jaula y en los estanques costeros se estableció que es posible reducir las mortalidades así como la conversión del alimento al utilizarse un sistema de cultivo intensivo en estanques sin afectar las tasas de crecimiento por unidad térmica ni el índice de condición de los peces.

Palabras claves: Conversión de alimento, crecimiento, estanques costeros, índice de condición, mortalidad, *Oncorhynchus kisutch*, Chile.

¹ Universidad de Los Lagos, Departamento de Acuicultura, Casilla 933, Osorno, Chile.

INTRODUCCION

El cultivo de varias especies de salmonídeos ha evidenciado una gran expansión en Chile en los últimos años (Boeuf *et al.* 1992). La mayor parte de estas actividades se han realizado en el sur de Chile, por cuanto es en esta región donde existen bahías y fiordos protegidos del oleaje las que permiten la instalación de sistemas flotantes. Tradicionalmente la fase marina del cultivo de salmonídeos se realiza en balsas-jaulas y por ello la exposición al oleaje limita o impide las actividades de cultivo en otras regiones del país. El cultivo de salmonídeos en su fase marina no se ha realizado en estanques por la presunción de una importante elevación de los costos, debido a los requerimientos de infraestructura en tierra y por los costos de bombeo del agua, principalmente. No obstante, esta posibilidad permitiría ampliar las zonas geográficas donde el cultivo de salmones sea posible, puesto que se independiza de las condiciones de protección del oleaje locales. Actualmente, la mayor parte de las bahías costeras adecuadas para el cultivo están utilizadas existiendo una restricción espacial para la expansión de la actividad.

El uso de estanques costeros para el cultivo intensivo de salmonídeos permitiría además aumentar los niveles de control del impacto ambiental de esta actividad productiva, al poder efectuarse tratamiento de los efluentes (Seymour & Bergheim 1991), así como podría permitir un mejor tratamiento de patologías y de la dosificación de la alimentación. A su vez, los diferentes y complejos efectos ambientales que el cultivo de peces puede causar (ver revisiones de Folke & Kautsky, Gowen & Bradbury; López *et al.* 1988, López & Buschmann 1991) pueden

llegar a repercutir negativamente sobre el éxito del cultivo mismo. En Chile un bloom de la chloromona *Heterosigma akashimo* (Hada) causó pérdidas por 12 millones de dólares en septiembre de 1988 y no puede descartarse la hipótesis que los propios cultivos pudiesen haber exacerbado esta situación (Black *et al.* 1991). El uso de estanques costeros permite prevenir los efectos de estos fenómenos con el uso de filtros o solamente captando el agua de mar a profundidades donde la concentración de estos organismos ya no sea un problema. El desarrollo del cultivo de peces en estanques implica determinar las capacidades de carga del sistema y la densidad óptima de cultivo de los peces, requerimientos de oxígeno, eliminación de compuestos tóxicos de excreción de los peces y los requerimientos de flujo de agua, entre otros (Sowerbutts & Forster 1981, Colt & Watten 1988, Fivelstad 1988, Fivelstad *et al.* 1991). En general, el cultivo intensivo de peces en estanques en su fase marina está limitado por la disponibilidad de oxígeno disuelto, sin embargo resultados del cultivo de *Salmo salar* L. en estanques han demostrado que el amonio no ionizado también puede convertirse en un factor limitante si existe un alto pH (Fivelstad *et al.* 1991).

