

RESPUESTA A LA SELECCION Y ESTIMA DE HEREDABILIDAD REALIZADA PARA EL CARACTER LONGITUD DE LA VALVA EN LA OSTRA CHILENA *Ostrea chilensis*, Philippi 1845. (*)

Trabajo presentado en las XI Jornadas de Ciencias del Mar, Viña del Mar, Mayo 1991

JORGE E. TORO

Jorge E. Toro (1): Response to artificial selection and realized heritability estimation for shell height in the Chilean oyster *Ostrea chilensis*, Philippi 1845.

Individual (mass) selection for shell height was carried out in the Chilean oyster, *Ostrea chilensis*. The selection was based on the shell height of oysters, 30 months old, which came from the natural population of the Quempillen River Estuary (Southern Chile). Divergent selection was applied, three selected groups were chosen to mass spawn (high, mean selected, and low). Offspring from the mean selected and low groups were obtained. A statistically significant difference ($P < 0.05$) was detected in shell height at 30 months between the offspring of the mean selected and low selected group, suggesting the presence of additive gene effects for growth rate. The realized heritability estimate ($h^2 = 0.34 \pm 0.12$) for a decrease in the shell height, indicates that selective breeding on this trait can be effective in *Ostrea chilensis*.

Key words: Selection, Heritability, *Ostrea chilensis*, Growth.

(1) Instituto de Biología Marina, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile

INTRODUCCION

El cultivo de la ostra Chilena, *Ostrea chilensis*, 1845, ha tenido un importante desarrollo durante la última década, sin embargo, últimamente se visto restringido debido a la falta de una fuente natural confiable de "semilla" (CORFO, 1981; Lepez, 1983). Por otro lado, el lento crecimiento anual de esta especie debido a las cortas temporadas

de crecimiento en el sur de Chile (noviembre a febrero) ha llegado a ser una importante restricción para los ostricultores. La ostra chilena alcanza su talla comercial a los 50 mm, luego de 3 a 4 años de cultivo (Winter et al., 1984).

O. chilensis es una especie que no presenta dimorfismo sexual externo y solo se pueden reconocer machos y hembras cuando la gónada se encuentra

(*) El contenido de esta publicación es parte de los resultados considerados en los proyectos S-91-5 financiado por la D.I.D-LIACH y C-89-3 financiado por la International Foundation for Science (I.F.S.).

en estado de plena madurez. Solis (1967) señala que las especies de *Ostrea* presentan cambios de sexualidad en los cuales se alternan los estados de macho y hembra. Por su parte Gleisner (1981) y Götting et al (1985), señalan que *O. chilensis* tendría, en general, una sexualidad de tipo consecutiva rítmica, alcanzando la primera madurez reproductiva, en el banco natural del estuario Quempillén, durante el segundo año de vida, cuando los individuos poseen una talla superior a los 25 mm, comportándose como machos.

La ostricultura en Chile, con ya casi cuarenta años, no ha utilizado manipulación genética para el mejoramiento de la especie. Esto se ha debido a que su cultivo ha dependido exclusivamente de la reproducción natural para la obtención de "semilla" con la consecuente falta de control sobre el ciclo vital de esta especie, requisito fundamental para cualquier tipo de cambio genético dirigido (Hershberger et al, 1984). El rol potencial que organismos mejorados podrían jugar en el desarrollo de la acuicultura ha sido mencionado en varias publicaciones (Wilkins, 1975; Moav, 1976; Newkirk, 1980, 1983; Newkirk & Haley, 1982; Gjedrem, 1983; Gjerde, 1986; Sandifer, 1988). Un incremento en la eficiencia de producción a través de una reducción del intervalo generacional y/o un incremento de la sobrevivencia contribuirían a reducir los efectos negativos de las cortas temporadas de crecimiento en las altas latitudes (Newkirk, 1980). De las áreas de investigación y desarrollo a largo plazo en acuicultura la que posee un gran potencial, es la que dice relación con el

reemplazo de los organismos "silvestres" actualmente en cultivo, por animales "genéticamente mejorados", acondicionados en mejor forma a los ambientes de cultivo y a las preferencias del consumidor.

Caracteres de importancia económica desde un punto de vista de producción, están generalmente determinados por un gran número de genes, presentando cada uno una reducida contribución y acompañados de una considerable influencia ambiental (Newkirk, 1980; Lande, 1982). Es por ello que estos caracteres pueden ser estudiados en mejor forma a través de técnicas de genética cuantitativa, que permite estudiar los complejos sistemas genéticos a partir de variables y parámetros que pueden ser estimados a partir de mediciones fenotípicas (Falconer, 1981; Lande, 1982).

Una alta variación intrapoblacional en la tasa de crecimiento ha sido reportada para la ostra chilena (DiSalvo & Martínez, 1985; Toro & Varela, 1988; Toro & Newkirk, 1990), sin embargo, la literatura no reporta estudios de parámetros genéticos o selección para crecimiento. El hecho de que exista variación fenotípica para la tasa de crecimiento dentro de una cohorte, nos sugiere la presencia de diferencias genéticas significativas, las cuales podrían explotarse en un programa de selección con el fin de producir líneas de ostras de rápido crecimiento. Un programa de selección requiere de la estima de parámetros genéticos básicos como heredabilidad para caracteres de importancia económica. Una estima de heredabilidad (h^2 alta para un

determinado carácter indica que una gran porción del carácter está asociado con acción aditiva de genes, y que el progreso genético podría alcanzarse a través de selección masal (Newkirk et al., 1977).

