

RESPUESTA A LA SELECCION, HEREDABILIDADES Y CORRELACION GENETICA PARA LOS CARACTERES PESO VIVO Y LONGITUD DE LA CONCHA EN LA OSTRA EUROPEA *OSTREA EDULIS* LINNE.

Jorge E. Toro*

ABSTRACT. Response to selection, heritability and genetic correlation for the traits live weight and shell height in the European oyster *Ostrea edulis* Linné.

A selection experiment for growth rate in *Ostrea edulis* has been conducted using individual selection. Parents were selected from each of 40 fullsib families produced in 1983 based on their whole live weight expressed as standard scores at the end of the first growing season. Divergent selection was applied; the "High" and "Low" group were mated in pairs according to their rank. Twenty-four families were obtained: 6 Low selected and 18 High selected. A total of 6560 spat were individually tagged and brought to the field for 2 yr. Shell height and live weight after the first and second growing seasons were measured. Statistically significant differences ($P < 0.05$) were found between the offspring of the "high" and "low" selected groups for both traits after both growing seasons. No differences in survival were detected between the families of the two selected groups. Heritability estimates for live weight and shell height, after each growing season ranged from $h^2=0.112$ to $h^2=0.243$. Genetic correlations between the traits were found to be high; $r_g = 0.963$ and $r_g = 0.995$ for the first and second growing season respectively.

Key words: Genetic parameters, Heritability, genetic correlation, selection, oysters.

* Instituto de Biología Marina, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile.

Nota: El contenido de esta publicación es parte de los resultados considerados en los proyectos CIID financiado por el IDRC y C-89-3 financiado por la International Foundation for Science (I.F.S.).

INTRODUCCION

La productividad de los cultivos marinos sólo puede llegar a optimizarse si el potencial biológico de las especies es completamente explotado. Individuos que posean una mayor tasa de crecimiento, mejor conversión alimenticia o mayor sobrevivencia, resultan mucho más "económicos" de cultivar. Es por ello que la implementación de técnicas de mejoramiento genético debería ser considerada como de rutina en el manejo de eclosionadoras.

Aun cuando la inducción de poliploides y la obtención de híbridos podrían ser de utilidad en el cultivo de bivalvos (Singh & Zouros 1981; Thorgaard 1986), la explotación de la variación genética aditiva, es muy importante para la obtención de una ganancia acumulativa a largo plazo (Lannan 1972; Newkirk 1980; Newkirk & Haley 1982; Toro & Newkirk 1990a).

La gran mayoría de las especies de ostras son muy valiosas en términos económicos, sin embargo, poseen una tasa de crecimiento muy baja, requiriendo a lo menos 3 años para alcanzar la talla comercial. Por ello, la implementación de programas de mejoramiento genético en ostras tienen un gran potencial (Mehon 1983; Gjedrem 1983; Gjerde 1986; Newkirk 1986).

La puesta en marcha de un programa de selección requiere la estimación previa de parámetros genéticos básicos tales como heredabilidades, correlaciones genéticas y repuestas a la selección para caracteres de importancia económica. Un valor de heredabilidad

sobre 0.2 para un carácter en particular, implica que es posible incrementar el valor medio de ese carácter a través de selección. La presencia de una correlación genética entre dos o más caracteres implica que la alteración de un carácter, a través de selección, causará cambios simultáneos en los otros. Estos cambios podrían ser positivos o negativos y la dirección y magnitud de ellos dependerá del signo y grado de correlación que exista entre los caracteres.

En la literatura no existen muchos reportes sobre respuesta a la selección en *Ostrea edulis* (Newkirk & Haley 1982, 1983; Ruzzante 1986), y sólo en uno de ellos se reportan heredabilidades para la tasa de crecimiento. Ruzzante (1986) estimó la heredabilidad para peso vivo, longitud de la concha y ancho de la valva para juveniles de 6 meses de edad con valores de $h^2 = 0.09$, $h^2 = 0.05$ y $h^2 = 0.10$ respectivamente. Estas estimas se llevaron a cabo para un carácter correlacionado, es decir, utilizando los valores de la progenie a los 6 meses, mientras que la selección de los progenitores se realizó en base al peso vivo a los 2,5 años. Por su parte Newkirk & Haley (1982) reportan una alta respuesta a la selección, obteniendo la progenie del grupo seleccionado un promedio del peso vivo 23% superior al grupo control. La baja en la respuesta durante la segunda generación se atribuyó a problemas de endogamia (Newkirk & Haley 1983).