En el presente trabajo se explora la posibilidad de cultivo de salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) a densidades superiores a las utilizadas en el cultivo de esta especie en balsas jaulas, utilizando estanques costeros localizados a 30 km al sur-este de Puerto Montt en la localidad de Metri. Los resultados de la primera fase de cultivo en estanques de agua de mar se compara con los resultados de peces hermanos, cultivados a nivel industrial en balsas jaulas.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en el Centro Experimental de Acuicultura y Ciencias del Mar ubicado en Bahía Metri (41°36'S; 72°42'W). Se realizaron estudios sobre el cultivo en su fase marina en estanques costeros de *Oncorhynchus kisutch* (salmon coho). El sistema de cultivo diseñado estaba compuesto por un sistema de 3 electrobombas de 5HP que proveían de un flujo de agua de hasta 1500 LPM a un estanque distribuidor de 2 m³ de fibra de vidrio. El estanque distribuidor alimentaba a 8 estanques circulares de 7 m³ útiles cada uno construidos en fibra de vidrio para el cultivo de los peces. Los efluentes del cultivo de salmonídeos en estanques fueron reutilizados para el cultivo en estanques y piletas del alga productora de agar como un medio para disminuir el impacto ambiental del cultivo intensivo de peces (Bravo et al. 1992, Buschmann et al. en prensa).

Los individuos de *Oncorhynchus kisutch* transportados a Bahía Metri para su cultivo en estanques provenían de la Piscicultura Experimental Lago Rupanco (40°50'S; 72°24'W). Los peces transportados tenían un nivel de actividad específica de la Na⁺/K⁺-ATPasa branquial de $22,9 \pm 5,8$ μ moles de PO₄³⁻/mg proteína/h (metodología para la determinación de la actividad enzimática está descrita por Vial & Uribe 1987). Un número de 800 peces fueron transportados en diciembre de 1990 y aclimatados por una semana en los estanques de cultivo antes de comenzar la experiencia. Durante

enero, se realizó un primer muestreo para determinar el peso y la longitud inicial de una muestra de 30 individuos por estanques tomados al azar.

Posteriormente los peces fueron distribuidos en cuatro estanques. En dos estanques se colocó número de 100 peces (lo cual equivale a 0,3 kg/m³) en tanto que en otros dos se colocaron 200 peces a una densidad de 0,6/m³ por estanque.

Diariamente se les suministró a los peces alimento extruído IANSA durante las primeras horas de la mañana (7-10 h) y durante la tarde (16-18 h). El tamaño del pelletizado varió de acuerdo las tallas de los peces. La dieta fue calculada en base al porcentaje del peso corporal (% PC) determinado por la expresión señalada por Westers (1979):

$$\% \text{ PC} = (\text{Temperatura} \times 3 \times \text{CUT} \times C \times L^{-3}) \times 100$$

Donde: el CUT es el crecimiento por unidad térmica (incremento en cm/días/°C); C es la conversión del alimento (kg alimento suministrado/kg de incremento en biomasa de los peces); y L es la longitud del pez en centímetros.

Diariamente se ajustaron los flujos de agua para mantener los niveles de oxígeno disuelto por sobre un valor de 5 mg/l, considerando la carga de peces en cada estanque. Se determinó el caudal de agua requerido (LPM) por estanque según Westers (1979) donde:

$$\text{LPM/kg de pez} = \frac{\text{mg O}_2 \text{ consumido/ kg alimento}}{(\text{C}_{\text{out}} - \text{C}_{\text{in}}) \times 1,44 \times 0,7} \times \frac{\% \text{ PC}}{100}$$

Donde: LPM/kg de pez corresponde a la capacidad de carga del sistema; O_2e y O_2s es la concentración en mg/l de oxígeno a la entrada y salida de los estanques respectivamente (valor que varía entre 200 y 230); 1,44 es la constante de aporte de oxígeno y corresponde a los mg/l de oxígeno disuelto que el agua contiene durante un período de 24 h; 0,7, constante que corresponde al porcentaje de consumo de oxígeno durante el día y % PC definido anteriormente.

Diariamente se registró la temperatura del agua ($^{\circ}C$), la salinidad (ppm) y semanalmente se midió la concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en el agua a la entrada y salida de los estanques de cultivo utilizando el método de Winkler con un juego analítico Aquamerck.