El presente estudio se diseñó para evaluar cualquier diferencia en la longitud de la valva de ostras (*O. chilensis*) que se produjese como respuesta a la aplicación de un diferencial de selección en la generación parental. También se realizó una estima de heredabilidad para longitud de la valva y se analizaron las fuentes de variación ambiental para ese carácter.

MATERIAL Y METODOS

Las ostras utilizadas como reproductores se obtuvieron de la fijación natural captada en 1985, proveniente de la población natural del Estuario Quempillén, ubicado en la Isla de Chiloé (41°51' S; 73° 46' W). Los juveniles fijados sobre valvas de *Aulacomya ater* (Molina), se mantuvieron en crecimiento en "long lines" en el estuario. A los 14 meses de edad una muestra al azar de 4500 ostras se trasladó a bandejas en donde se mantuvieron en cultivo submareal en densidades de 150 ostras/m².

Los progenitores se seleccionaron en base al carácter "longitud de la valva a los 30 meses de edad" durante julio de 1987. Se realizó selección divergente con el propósito de obtener líneas con alto y bajo crecimiento, aplicando una intensidad de selección de + 1.755 y - 1.755 para los progenitores del grupo de alto crecimiento y bajo crecimiento

respectivamente. Se acondicionó también individuos que tenían un valor promedio para el carácter bajo consideración, como líneas control. Todos los reproductores fueron marcados individualmente según la técnica descrita por Newkirk & Haley (1982, 1983) y trasladados al azar a bandejas submareales en el estuario Quempillén (Toro & Varela, 1988).

El 22 de septiembre de 1987 cada uno de los grupos de progenitores se trasladó al Laboratorio Quempillén y se comenzó el acondicionamiento en estanques de 80 L en donde se les aumentó escalonadamente la temperatura de 12°C a 18°C en un período de 4 semanas. La salinidad del agua en los estanques fluctuó entre 27 y 28 ‰ (valores promedio para el período septiembre-noviembre en el Estuario). La variación anual de salinidad en el estuario Quempillén fluctúa entre 14 y 30 ‰ con un promedio anual de 24 ‰, mientras que la temperatura fluctúa entre 8 y 22 °C con un promedio anual de 13°C. El agua de los estanques, previamente filtrada a 5 µm y calentada, se cambió diariamente. La alimentación se distribuyó en dos raciones diarias con una concentración de 500.000 cel/ml de una mezcla con *Isochrysis galbana*, Clone T-iso y *Chaetoceros graciles* Schütt.

Al momento del cambio de agua, todos los estanques eran observados con el fin de detectar la presencia de larvas. Grandes cantidades de huevos recién fecundados fueron abortados en una de las líneas control a las 3 semanas de iniciado el acondicionamiento. Una semana más tarde huevos en estadios de división temprana fueron abortados en las líneas de alto crecimiento, de las

cuales no se obtuvo juveniles. No se detectaron abortos en las líneas de bajo crecimiento. Valvas de *A. ater* se colocaron en los estanques después de las 4 semanas de acondicionamiento con el propósito de fijar los juveniles. El asentamiento larval de las líneas control y de bajo crecimiento ocurrió dentro de las 24 horas. Cada colector fue identificado con la fecha y estanque del cual procedía.

Los juveniles obtenidos se mantuvieron en el laboratorio en un estanque común de crecimiento durante 6 días, para luego, en forma de cuelgas de valvas de 1, 2 m transferidas a long lines en el Estuario Quempillén. Cada cuelga se dividió en tres profundidades y la densidad de juveniles se controló, dejando solo 20 en cada valva de *A. ater*. Los datos de longitud de valva se colectaron monitoreando mensualmente los primeros 6 meses de crecimiento y luego cada 6 meses en 50 juveniles tomados al azar en cada profundidad y en todas las cuelgas experimentales.

Mediciones de temperatura y salinidad se llevaron a cabo en el estuario cada 10 días, en los primeros 6 meses (para posteriormente monitorear en forma mensual) durante marea alta y a dos profundidades en la columna de agua (0.3 m y 2 m de la superficie).

Con el fin de poder determinar si las fuentes de variación ambiental presentaban algún patrón establecido, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANDEVA) con los datos de longitud de valva de los descendientes de los progenitores seleccionados como variable dependiente. Dos variables independientes se establecieron, cuelga_i (donde $i = 1, 2, 3, 4$) y profundidad (donde $j = 1, 2, 3$).

Un análisis de variabilidad relativa se utilizó para detectar diferencias en los coeficientes de variación (C.V.) de longitud de valva a dos diferentes profundidades (0,2 y 1,2 m) para los descendientes de las líneas control (Y) y de bajo crecimiento (X). En este análisis la razón de las varianzas, $\sigma^2(\ln y) / \sigma^2(\ln x)$, se prueba contra la distribución F (Lewontin, 1966; Lande, 1977). Esto se lleva a cabo transformando los datos originales de "longitud de valva" a sus logaritmos naturales.