En el presente trabajo se llevó a cabo un experimento de selección para

crecimiento en *Ostrea edulis*. Se reportan valores de heredabilidades, correlaciones genéticas, fenotípicas y

ambientales como la respuesta a la selección para los caracteres peso vivo y longitud de la concha.

MATERIAL Y METODOS

Los progenitores de *Ostrea edulis* fueron seleccionados en base al peso vivo individual a los 6 meses de edad a partir de ostras provenientes de 40 familias de hermanos completos producidos en el "hatchery" de la Universidad de Dalhousie, Halifax, Canadá en 1983 (Newkirk 1986). Con el propósito de incrementar la precisión en la estima de la heredabilidad se aplicó selección divergente. Se seleccionó un grupo de reproductores con una alta tasa de crecimiento y un segundo grupo con tasa de crecimiento baja. Los individuos se aparearon según el ranking calculado en base al valor individual estandarizado para el carácter (Newkirk 1986) evitando el cruzamiento entre hermanos completos. Los pares de ostras reproductoras se dispusieron en 56 baldes de 8 litros, 38 pares de reproductores con alta tasa de crecimiento y 18 pares de reproductores con baja tasa de crecimiento. Los progenitores se acondicionaron a una temperatura de $22^{\circ}\text{C} \pm 1.0$ y con una salinidad de $31\text{‰} \pm 1.0$. El cambio de agua se realizó diariamente y la alimentación consistió en la adición, dos veces al día, de una mezcla de *Chaetoceros gracilis*, *Chaetoceros calcitrans* e *Isochrysis galbana* (T-Iso) en concentraciones de 450.000 cel/ml. El desove se produjo entre la quinta y séptima semana de acondicionamiento. Se obtuvieron 24 familias de hermanos completos, 18 provenientes del grupo

con alta tasa de crecimiento y 6 del grupo opuesto. Una vez eclosionada las larvas se cultivó cada familia en un balde PVC de 8 litros a 24°C hasta alcanzar el tamaño de fijación. Para obtener la fijación se utilizaron valvas de *Placopecten magellanicus* Gmelin, suspendidas en los baldes de cultivo, las que fueron reemplazadas diariamente, registrando la fecha y número de la familia. Las valvas con la fijación de juveniles fueron trasladadas a un estanque de cultivo común a 18°C y se alimentaron diariamente con una mezcla de microalgas con una concentración de 800.000 cel/ml.

Después de tres semanas de crecimiento, se procedió a cortar las valvas para obtener semillas en forma individual, las que fueron marcadas según su procedencia (Newkirk & Haley 1982). Un total de 6560 juveniles fueron marcados y pesados (incluyendo el trozo de valva de ostión) y distribuidos en 30 redes (pearl nets 3P) con una densidad aproximada de 215 individuos por red. Estas redes se trasladaron e instalaron distribuidas en 10 cuelgas de 3 niveles cada una en McGrath's Cove cerca de la ciudad de Halifax, N.S. Canadá.

A los 6 meses de edad se monitoreó el peso vivo y longitud de la concha (al peso vivo se le descontó el peso inicial). Para la segunda temporada de

crecimiento, las ostras se distribuyeron al azar, con aproximadamente 60 individuos por red. A los 18 meses de edad nuevamente se colectaron datos para ambos caracteres.

El análisis de los datos que incluyó

análisis de varianza, análisis de covarianza, regresiones y correlaciones, se llevó a cabo con el paquete estadístico SYSTAT 4.0. Las estimas de parámetros genéticos se realizaron siguiendo los métodos descritos por Falconer (1981) y Becker (1984).

RESULTADOS

De las 24 familias de hermanos completos producidas, un total de 2110 y 776 ostras sobrevivieron a los 6 y 18 meses respectivamente. No se registró diferencias significativas ($P > 0.05$) en la tasa de sobrevivencia entre el grupo de crecimiento rápido y el de crecimiento lento en ambas edades.