Mensualmente se evaluó el peso y la longitud de los peces. Para ello se tomó una muestra al azar de 30 individuos por estanques. El peso se determinó con una balanza Sartorius (± 0.1 g) y la longitud se midió con un ictiómetro (± 0.5 cm). Para realizar el muestreo los peces fueron previamente anestesiados con MS-222 a una concentración de 50 mg/l. Con esta información se procedió a calcular el crecimiento por unidad térmica, el índice de condición (g/cm^3) y la conversión de alimento para cada mes durante el período de estudio. Además, se registró el número de individuos muertos en cada estanque diariamente, con lo cual se expresó porcentualmente la mortalidad mensual y acumulada. Los datos de longitud y peso obtenidos al final del período de estudio se compararon con un test de t previa transformación logarítmica de los datos (Sokal & Rohlf 1979). En cambio los restantes parámetros fue-

ron comparados utilizando una ANOVA de los factores (tiempo y densidad) previa transformación angular o logarítmica de los datos (Sokal & Rohlf 1979).

La información obtenida fue comparada con datos obtenidos de una empresa comercial de salmones que operó durante el mismo período con peces hermanos que fueron cultivados también en su fase de agua dulce en la Piscicultura Experimental Lago Rupanco. Los datos sobre el cultivo de salmones de la empresa provinieron de dos centros de cultivo, uno ubicado en San Agustín y otro en Calbuco. Una comparación de las temperaturas entre Metri y los dos Centros indicaron que éstas no fueron significativamente diferentes entre sí (Pardo & Vargas 1992). La información fue comparada utilizándose un test de t luego de transformar los datos logarítmicamente (Sokal & Rohlf 1979).

RESULTADOS

FACTORES AMBIENTALES

La temperatura promedio mensual durante el período experimental en Metri varió entre $16^{\circ}C$ en marzo hasta $10^{\circ}C$ en agosto de 1991. La salinidad promedio en tanto varió entre 25 a 28 ppm durante el mismo período. El oxígeno disuelto de entrada a los estanques de los peces fluctuó entre 9,0 y 9,5 mg/l en tanto que las salidas de los estanques mostraron una concentración que varió entre 5,5 y 7,2 mg/l desde marzo a agosto de 1991.

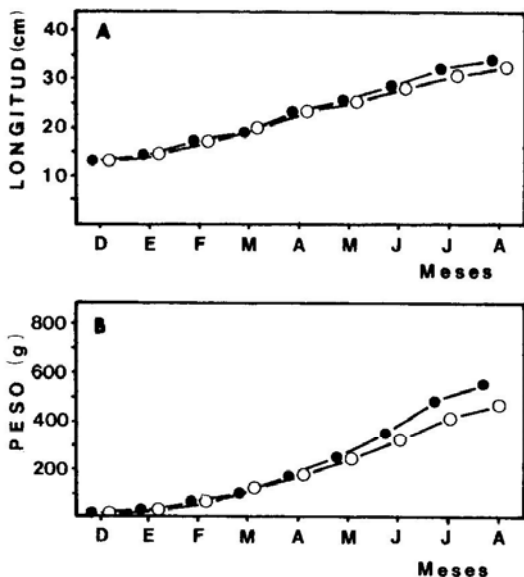


Figura 1. A) Variación mensual de la longitud (cm) y B) variación mensual del peso (g) de *O. kisutch* cultivados en estanques a dos densidades. ●= densidad alta y ○= densidad baja.

EFFECTO DE LA DENSIDAD SOBRE EL CULTIVO

Durante el período de cultivo los peces en los estanques alcanzaron una longitud de $32,53 \pm 2,39$ cm para los cultivados en baja densidad y $34,08 \pm 2,47$ cm para aquellos peces cultivados a alta densidad (Fig. 1A). El peso promedio de los peces cultivados a densidades bajas alcanzaron valores de $462,9 \pm 109,56$ g y de $552,7 \pm 133,7$ g para los peces cultivados en altas

densidades, significando esto una carga final en los estanques de $6\text{kg}/\text{m}^3$ y $14,5\text{kg}/\text{m}^3$ respectivamente (Fig. 1B). Tanto las longitudes y pesos al final de la experiencia resultaron ser significativamente diferentes (Longitud: $t=2,87$; 79 g.l. ; $P<0,05$; Peso $t=3,31$; 79 g.l. ; $P<0,05$), indicando que los peces que se encontraban a mayores densidades alcanzaron tallas y pesos más altos.