ANDEVA con datos de longitud de valva de los descendientes se llevó a cabo para determinar si existían diferencias en tamaño entre los descendientes de progenitores de líneas control y de bajo crecimiento. La normalidad de las distribuciones se probó con un t-test (Sokal & Rohlf, 1981; p 174). Los valores para t fluctuaron entre 0.57 y 1.93, indicando que la skewness (g_1) de todos los grupos no se desvió significativamente de cero (distribución normal).

En el ANDEVA para probar el efecto de grupo, longitud de valva se consideró la variable dependiente. La variable profundidad_j (donde $j = 1, 2$ y 3) se introdujo en el modelo para controlar la varianza ambiental asociada con diferencias entre profundidades en la columna de agua. La variable independiente "grupo" se refiere a si los descendientes provienen de las líneas control o de las de bajo crecimiento. Debido a que la variable profundidad es la que quiere ser controlada, se considera primeramente en el modelo de ANDEVA.

La estima de heredabilidad realizada se llevó a cabo según Kirpichnikov (1981) y el cálculo del error estándar para la heredabilidad se calculó utilizando la fórmula desarrollada por Prout (1962).

RESULTADOS

La descendencia del grupo control y de bajo crecimiento se captó en las valvas de A. ater el 21 de diciembre. Los promedios y las desviaciones estándar para longitud

de valva en los descendientes en las cuatro cuelgas y tres diferentes profundidades (0.2, 0.7, y 1.2 m) se resume en la Tabla 1 para el grupo control y de bajo crecimiento.

Tabla 1. Crecimiento promedio (PROM) y desviación estándar (DS) de la longitud de valva de la progenie de los grupos Control (C) y de Bajo (B) crecimiento cultivados a diferentes profundidades en la columna de agua (0.2, 0.7 and 1.2 m). Cuatro cuelgas réplica (cada profundidad n = 50).

		CUELGAS							
		1		2		3		4	
Edad en meses	Prof.	Prom	± DS	Prom	± DS	Prom	± DS	Prom	± DS
(C)	0.2	9.97	0.95	9.70	0.78	10.40	0.97	9.73	0.84
	0.7	10.20	1.18	10.23	1.10	9.70	1.37	10.13	1.06
	1.2	10.30	1.01	10.43	0.94	10.33	0.88	9.93	1.40
(B)	0.2	9.43	1.15	9.17	1.01	9.70	0.96	9.67	1.23
	0.7	9.40	0.94	9.67	0.94	9.77	0.80	9.60	1.06
	1.2	9.97	1.16	10.02	0.68	10.13	1.21	9.40	1.42
(C)	0.2	16.27	1.60	16.20	1.82	16.23	2.33	15.93	1.84
	0.7	16.30	1.53	17.30	1.60	16.40	2.29	16.33	2.32
	1.2	17.57	1.65	16.01	2.09	16.77	2.19	16.90	1.69
(B)	0.2	15.20	2.06	15.80	1.97	15.53	2.02	15.40	1.74
	0.7	15.30	1.79	15.23	1.47	15.60	2.19	16.47	1.75
	1.2	16.97	1.77	16.03	1.45	16.13	2.19	16.05	2.20
(C)	0.2	31.33	3.00	31.23	3.06	30.73	3.37	31.27	3.51
	0.7	31.30	2.95	30.87	3.46	31.67	2.83	30.77	2.85
	1.2	32.27	3.27	31.27	3.40	31.90	3.31	32.20	2.96
(B)	0.2	27.40	2.83	26.86	3.31	27.81	3.09	27.96	2.86
	0.7	27.90	3.57	27.10	2.88	27.53	3.85	27.46	2.99
	1.2	28.53	3.65	28.27	3.25	27.97	2.33	28.80	2.70
(C)	0.2	43.77	4.72	42.77	3.06	44.13	3.55	42.80	3.75
	0.7	43.07	3.95	43.03	4.42	44.63	2.32	43.67	4.47
	1.2	44.53	4.78	44.20	3.25	44.70	2.94	45.46	4.78
(B)	0.2	37.53	4.32	38.13	4.04	37.83	4.45	39.10	3.85
	0.7	38.50	3.92	38.23	5.27	38.57	4.12	38.10	3.81
	1.2	39.13	3.91	39.63	3.97	39.76	3.51	39.70	3.90
(C)	0.2	49.77	6.92	48.77	5.64	50.13	4.02	48.80	6.88
	0.7	49.07	5.36	49.03	6.03	50.63	5.41	49.67	5.17
	1.2	50.53	7.54	50.20	5.32	50.70	3.82	51.46	4.23
(B)	0.2	43.63	7.44	44.23	6.37	43.93	7.63	5.20	4.65
	0.7	44.60	6.41	44.03	7.62	44.67	4.22	44.20	4.97
	1.2	45.23	5.23	45.73	4.77	45.87	6.34	45.80	5.07

Los valores de temperatura y salinidad durante los primeros 6 meses de crecimiento en terreno, muestran una baja sostenida hacia los meses de invierno (Fig. 1) y están de acuerdo a los resultados reportados por Toro & Winter (1983); sin embargo, la baja es mas

drástica hacia la superficie de la columna. La salinidad y temperatura bajan desde 30 ‰ y 16°C a 22 ‰ y 11°C respectivamente, mientras que sobre el fondo ambas variables permanecen constantes durante el mismo periodo.