Con el fin de probar la homogeneidad de las varianzas para los datos de peso vivo y longitud de la concha en ambos periodos de crecimiento, se llevó a cabo el test de Bartlett, resultando todas las varianzas homogéneas ($P > 0.05$).

Las tasas de crecimiento entre las progenies provenientes de padres de crecimiento rápido y padres de crecimiento lento presentaron diferencias estadísticamente significativas. La tabla 1 resume los resultados de los análisis de varianza con los datos para ambos caracteres a los 6 y 18 meses de edad. Para el análisis se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \text{RED} + \text{GRUPO}_j + \text{RED} * \text{GRUPO} + E_{ij}$$

en donde el logaritmo del peso vivo y de la longitud de la concha se conside-

raron como variables dependientes (Y); μ es el promedio poblacional y las variables RED1 y GRUPO_j se consideraron como variables independientes. El efecto aleatorio RED1 donde $i = 1, 2, 3, \dots, 30$ se introdujo en el modelo para controlar la varianza ambiental sobre las diferentes redes. La variable GRUPO tomó un valor de 0 si la ostra era hija de padres de crecimiento rápido y un valor de 1 si los padres eran de crecimiento lento. El término RED1 * GRUPO_j se introdujo con el fin de detectar interacciones genotipo ambiente.

La respuesta a la selección (estadísticamente significativa, $P < 0.05$) obtenida para ambos caracteres (peso vivo y longitud de la concha) indica que los coeficientes de correlación genética son positivos entre estos dos caracteres. La estima de correlación genética entre ambos caracteres se llevó a cabo utilizando el método geométrico de acuerdo a Becker (1984). Los coeficientes de correlación fenotípica, genética (aditiva) y ambiental (desviaciones ambientales y efectos genéticos no-aditivos) se reportan para 6 y 18 meses en la Tabla 2. Los coeficientes de correlación fenotípica y genética entre los 6 y 18 meses de edad

TABLA 1. *Ostrea edulis*. Cuadrados medios (CM) para peso vivo y longitud de la concha a los 6 y 18 meses de edad.

Efecto	g.l.	6 meses		g.l.	18 meses	
		PESO CM	LONGITUD CM		PESO CM	LONGITUD CM
RED	29	1.614**	0.463**	29	0.103**	0.299**
GRUPO	1	28.124**	2.479**	1	0.426**	1.882**
RED*GRUPO	29	0.556	0.105	29	-	-
RESIDUO	2050	0.413	0.107	745	0.044	0.134

** $p < 0.01$ TABLA 2. *Ostrea edulis*. Correlaciones fenotípicas (F), genéticas (G) y ambientales (A) entre los caracteres peso vivo y longitud de la concha a los 6 y 18 meses.

EDAD	F	G	A
6 meses	0.850	0.963	0.839
18 meses	0.740	0.995	0.670

para los caracteres peso vivo y longitud de la concha se presentan en la tabla 3.

La estima de heredabilidad se llevó a cabo a través de regresión de la progenie sobre el progenitor medio (Falconer 1981). Debido a que las especies del Género *Ostrea* presentan cambios en el sexo durante su ciclo vital (Waine 1979), es posible asumir que la varianza fenotípica de los caracteres en cuestión es similar en ambos sexos. Por otra parte el número

de descendientes varió entre las familias, por lo tanto se calculó un factor de ajuste para evitar una desviación en la estima del coeficiente de regresión (Falconer 1963), dando así a las familias de tamaño 1 un factor 1. Las heredabilidades y sus errores estándar para los dos caracteres a los 6 y 18 meses de edad se reportan en la Tabla 4. Para el carácter longitud de la concha, el valor F del coeficiente de regresión fue significativo ($P < 0.01$), por lo que las estimas de heredabilidad son significativamente diferentes de

TABLA 3. Correlaciones fenotípicas (f) y genéticas (G) entre los 6 y 18 meses de edad para los caracteres peso vivo y longitud de la concha ($n = 776$, $p = 0.001$).

CARACTER	F	G
Peso vivo	0.48	0.72
Longitud de la concha	0.70	0.75

TABLA 4. *Ostrea edulis*. Estimaciones de heredabilidad (h^2) y error estándar (E.E.) para los caracteres peso vivo y longitud de la concha a los 6 y 18 meses de edad.