Las mortalidades de los peces promedio durante el período fue de $1,4 \pm 0,87\%$ para los peces cultivados a altas densidades, siendo este valor significativamente menor ($F=5,043$; $P<0,05$) a las mortalidades promedios encontradas en

los estanques con una baja densidad de peces las que alcanzaron un valor igual a $1,93 \pm 1,73\%$ (Fig. 2). En tanto que las mortalidades no tuvieron una variación significativa ($F= 2,142$; $P>0,05$) durante los distintos meses.

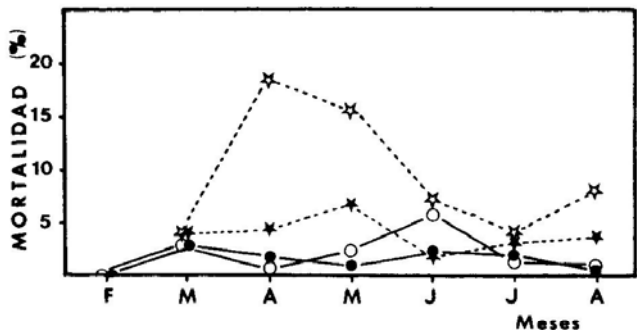


Figura 2. Variación mensual promedio de la mortalidad (%). Cultivo en estanques: ●= densidad alta; ○= densidad baja. Cultivo en balsas jaula: ★= San Agustín y ☆= Calbuco.

Los valores de crecimiento por unidad térmica (CUT) indican que la densidad de los peces no afectó esta variable significativamente ($F=1,384$; $P>0,05$) obteniéndose valores promedio de $0,0075 \pm 0,0021$ para los peces cultivados a una alta densidad y de $0,0069 \pm 0,0016$ para los peces cultivados en una densidad baja (Fig. 3). Las variaciones mensuales del CUT tampoco variaron significativamente ($F=3,962$; $P>0,05$).

El índice de condición de los peces (K) incrementó significativamente ($F=5,993$; $P<0,05$) en el tiempo desde el inicio del cultivo desde valores iguales a 0,008 hasta valores de 0,015 denotando la engorda de los peces durante el período de cultivo (Fig. 4). No se detectaron diferen-

cias significativas ($F=1,773$; $P>0,05$) entre las dos densidades de cultivo estudiadas.

El índice de conversión del alimento fue relativamente bajo a lo largo del período de estudio (Fig. 5). La conversión de alimento promedio de los peces cultivados a una mayor densidad fue menor ($1,21 \pm 0,5$) que la conversión encontrada para los peces cultivados a una menor densidad, las que alcanzaron un valor de $1,38 \pm 0,48$, pero no fueron significativamente diferentes ($F=0,415$; $P>0,05$). Sin embargo, el índice de conversión del alimento mostró variaciones mensuales significativas ($F=6,361$; $P<0,05$) al incrementar en el mes de julio a agosto de valores inferiores a 1,3 hasta valores iguales a 2.

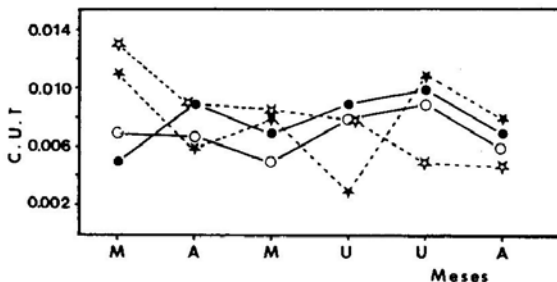


Figura 3. Variación mensual promedio del crecimiento por unidad térmica (C.U.T.). Cultivo en estanques: ●= densidad alta; ○= densidad baja. Cultivo en balsas jaula: ★= San Agustín y ☆= Calbuco.

COMPARACION DEL CULTIVO EN ESTANQUES Y EN BALSAS JAULAS.