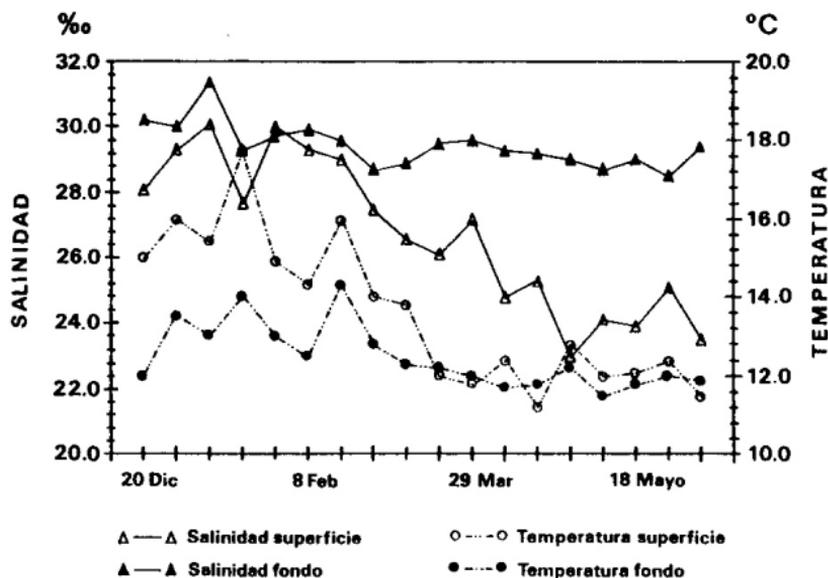


Figura 1. Fluctuaciones de las variables temperatura (°C) y salinidad (0/oo) monitoreadas cada 10 días entre Diciembre 1987 y Junio 1988 durante marea alta en superficie (0.3 m) y fondo (2.5 m) en el Estuario del Río Quempillén.

Los resultados de los efectos cuela e interacción cuela * profundidad demostraron no ser significativos ($P < 0.05$) en la descendencia de ambos grupos después de 3 meses.

El análisis de variabilidad relativa mostró diferencias no significativas a $\alpha = 0.05$, lo cual indica que aún cuando se demostró una diferencia significativa para longitud de valva entre profundidades, el C. V. no fue afectado.

A pesar de existir un efecto "profundidad" significativo, los promedios para longitud de valva para las 5 diferentes edades analizadas muestran un valor superior en el grupo control. El grupo control tuvo valores promedios (en mm) de $10,09 \pm 1,06$ S.D.; $16,52 \pm 1,94$; $31,40 \pm 3,17$; $43,90 \pm 4,76$ y $50,00 \pm 5,88$ para los 3, 6, 12, 24 y 30 meses de edad, respectivamente, mientras que los valores promedios para el grupo de bajo crecimiento fueron $9,65 \pm$

1.07; $15,81 \pm 2,92$; $27,80 \pm 3,38$; $38,69 \pm 4,41$ y $44,79 \pm 6,40$ para las mismas edades respectivamente.

Se detectó una diferencia significativa entre la descendencia proveniente de ambos grupos seleccionados en todas las edades analizadas ($P < 0.01$) (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de varianza. Cuadrados Medios (CM), grados de libertad (g.l.) de longitud de valva para los efectos profundidad y grupo a los 3, 6, 12, 24 y 30 meses de edad para los grupos Control y de bajo crecimiento.

Fuente	g.l	EDAD (meses)				
		3	6	12	24	30
		CM	CM	CM	CM	CM
Profundidad	2	3.62*	15.94*	26.95**	66.43**	645.03**
Grupo	1	16.68**	45.51**	1162.80**	2444.01**	2351.11**
Profundidad * Grupo	2	0.07	1.28	0.14	0.05	0.10
Error	354	1.11	3.65	5.09	9.33	15.94

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

En un estudio con el propósito de estimar heredabilidad realizada el valor del carácter se debe medir a la misma edad en ambas generaciones y de alguna manera estandarizar las condiciones de crecimiento, particularmente factores tales como densidad y condiciones de cultivo. La estima de heredabilidad realizada para longitud de la valva a los 30 meses de edad en *O. chilensis*, se

calculó utilizando la respuesta a la selección (R) sobre el diferencial de selección (S). La diferencia del carácter (longitud de valva en mm) entre el grupo control y las líneas de bajo crecimiento a los 30 meses de edad, dividido por el diferencial de selección total nos entrega una estima de heredabilidad realizada de $h^2 = 0.34 \pm 0.12$ (Tabla 3).

Tabla 3. Estima de la heredabilidad realizada (h^2) \pm E. E. para el carácter "longitud de la valva a los 30 meses de edad" en *Ostrea chilensis*.