CARACTER	6 meses		18 meses	
	h^2	E.E.	h^2	E.E.
Peso vivo	0.136	0.118	0.243	0.202
Longitud de concha	0.112	0.041	0.194	0.070

cero. Los coeficientes de determinación (r^2) fluctuaron entre 0.27 y 0.53, indicando que cerca del 40% de la varianza fue explicado por el modelo de regresión.

El patrón de respuesta de la inten-

sidad de selección de los progenitores versus la respuesta estandarizada de la progenie, para los caracteres peso vivo y longitud de la concha, se graficó (Fig. 1) para las 24 familias a los 6 meses de edad.

DISCUSION

La estimación de parámetros genéticos básicos en caracteres tales como peso vivo y longitud de la concha de ostras juveniles y adultas son esenciales en un

programa de mejoramiento genético de la tasa de crecimiento. Además, las estimaciones de heredabilidad son necesarias para el propósito de predecir las ga-

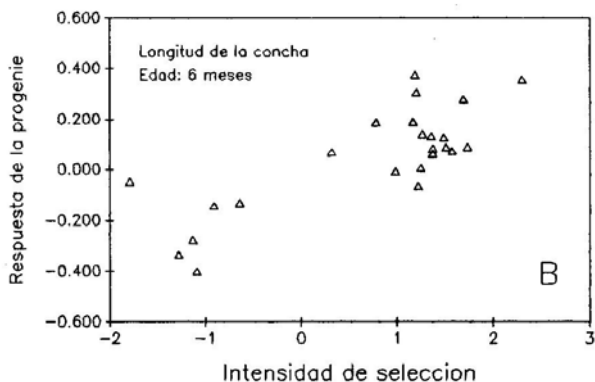
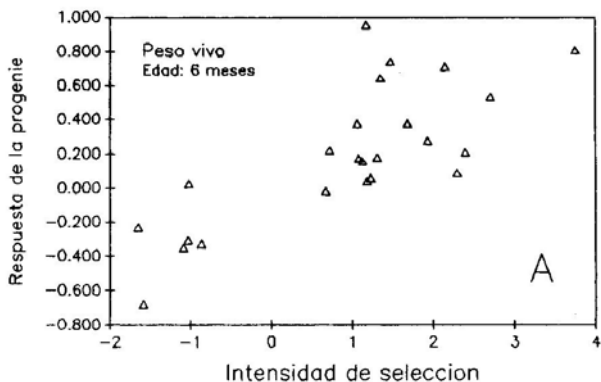


Fig. 1. *Ostrea edulis*. Gráfico de la respuesta estandarizada a la selección de la progenie versus la intensidad de selección aplicada a las ostras progenitoras, para los caracteres peso vivo (A) y longitud de la concha (B) a los 6 meses de edad.

nancias a obtener a través de la selección (Falconer 1981).

La tasa de crecimiento se considera por lo general como un carácter con una heredabilidad baja o moderada en especies de ostras (Lannan 1972; Longwell 1976; Newkirk et al. 1977; Wada 1986). La aplicación de selección divergente incrementa la estima de heredabilidad (Falconer 1981). A través de la elección de los fenotipos mas extremos la varianza de la variable independiente se ve aumentada (Hill 1972). Ello nos permite obtener mayor información acerca de la regresión (Falconer 1981) disminuyendo el error estandar de la estima de heredabilidad (Hill & Thompson 1977). Las heredabilidades estimadas para peso vivo y longitud de la concha en el presente estudio para *Ostrea edulis*, son mas altas que las reportadas por Ruzzante (1986); ello debido principalmente a que dicho autor realizó la estima de la heredabilidad sobre un carácter correlacionado, es decir utilizó los valores de la progenie a los 6 meses y la selección de los progenitores la hizo en base al valor del carácter en individuos de 2 años y medio.

En la mayoría de los caracteres la componente ambiental de la varianza total es mayor en estados tempranos de desarrollo (i.e. efecto maternal) (Gjedrem 1983). Por lo tanto la razón de la varianza genética aditiva sobre la varianza fenotípica total debería incrementarse con la edad; es decir el valor de la heredabilidad aumenta, como lo reportado en el presente trabajo, coincidiendo con lo descrito en la literatura por Kirpichnikov (1981), Refstie & Steine (1978), Gjedrem

(1983), McKay et al. (1986).