Las curvas de mortalidades mensuales del salmón coho en balsas jaulas en ambos sitios y en los estanques para ambas densidades se señala en la Figura 2, indicando mortalidades significativamente mayores en las balsas jaulas que en los

estanques durante igual período (Tabla 1). En cambio el CUT no mostró diferencias significativas (Tabla 2) entre los peces cultivados en las balsas jaulas y en los estanques (Fig. 3). El índice de condición (K) tampoco mostró diferencias significativas (Tabla 3) entre los peces cultivados en balsas jaulas y en los estanques (Fig. 4).

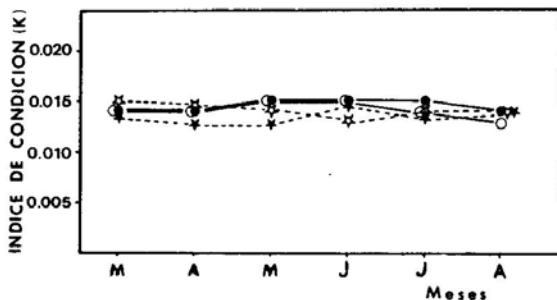


Figura 4. Variación mensual promedio del índice de condición (K). Cultivo en estanques: ●= densidad alta; ○= densidad baja. Cultivo en balsas jaula: ★=San Agustín y ☆=Calbuco.

En relación a la alimentación pudo apreciarse disminuciones significativas (Tabla 4) del índice de conversión del alimento para el caso de los peces cultivados en los estanques con respecto a los

cultivados en las balsas jaulas (Fig. 5) evidenciando un mejor aprovechamiento de la ración en el sistema de estanques descrito en este trabajo.

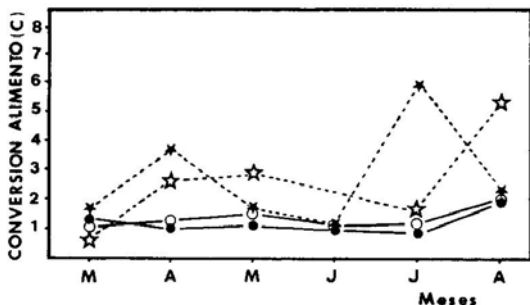


Figura 5. Variación mensual promedio del índice de conversión del alimento (kg de alimento suministrado/kg de peces producidos). Cultivo en estanques: ● = densidad alta; ○ = densidad baja. Cultivo en balsas jaula: ★ = San Agustín y ☆ = Calbuco.

DISCUSION

Los resultados encontrados en este estudio indican que la fase inicial del cultivo del salmón coho en estanque en su fase marina puede realizarse sin problemas. Los mejores resultados se obtuvieron con el tratamiento de cultivo de mayor densidad la cual alcanzó a 14,5 kg/m³ siendo ésta superior incluso a la utilizada en balsas jaulas la que no supera los 10 kg/m³ (Méndez & Munita 1989). Los resultados de experiencias realizadas con posterioridad, permitieron cultivar salmonídeos a densidades superiores a los 25 kg/m³ y obtener tallas de hasta 2 kg/pez (J.C. Uribe, comunicación personal). Este resultado implica que es posible utilizar el espacio de cultivo con una mayor eficiencia al realizar cultivos en

estanques que en las balsas jaulas, permitiendo desde un punto de vista económico reducir los costos de operación infraestructura y de depreciación de las unidades de cultivo. Además el costo de depreciación de estanques de tierra es menor que el de balsas jaulas. Ello significa que los costos de un cultivo en estanques de salmones no es necesariamente mayor y requiere ser evaluado.

Al comparar los resultados obtenidos en este estudio con aquellos de balsas jaulas se establece que un sistema de estanques permite reducir las mortalidades y mejorar sustancialmente la conversión del alimento. En general el índice de conversión del salmón coho es de 1,9 en balsas jaulas en Chile (Méndez & Munita 1989), valor superior al encontrado en

este estudio (1,2-1,3). Si consideramos que la alimentación es el ítem más importante que afecta la rentabilidad de un cultivo de salmonídeos en Chile, se puede sugerir con los resultados encontrados en este estudio una reducción sustancial de estos costos de operación utilizando un sistema de cultivo en estanques.