Longitud media de la valva (mm) y Desviación Estándar a los 30 meses		Heredabilidad	
Longitud de valva Progenitores	Longitud de valva Progenie	R	S
Grupos:			
Bajo Crecimiento	Control		
34.43 ± 1.8	49.42 ± 1.6	$49.87 - 44.79$	$= 0.338 \pm 0.12$
$n = 49$	$n = 48$	49.87 ± 5.88	
Bajo Crecimiento	Control		
44.79 ± 6.4	49.87 ± 5.88	$49.87 - 44.79$	$= 0.338 \pm 0.12$
$n = 600$	$n = 600$	$49.42 - 34.43$	

DISCUSION

Se detectó una respuesta a la selección significativa en el grupo de bajo crecimiento a partir del tercer mes de edad. La diferencia en el crecimiento de la longitud de valva entre el control y la línea seleccionada, esta indicando que existe una componente genética significativa, la cual podría ser utilizada en un programa de selección. Estas diferencias significativas se observaron ya a los 6 y 12 meses de edad, aún cuando la selección estuvo basada en el carácter longitud de valva a los 30 meses de edad. La respuesta entonces pudo ser medida en un carácter correlacionado (Toro & Newkirk, 1990); sin embargo, esto estaría indicando la presencia de variación genética para el carácter seleccionado (longitud de valva a los 30 meses de edad). Este resultado se debe considerar como una indicación de una potencial ganancia genética con ciertas precauciones, debido a dos factores.

El primero de ellos es la falta completa de descendientes del grupo de alto crecimiento, de esta manera solo se pudo cuantificar la respuesta para el grupo de bajo crecimiento. En experimentos en los cuales se ha llevado a cabo selección divergente, es decir con el propósito de mejorar y decrecer el carácter, se ha demostrado la existencia de asimetría; la respuesta en ambos sentidos a sido diferente (Falconer, 1976; Moav & Wohlfarth, 1976; Bondari, 1983, 1986; Campton & Gall, 1988). En general los caracteres asociados a la aptitud reproductiva presentan una baja respuesta a la selección para incrementar el carácter y una mayor respuesta a la selección para decrecer el carácter

(Falconer, 1981; Kirpichnikov, 1981). La tasa de crecimiento en ostras se ha reportado con una alta correlación con fertilidad (Walne, 1964, 1979) y este último es un componente de la aptitud reproductiva (Falconer, 1981). Siendo ello así, la selección para disminuir la tasa de crecimiento debería dar una mayor respuesta que la selección para incrementarla. Sin embargo, Bondari (1983, 1986) reporta que la selección divergente dió como resultado una respuesta mayor para incrementar el peso vivo de *Ictalurus punctatus* que para disminuirlo. Además, los mayores progresos en mejoramiento genético hechos en ganadería y agricultura han sido en caracteres tales como tasa de crecimiento.

El segundo factor es la presencia del efecto materno como una fuente de variación ambiental, que en el caso de *O. chilensis* podría tener cierta importancia debido a que esta especie incuba sus larvas hasta que están listas para asentarse al sustrato. El efecto materno puede causar inicialmente asimetría en la respuesta a la selección. Ostras de mayor tamaño podrían producir huevos mas grandes que resulten con un mayor crecimiento y mejor sobrevivencia. Sin embargo, debido a que la fecundidad ha sido reportada correlacionada positivamente con el tamaño de la hembra, esto podría contrarrestar el efecto del tamaño materno para con los huevos. Ryman (1972) reporta que hembras grandes de *Lebistes reticulatus* mostraron una mayor fecundidad la cual estaba correlacionada negativamente con la tasa de crecimiento media de las descendencia. Un efecto similar es descrito por Campton & Gall (1988) para

Gambusia affinis. Afortunadamente el efecto materno en general disminuye al aumentar la edad de la progenie (Monteiro & Falconer, 1966; Falconer, 1981; Kirpichnikov, 1981; Campton & Gall, 1988) y por lo tanto es importante solo en los primeros estadios de desarrollo (Arthur, 1984). En el presente estudio la diferencia entre los dos grupos se detecta a partir del tercer mes de edad, lo que sugiere que el efecto materno tiene una mínima importancia.

Existen muchas causas de asimetría en la respuesta a la selección, deriva genética, diferencial de selección, efecto materno, depresión endogámica, asimetría genética, efecto de genes mayores y asimetría escalar (Falconer, 1981). En el caso del presente estudio no existe la posibilidad de probar si alguno de estas causas pudo haber sido importante. De todos modos los resultados obtenidos en el presente experimento, sugieren que la tasa de crecimiento puede incrementarse a través de selección artificial.

A través de la tecnología actualmente disponible en los "hatcheries" de bivalvos, el potencial que existe para producir juveniles genéticamente mejorados es enorme. Uno de los motivos por el cual no existen reportes en la literatura de selección artificial y/o estima de parámetros genéticos en *O. chilensis*, es que solo hace muy poco se logró el control sobre el ciclo vital de esta especie, a través de la implementación de "hatcheries" (DiSalvo et al., 1983, 1984). Otra de las dificultades que presenta esta especie es la incubación de las larvas por parte de la hembra, lo cual impide realizar cruzamientos controlados. Sin

embargo, debido a que el estadio larval en otras especies de ostras (*Crassostrea virginica*, *Ostrea edulis*, *Crassostrea gigas* constituye la etapa mas delicada y con mayor costo para los "hatcheries", *O. chilensis* posee una ventaja potencial sobre aquellas especies. Las ventajas y desventajas de periodos larvales prolongados ha sido discutido, desde el punto de vista ecológico, por Vance (1973), Strathmann (1974), Crisp (1978) y Grassle & Grassle (1978).