Las heredabilidades obtenidas en el presente estudio indican que existe varianza genética aditiva para el carácter tasa de crecimiento en *Ostrea edulis* (medida como peso vivo y longitud de la concha) la cual puede ser explotada a través de un programa de selección.

La correlación genética entre ambos caracteres tanto a los 6 como a los 18 meses de edad estuvo muy cercana a la unidad. Ello está sugiriendo la existencia de pleiotropía entre los genes aditivos para peso vivo y longitud de la concha y por ende, la selección de cualquiera de estos caracteres en *Ostrea edulis* producirá una respuesta correlacionada en el otro. No existen en la literatura reportes de correlaciones genéticas en ostras. Valores de correlaciones genéticas entre longitud y peso vivo muy cercanos a la unidad han sido reportados para *Litaeus punctatus* (Reagan et al. 1976), salmón del Atlántico (Refstie & Steine 1978; Bailey & Loudenslager 1986) y para la trucha arcoiris (McKay et al. 1986).

Los valores de las correlaciones ambientales estimadas entre los dos caracteres disminuyeron entre los 6 y 18 meses, como consecuencia del aumento en la heredabilidad o componente genético aditivo en ambos caracteres a los 18 meses.

El peso vivo y longitud de la concha con valores para el coeficiente de determinación entre los 6 y 18 meses de $r^2 = 0.23$ (23%) y de $r^2 = 0.49$ (49%) respectivamente, indican que los valores de peso vivo y longitud de la

concha obtenidos a los 6 meses de edad no permiten predecir en buena forma los valores a obtener a los 18 meses. La implicancia de la identificación temprana de las ostras con un alto valor para el carácter a seleccionar, es discutido por Newkirk (1981) y Toro & Newkirk (1990b).

El objetivo final de este programa de selección es el de mejorar la tasa de crecimiento en esta población de *Ostrea edulis*. Las heredabilidades estimadas son relativamente bajas, pero están de acuerdo a los valores obtenidos en ganadería, rubro en el cual se han logrado efectivos progresos en el mejoramiento de caracteres de importan-

cia económica (Ollivier 1987; Smith 1987; Van Vleck 1987).

El mejoramiento de la tasa de crecimiento en este stock de *Ostrea edulis* podría lograrse a través de la selección de cualquiera de los dos caracteres, debido a la alta correlación genética existente entre peso vivo y longitud de la concha. Sin embargo, debido a la mayor heredabilidad (mayor componente genético aditivo) y mayor varianza fenotípica (se puede aplicar una mayor intensidad de selección) en el carácter peso vivo, se sugiere que en un programa de mejoramiento sea éste el carácter a seleccionar.

AGRADECIMIENTOS: Deseo agradecer al Dr. Gary Newkirk y al Sr. José Fuentes por la ayuda y el constante estímulo otorgado durante la realización del presente estudio.

LITERATURA CITADA

- Bailey, J.K & J.E. Loudenslager. 1986. Genetic and environmental components of variation for growth of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 57: 125-132.
- Becker, W.A. 1984. *Manual of Quantitative Genetics*, 4th edition, 186 p. Academic Enterprises, Pullman, WA.
- Falconer, D.S. 1963. Quantitative inheritance. In: *Methodology in Mammalian Genetics*. 611 p. Walter J. ; Burdette (Ed.) Holden Holden Day, Inc., San Francisco.
- Falconer, D.S. 1981. *Introduction to Quantitative Genetics*. 340 p. Second Edition. Longman Group Limited, New York.