Estos resultados en su conjunto

apuntan a que los costos de un cultivo en estanques de salmones no sean necesariamente mayores que los de un sistema de cultivo en balsas jaulas pero requiere ser evaluado. No obstante, que los cultivos en estanques presentan una serie de características que favorecerían su desarrollo en Chile también ofrecen algunas limitantes (Tabla 5) las cuales deben ser evaluadas previo al inicio de actividades a una escala comercial.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por FONDECYT (Proyecto N° 0888-90) y Plásticos Semar S.A. El primer autor desea agradecer muy especialmente la colaboración de J.L. Segovia y J.C. Segovia para llevar a cabo este estudio. Al Sr. Rubén Oñate por facilitar los datos sobre el cultivo de *O. kisutch* en balsas jaulas merece nuestro especial reconocimiento. Agradecemos además, el apoyo en terreno de Alfonso Gutiérrez, Ramón Rebolledo, Claudio Chanceulme y Felipe Briganti durante la realización de este estudio y la ayuda de Margarita Salas y Susan Angus.

Tabla 1. Resultados del test *t* de Student, para la comparación del Porcentaje de Mortalidad de *O. kisutch* cultivado en estanques costeros v/s balsas-jaulas.

COMPARACION	*t*	GRADO DE LIBERTAD	PROBABILIDAD (p)
S. coho Baja Dens. v/s S. coho I.E - C.C.	3,804	16	p < 0,05
S. coho Baja Dens. v/s S. coho E - S.A	1,774	16	p < 0,05
S. coho Baja Dens. v/s S. coho E - C.C.	2,244	16	p < 0,05
S. coho Baja Dens. v/s S. coho E - S.A.	0,491	16	p > 0,05
S. coho Alta Dens v/s S. coho I.E - C.C.	4,414	16	p < 0,05
S. coho Alta Dens. v/s S. coho E - S.A.	3,571	16	p < 0,05
S. coho Alta Dens v/s S. coho E - C.C.	2,434	16	p < 0,05
S. coho Alta Dens. v/s S. coho E - S.A.	0,489	16	p > 0,05

C.C. = Centro Calbuco, S.A. = Centro San Agustín

Tabla 2. Resultados del test "t" de Student, para la comparación Crecimiento por Unidad Térmica de *O. kisutch* cultivado en estanques costeros v/s balsas - jaulas.

COMPARACION	"t"	GRADO DE LIBERTAD	PROBABILIDAD (p)
S. coho Baja Dens. v/s S. coho I.E - C.C.	1,203	16	p > 0,05
S. coho Baja Dens. v/s S. coho E. - C.C.	1,053	16	p > 0,05
S. coho Baja Dens. v/s S. coho E - C. C	0,044	16	p > 0,05
S. coho Baja Dens. v/s S. coho E - S.A.	0,766	16	p > 0,05
S. coho Alta Dens v/s S. coho I.E - C.C.	0,588	16	p > 0,05
S. coho Alta Dens. v/s S. coho E - S.A.	0,452	16	p > 0,05
S. coho Alta Dens v/s S. coho E - C.C.	0,035	16	p > 0,05
S. coho Alta Dens. v/s S. coho E - S.A.	0,288	16	p > 0,05

C.C. = Centro Calbuco, S.A. = Centro San Agustín

Tabla 3. Resultados del test "t" de Student, para la comparación del Índice de Condición (K) de *O. kisutch* cultivado en estanques costeros v/s balsas - jaulas.