El desove masal se utilizó en todos los grupos de progenitores. Uno de los problemas con el método de desove masal es la falta de control sobre el número de individuos que contribuyen con gametos en cada uno de los grupos. A pesar de que en cada estanque se dispusieron entre 40 a 50 individuos, de hecho existió variabilidad en el desove. De esta manera la muestra de genes de los progenitores es desconocida, especialmente la contribución de los machos. Este factor se discute en la literatura por Newkirk (1986) quien reporta un cruzamiento controlado exitoso para *O. edulis*.

El diseño de desove masal se utilizó con el propósito de asegurar la obtención de juveniles de todas las líneas seleccionadas y también debido a limitación de espacio en el laboratorio. Newkirk (1986) utilizó el diseño de cruzamiento en pares, sin embargo este diseño requiere de mayor espacio físico y aún no se ha experimentado con *O. chilensis*. A pesar de que no se obtuvieron juveniles de las líneas de alto crecimiento, un gran número de huevos recién fertilizados fueron abortados (aproximadamente 8×10^5 huevos en el

presente estudio y mas de 11×10^5 en un experimento paralelo, sin grupo control) entre la tercera y cuarta semana de acondicionamiento. Varios intentos por cultivar los embriones fueron realizados utilizando la técnica descrita para *O. edulis* (Jayarahband et al., 1988) pero sin éxito. Abortos de huevos recién fecundados han sido reportados para *O. chilensis* por Ramorino (1970) y para *O. edulis* por Loosanoff & Davis (1963) y Walne (1979) cuando las ostras estaban bajo stress. Este podría ser el caso en el presente experimento; los reproductores eran manipulados diariamente para limpiarlos y cambiarles el agua de los estanques. Ninguna otra causa puede sugerirse para este masivo aborto.

A pesar de que cuando se utiliza el desove masal es difícil estimar cuantos individuos contribuyen con genes para la descendencia que se obtiene, se puede realizar una cierta estimación de la contribución de hembras, a través de la estima de la cantidad de larvas pediveliger en cada estanque. La fecundidad de *O. chilensis* fluctúa entre 10.000 y 115.000 larvas por temporada con un promedio de 60.000 (Solis, 1967; Padilla et al., 1969; Gleisner, 1981; Lepez, 1983; Winter et al, 1983). De esta manera, a través de la cantidad de larvas eclosionadas, mas de 950.000 en el grupo control, se puede asumir que a lo menos 12 hembras contribuyeron con larvas. En el grupo de bajo crecimiento, eclosionaron mas de 700.000 larvas, lo que indica que al menos 8 hembras contribuyeron. Estas estimaciones de contribución por parte de las hembras en el grupo control (12) y en el de bajo crecimiento (8) puede ser una subestimación, debido a que en esta

especie alguna de las larvas con mancha ocular eclosionadas se fijan ya a los 5 minutos de liberadas (DiSalvo et al., 1983).

El presente diseño experimental nos permite recolectar información cuantitativa acerca del patrón y de la tasa de crecimiento. Tal información puede ser utilizada para incrementar la precisión de las técnicas de selección y maximizar el mejoramiento. La profundidad de la columna de agua donde los descendientes fueron mantenidos en cultivo en el estuario, demostró tener un pequeño pero significativo efecto ($P < 0.05$) sobre la tasa de crecimiento, de manera tal que el efecto "profundidad" tiene una contribución significativa en la variación ambiental total que afecta la tasa de crecimiento de las ostras en este estuario. Esto es de gran importancia para el control de programas de mejoramiento y estudios genéticos de *O. chilensis* en este estuario.

A pesar de que varios factores podrían haber contribuido a la baja en el crecimiento (varios grados de competencia de organismos acompañantes en cada profundidad, temperatura, salinidad, saturación de oxígeno, contenido de seston etc.) y no se puede identificar una relación causa-efecto; es importante destacar que la gradiente de salinidad hacia los meses de invierno se fue incrementando (Figura 1). Varios autores han demostrado el efecto negativo que tiene la baja salinidad sobre el crecimiento de bivalvos (Davis, 1958; Davis & Ansell, 1962; Castagna & Chanley, 1973; Innes & Haley, 1977; Boile, 1972; Navarro, 1988). Newkirk et

al. (1977) reporta la existencia de diferencias genéticas entre poblaciones de ostras (*C. virginica*) para la resistencia a la salinidad. Los progenitores seleccionados en el presente estudio provienen de una fijación de una población natural en el Estuario Quempillén, donde las salinidades sobre el fondo estuarino fluctúan entre 25 y 31 O/oo (Toro & Winter, 1983). Por lo tanto los descendientes provienen de una población aparentemente adaptada a altas salinidades.

El presente estudio es el primer reporte sobre selección artificial para crecimiento en *O. chilensis*. La significativa respuesta a la selección y la relativamente alta estima de heredabilidad realizada, indican la presencia de una componente genética aditiva en el carácter longitud de valva a los 30 meses de edad, sugiriendo que podría hacerse un efectivo progreso a través de selección para obtener ostras de rápido crecimiento.

AGRADECIMIENTOS.

Deseo agradecer a todo el personal del Laboratorio Quempillén Ancud, por su valiosa cooperación durante toda la ejecución del proyecto.