- Gjedrem, T. 1983. Genetic variation in quantitative traits and selective breeding in fish and shellfish. *Aquaculture* 33: 51-72.
- Gjedrem, T. 1986. Growth and reproduction in fish and shellfish. *Aquaculture* 57: 37-55.
- Hill, W.G. 1972. Estimation of realized heritabilities from selection experiments. I. divergent selection. *Biometrics* 28: 747-765.
- Hill, W.G. & R. Thompson. 1977. Design of experiments to estimate offspring-parent regression using selected parents. *Animal production* 24: 163-168.
- Kirpichnikov, V.B. 1981. Genetic Bases of Fish Selection. 410 p. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Lannan, J.E. 1972. Estimating heritability and predicting response to selection for the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Proceedings of the National Shellfisheries Association* 62: 62-66.
- Longwell, A.C. 1976. Review of genetics and related studies on commercial oysters and other pelecypod mollusks. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 33: 1100-1107.
- Mahon, G.A.I. 1983. Selection goals in oyster breeding. *Aquaculture* 33: 141-148.
- McKay, L.R.; Ihssen, P.E.; & G.W. Friars. 1986. Genetic parameters of growth in rainbow trout, *Salmo gairdneri*, prior to maturation. *Canadian Journal of Genetics and Cytology* 28: 306-312.
- Newkirk, 1980. Review of the Genetics and the potential for selective breeding of commercially important bivalves. *Aquaculture* 19: 209-228
- Newkirk, G.F. 1981. On the unpredictability of bivalve growth rates: Is a slow growing juvenile oyster a runt for life? In: Claus, C., Depauw, N., Jaspers, E. (Eds) *Nursery rearing of bivalve molluscs*. 211-218 p. European Mariculture Society Special Publication Nº EMS, Bredene, Belgium.
- Newkirk, G.F. 1986. Controlled mating of the european oyster, *Ostrea edulis*. *Aquaculture* 57: 111-116
- Newkirk, G.F. Haley, L.E.; Waugh, D.L. & R. Doyle. 1977. Genetics of larvae and spat growth rate in the oyster *Crassostrea virginica*. *Marine Biology* 41: 49-52

- 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
- Ollivier, L. 1987. Current principles and future prospects in selection of farm animals. In: Weir, B.S., Eisen E.J., Goodman, M.M. and Namkoong, G. (Ed). 724 p. Proceedings of the second International Conference on Quantitative Genetics. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts.
- Reagan, R.E.; Pardue, G.B. & E.J. Eisen. 1976. Predicting selection response for growth of channel catfish. Journal of Heredity 67: 49-53
- Refstie, T. & T.A. Steine. 1978. Selection experiments with salmon III. Genetic and environmental sources of variation in length and weight of Atlantic salmon in the freshwater phase. Aquaculture 14: 221-234
- Ruzzante, D.E. 1986. Selection for growth rate in the European Oyster, "*Ostrea edulis*": A multivariate Approach. M.Sc. Thesis, Dalhousie, Univ., Halifax, N.S.
- Singh, S.M. & E. Zouros. 1981. Genetics of growth rate of oysters and its implications for aquaculture. Canadian Journal of Genetics and Cytology 23: 119-130.
- Smith, C. 1987. Potential for animal breeding, current and future. In: Weir, B.S., Eisen, E.J., Goodman, M.M. and Namkoong, E. (Ed.). 724 p. Proceedings of the Second International Conference of Quantitative Genetics. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts.
- Thorgaard, G.H. 1986. Ploidy manipulation and performance. Aquaculture 57: 57-64.
- Toro, J.E. & G.F. Newkirk. 1990a. Divergent selection for growth rate in the European oyster *Ostrea edulis*: response to selection and estimation of genetic parameters. Marine Ecology Progress Series 63 (3): 219-227.
- Toro, J.E. & G. F. Newkirk. 1990b. Phenotypic analysis in the Chilean oyster *Ostrea chilensis* (Philippi 1845): relationship between juvenile and adult growth rates. Aquaculture and Fisheries Management 21: 285-291.
- Van Vleck, L.D. 1987. Observations on selection advances in Dairy Cattle. In: Weir, B.S., Eisen, E.J., Goodman, M.M. and Namkoong, G. (Ed.). 724 p. Proceedings of the Second International Conference on Quantitative Genetics. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts.

Wada, K.I. 1986. Genetic selection for shell traits in the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*. *Aquaculture* 57: 171-176.

Walne, P.R. 1979. Culture of Bivalve Molluscs. 50 years' experience at Conwy. 186 p. Fishing News Books Ltd. Farnham, London.

Manuscrito recibido en agosto y aceptado en diciembre de 1990.