COMPARACION	"t"	GRADO DE LIBERTAD	PROBABILIDAD (p)
S. coho Baja Dens. v/s S. coho I.E - C.C.	0,035	16	p > 0,05
S. coho Baja Dens. v/s S. coho E. - S.A.	1,999	16	p > 0,05
S. coho Baja Dens. v/s S. coho E - C. C	1,127	16	p > 0,05
S. coho Baja Dens. v/s S. coho E - S.A.	0,277	16	p > 0,05
S. coho Alta Dens. v/s S. coho I.E - C.C.	0,414	16	p > 0,05
S. coho Alta Dens. v/s S. coho E - S.A.	2,336	16	p < 0,05
S. coho Alta Dens v/s S. coho E - C.C.	0,803	16	p > 0,05
S. coho Alta Dens. v/s S. coho E - S.A.	0,061	16	p > 0,05

C.C. = Centro Calbuco, S.A. = Centro San Agustín

Tabla 4. Resultados del test t^* de Student, para la comparación de la conversión de alimento de *O. kisutch* cultivado en estanques costeros v/s balsas-jaulas.

COMPARACION	t^*	GRADO DE LIBERTAD	PROBABILIDAD (p)
S. coho Baja Dens. v/s S. coho LE - C.C.	2,259	15	p < 0,05
S. coho Baja Dens. v/s S. coho E - S.A.	2,407	15	p < 0,05
S. coho Baja Dens. v/s S. coho E - C.C.	2,366	16	p < 0,05
S. coho Baja Dens. v/s S. coho E - S.A.	1,998	16	p < 0,05
S. coho Alta Dens. v/s S. coho LE - C.C.	2,552	15	p < 0,05
S. coho Alta Dens. v/s S. coho E - S.A.	2,675	15	p < 0,05
S. coho Alta Dens. v/s S. coho E - C.C.	2,617	16	p < 0,05
S. coho Alta Dens. v/s S. coho E - S.A.	2,407	16	p < 0,05

C.C. - Centro Calbuco, S.A. - Centro San Agustín

Tabla 5. Factores que favorecen (A) y que limitan (B) el desarrollo del cultivo o engorda de salmonídeos en estanques costeros. Resumen cualitativo de resultados de los siguientes trabajos: Ackefors & Emell, 1990; Buschmann *et al.*, 1993.

A) Factores que favorecen el desarrollo:

- Número limitado de lugares óptimos para la instalación de centros industriales de cultivo en sistemas de balsas jaulas, como consecuencia de la gran expansión de la salmonicultura en el sur de Chile.
- Alto control de la transmisión horizontal de enfermedades, en relación al bajo control que presentan los sistemas de cultivo abierto (ocean ranching y balsas jaulas).
- Alto control de fenómenos oceanográficos tales como blooms fitoplanctónicos y marejadas.
- Alta capacidad de control de la cantidad y calidad del suministro del recurso hídrico utilizado para el cultivo.
- Optimización de la alimentación, así como de la adición de compuestos químicos para el control de enfermedades.
- Aumento de la eficiencia del cultivo (uso del cuerpo de agua) como consecuencia de la intensificación, reduciéndose los costos relativos de operación e infraestructura.
- Condiciones de trabajo superiores en los estanques ubicados en tierra, que en balsas jaulas.
- Superior calidad del producto, como consecuencia de la obtención de un alto porcentaje de peces que presentan en consecuencia un mejor precio.
- La infraestructura cultivo en estanques presenta una menor depreciación que las tradicionales balsas jaulas.
- Gran facilidad para tratar las aguas utilizándose biofiltros los cuales permiten reutilizar el agua y obtener con ello un retorno económico adicional.

B) Factores que limitan el desarrollo.

1. Dependencia de un flujo alto y continuo de energía para mantener el cultivo, lo que implica optimizar su uso y desarrollar técnicas para reutilizar el agua.
2. Se requiere de un mayor conocimiento biológico de las especies a cultivar.
3. Posiblemente se requieren de mayores costos de producción asociados al nivel de tecnificación (sistemas de alarma y control de flujos, equipos auxiliares de energía), sin embargo no se tienen antecedentes sobre la rentabilidad del proyecto, dado las reducciones en los costos señalados.
4. Este tipo de sistema de alta intensidad requieren de mano de obra calificada en mayor porcentaje que los sistemas tradicionales de cultivo en balsas jaulas.