LITERATURA CITADA

- Arthur, W. 1984. Mechanisms of Morphological Evolution. A combined genetic developmental and ecological approach. John Wiley and Sons, 275 p.
- Bihle, B. 1972. Effects of adaptation to reduced salinity on filtration activity and growth of mussels (*Mytilus edulis* L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 10: 41 - 47.
- Bondari, K. 1983. Response to bidirectional selection for body weight in Channel catfish. *Aquaculture*, 33: 73 - 81.
- Bondari, K. 1986. Response of Channel catfish to multi-factor and divergent selection of economic traits. *Aquaculture*, 57: 163 -170.
- Campton, D.E. & G.A.E. Gall. 1988. Responses to selection for body size and age at sexual maturity in the mosquitofish, *Gambusia affinis*. *Aquaculture*, 68: 221 - 241.
- Castagna, M.A. & P.E. Chanley. 1973. Salinity tolerance of some marine bivalves from inshore and estuarine environments in Virginia waters on the western mid-atlantic coast. *Malacologia*, 12: 47 - 96.
- CORFO 1981. Antecedentes generales sobre el mercado interno y externo de ostras (AP-81-40). Corporación de Fomento de la Producción, Gerencia de Desarrollo, Santiago, 146 p.
- Crisp, D.J. 1978. Genetic consequences of different reproductive strategies in marine invertebrates. In: *Marine Organisms Genetics. Ecology and Evolution*. Battaglia, B and Beardmore, J.A (Ed.). Plenum Press, New York. 591 p.

- Davis, H.C. 1958. Survival and growth of clam and oyster larvae at different salinities. *Biological Bulletin*, **114** : 296-307.
- Davis, H.C. & A.D. Ansell. 1962. Survival and growth of larvae of the European oyster, *O. edulis*, at lowered salinities. *Biological Bulletin*, **122**: 33-39.
- DiSalvo, L.H.; Alarcon, E. & E. Martinez. 1983. Induced spat production from *Ostrea chilensis* Philippi 1845 in mid.winter. *Aquaculture*, **30** : 357 - 362.
- DiSalvo, L.H.; Alarcón, E. & E. Martinez. 1984. Progress in hatchery production of seeds of *Ostrea chilensis* (Philippi 1845). Proceedings International Symposium. Avances y Perspectivas de la Acuicultura en Chile. Universidad del Norte, Coquimbo : 269 - 280.
- DiSalvo, L.H. & E. Martinez. 1985. Culture of *Ostrea chilensis* 1845 in a north central chilean coastal bay. *Biología Pesquera*, **14** : 16 - 22.
- Falconer, D.s. 1976. Some results of the Edinburgh selection experiments with mice. In : Pollak, E.; Kempthorne, O. and Bailey, T.B. Jr. (Ed.) Proceedings of the International Conference on Quantitative Genetics. The Iowa State University Press, New York, 365 p.
- Falconer, D.S. 1981. Introduction to Quantitative Genetics. Second Edition. Longman Group Limited, 340 p.
- Gjedrem, T. 1983. Genetic variation in quantitative traits and selective breeding in fish and shellfish. *Aquaculture*, **33**: 51 - 72.
- Gjerde, B. 1986. Growth and reproduction in fish and Shellfish, *Aquaculture*, **57**: 37 - 55.
- Gleisner, A. 1981. Ciclo Reproductivo y Desarrollo larval de *Ostrea chilensis* Philippi (*Bivalvia, Ostreidae*) en el estuario Quempillén, Chiloé. Thesis, Univ. Austral de Chile, Valdivia, 43 p.
- Götting, K.J.; Toro, J.E. und J.E. Winter. 1985. Biotische und abiotische grundlagen für massenkulturen der Chilenischen austed (*Ostrea chilensis* PHIL.) im Süden Chiles. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.* **78**: 181 pp.
- Grassle, J.F. & J.P. Grassle. 1978. Life histories and genetic variation in marine invertebrates. In: *Marine Organisms Genetics, Ecology and Evolution*. Battaglia, B and Beardmore, J.A. (Ed.). Plenum Press, New York, 591 p.
- Hershberger, W.K.; Perdue, J.A. & J.H. Beattie. 1984. Genetic selection and systematic breeding in Pacific oyster culture. *Aquaculture*, **39** : 237 - 245.
- Innes, D.J. & L.E. Haley. 1977. Genetic aspects of larval growth under reduced salinity in *Mytilus edulis*. *Biological Bulletin*. **153**: 312-321.
- Jayarabhand, P., Toro, J.E. & J. Fuentes. 1988. The European oyster, *Ostrea edulis*, brooding bivalve?. Proceedings Annual Meeting of the Aquaculture Association of Canada, **2** : 81-83.
- Kirpichnikov, V.S. 1981. Genetic Bases of Fish Selection. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 410 p.
- Lande, R. 1977. On comparing coefficients of variation. *Systematics Zoology*. **26**: 214 - 217.
- Lande, R. 1982. A quantitative genetic theory of life history evolution. *Ecology*, **63** : 607 - 615.

- Lepez, M. I. 1983. El cultivo de *Ostrea chilensis* en la zona central y sur de Chile. Memorias Asociación Latinoamericana de Acuicultura. 5 : 117 - 127.
- Lewontin, R.C. 1966. On the measurement of relative variability. Sys. Zool., 15: 141 - 142.
- Lossanoff, V.L. & H.C. Davis. 1963. Rearing of bivalve mollusks. Advances in Marine Biology, 1 : 1 - 138.
- Moav, R. 1976. Genetic improvement in aquaculture industry. In: Pillay, T.V.R. & Dill, Wn. A. (Eds.) Advances in aquaculture, Kyoto, Japan, 26 May - 2 June 1976. Fishing News Books Ltd., Farnham, Surrey, England.
- Moav, R. & G. Wohlfarth. 1976. Two-way selection for growth rate in the common carp (*Cyprinus carpio* L.). Genetics, 82: 83 - 101.
- Monteiro, L.S. & D.S. Falconer. 1966. Compensatory growth and sexual maturity in mice. Animal Production. 8 : 179 - 192.
- Navarro, J.M. 1988. The effects of salinity on the physiological ecology of *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) (Bivalvia:Mytilidae). Journal of experimental Marine Biology and Ecology. 122 : 19 - 33.
- Newkirk, G. F. 1980. Review of the genetics and the potential for selective breeding of commercially important bivalves. Aquaculture, 19 : 209 - 228.
- Newkirk, G. F. 1983. Applied breeding of commercially important molluscs: a summary of discussion. Aquaculture, 33 : 415 - 422.
- Newkirk, G.F. 1986. Controlled mating of the European oyster, *Ostrea edulis* Aquaculture, 57 : 111 - 116.
- Newkirk, G.F.; Waugh, D.L. & L.E. Haley. 1977. Genetic of larval tolerance to reduced salinities in two populations of oysters, *Crassostrea virginica*. Journal of Fisheries Research Board Canada. 34 : 384 - 387.
- Newkirk, G.F. & L.E. Haley. 1982. Progress in selection for growth rate in the European oyster *Ostrea edulis*. Marine Ecology Progress Series. 10: 77 - 79.
- Newkirk, G.F. & L.E. Haley. 1983. Selection for growth rate in the European oyster, *Ostrea edulis*: response of second generation groups. Aquaculture, 33 : 149 - 155.
- Padilla, M.; Mendez, M. & F. Casanova. 1969. Observaciones sobre el comportamiento de la *Ostrea chilensis* en Apiao. Boletín Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, 10 : 1 - 28. Ramorino, L. 1970. Estudios preliminares sobre crianza de *Ostrea chilensis* en el laboratorio. Biología Pesquera Chile, 4 : 17 - 32.
- Ryman, N. 1972. An attempt to estimate the magnitude of additive genetic variation of body size in the guppy-fish, *Lebistes reticulatus*. Hereditas, 71 : 237 - 244.
- Sandifer, P. A. 1988. Aquaculture in the West, A Perspective. Journal of the World Aquaculture Society, 19 : 73 - 84.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1981. Biometry. Second Edition. W.H. Freeman and Company, New York. 859 pp.

- Solis, I.F. 1967. Observaciones biológicas en ostras (*Ostrea chilensis* Philippi) de Pullinque. *Biología Pesquera Chile*, 2 : 51 - 82.
- Strathmann, R. 1974. The spread of sibling larvae of sedentary marine invertebrates. *American Naturalist*, 108 : 29 - 44.
- Toro, J.E. & J.E. Winter. 1983. La determinación de los factores abióticos y la cuantificación del seston como oferta alimenticia y su utilización por *Ostrea chilensis*. *Memorias Asociación Latinoamericana de Acuicultura*, 5: 129 - 144.
- Toro, J.E. & C.S. Varela. 1988. Growth and mortality of oysters, *Ostrea chilensis* Ph., grown on trays and on the conventional 'cultch' system in the Quemillén River estuary. *Aquaculture and Fisheries Management*, 19 : 101 - 104.
- Toro, J.E. & G.F. Newkirk. 1989. Phenotypic analysis in the Chilean oyster *Ostrea chilensis* Philippi 1845: relationship between juvenile and adult growth rates. *Aquaculture and Fisheries Management*, 21: 285 - 291.
- Vance, R. 1973. On reproductive strategies in marine benthic invertebrates. *American Naturalist*, 107 : 339 - 352.
- Walne, P.R. 1964. Observations on the fertility of the oyster (*Ostrea edulis*). *Journal of Marine Biology Association U.K.*, 44: 293 - 310.
- Walne, P.R. 1979. *Culture of Bivalve Molluscs. 50 years' experience at Conwy*. Fishing News Books Ltd., Farnham, Surrey, England, 189 pp.
- Wilkins, N. P. 1975. Genetic variability in marine Bivalvia: implications and applications in molluscan mariculture. *Proceedings of the 10th European Symposium on Marine Biology*, Ostend, Belgium, 1 : 549 - 563.
- Winter, J.E.; Gallardo, C.S.; Araya, J.; Toro, J.E. & A. Gleisner, 1983. La influencia de los factores ambientales sobre el crecimiento y los períodos de Reproducción en *Ostrea chilensis*. *Memorias Asociación Latinoamericana de Acuicultura*, 5: 145 - 159.
- Winter, J.E.; Toro, J.E.; Navarro, J.M.; Valenzuela, G.S. & O.R. Chaparro. 1984. Recent developments, status and prospects of molluscan aquaculture on the Pacific coast of South America. *Aquaculture*, 39 : 95 - 134.