LITERATURA CITADA

- Ackerfors, H. & M. Enell. 1990. Discharge of nutrients from Swedish fish farming to adjacent sea areas. *Ambio* 19:28-35.
- Boeuf, G.; Kossmann, H. & A. Medina. 1992. Le développement de la salmoniculture au Chili en 1992. *Pisciculture Francaise* 109: 5-17.
- Black, E. A.; Whyte, J.N.C.; Bagshaw, J.W. & N.G. Ginther. 1991. The effects of *Heterosigma akashiwo* on juvenile *Oncorhynchus tshawytscha* and its implications for fish culture. *Journal of Applied Ichthyology* 7: 168-175.
- Bravo, A.; Buschmann, A.H.; Valenzuela, M.E.; Uribe, M.; Vergara, P.A. & M.S. Buitano. 1993. *Gracilaria* cultivation in intertidal enclosures in southern Chile. *Aquacultural Engineering* 11: 203-216.
- Buschmann, A. H.; López, D.A. & A. Medina. 1993. Nuevas tendencias en la acuicultura: costos y tecnologías para minimizar el impacto ambiental. *Ambiente y Desarrollo* 9: 71-75.
- Buschmann, A. H.; Mora, O.; Gómez, P.; Böttger, M.; Buitano, M.S.; Retamales, C.A.; Vergara, P.A. & A. Gutierrez. *Gracilaria* outdoor cultivation in Chile: use of land-based salmon culture effluents. *Aquacultural Engineering* (en prensa).
- Colt, J. & B. Watten. 1988. Applications of pure oxygen in fish culture. *Aquacultural Engineering* 7: 397-441.
- Fivelstad, S. 1988. Waterflow requirements for salmonids in single-pass and semi-closed land-based seawater and freshwater systems. *Aquacultural Engineering* 7:183-200.
- Fivelstad, S.; Bergheim, A. & Tyvold. 1991. Studies of limiting factors governing the waterflow requirement for Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in landbased seawater systems. *Aquacultural Engineering* 10: 237-249.
- Folke, C. & N. Kautsky. 1989. The role of ecosystems for a sustainable development of aquaculture. *Ambio* 18: 234-243.
- Gowen R.J. & N.B. Bradbury. 1987. The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: a review. *Oceanography Marine Biology Annual Review* 25: 563-575.

- López, D.A. & A.H. Buschmann. 1991. Acuicultura: beneficios y riesgos de una actividad que se expande. *Ambiente y Desarrollo* 7: 109-115.
- López, D.A.; Buschmann, A.H. & M.L. González. 1988. Efectos del uso de las zonas costeras por prácticas de acuicultura. *Medio Ambiente* 9: 42-54.
- Méndez, R. & C. Munita. 1989. La Salmonicultura en Chile. Fundación Chile, Santiago, 228 p.
- Pardo, N.M. & C.O Vargas. 1992. Cultivo de *Oncorhynchus kisutch* y *Oncorhynchus mykiss* en estanques costeros en el sur de Chile (Punta Metri 41°36'S; 72°42'W). Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniería de Ejecución en Acuicultura, Instituto Profesional de Osorno, 71 p.
- Seymour, E.A. & A. Bergheim. 1991. Towards a reduction of pollution from intensive aquaculture with reference to the farming of salmonids in Norway. *Aquacultural Engineering* 10:73-88.
- Sokal, P.R. & F.J. Rohlf. 1979. *Biometría. Principios y Métodos Estadísticos en la Investigación Biológica*. H. Blume, España, 832 p.
- Sowerbutts, B.J. & J.R.M. Forster. 1981. Gases exchange and reoxygenation. In: K. Tiews (ed.), *Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems*, 1: 199-217. Heenemann Verlagsgesellschaft, Berlin.
- Solarzano, L. 1969. Determination of amonia in waters by the phenolhydrochlorite method. *Limnology and Oceanography* 14:799-801.
- Vial, M.V. & J.C. Uribe. 1987. A simple method for the determination of gill Na⁺ / K⁺ ATPase in anadromous salmonids. *Biota* 3:73-78.
- Westers, H. 1979. *Fish Culture Manual for the State of Michigan*. Michigan Department of Natural Resources, Lansing, Michigan, 200.