

# Evolución de las tasas de crecimiento en individuos diploides y triploides de rodaballo *Scophthalmus maximus* (L., 1758)

E. Vázquez<sup>1</sup>, C. Fernández-Pato<sup>2</sup>, C. Martínez-Tapia<sup>2</sup>, G. Blanco<sup>1</sup>,  
J. A. Sánchez Prado<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biología Funcional-Genética. Universidad de Oviedo. Julián Clavería, s/n. E-33006 Oviedo (Asturias), España. Correo electrónico: evm@correo.uniovi.es

<sup>2</sup> Planta de Experimentación en Acuicultura El Bocal. Instituto Español de Oceanografía. P.O. Box 240. 39080 Santander (Cantabria), España

Recibido en julio de 2001. Aceptado en febrero de 2002.

## RESUMEN

El crecimiento de los peces triploides de diversas especies ha sido objetivo de múltiples trabajos cuyos resultados no indican una pauta sostenida de comportamiento en cuanto a esta variable, obteniéndose a menudo resultados contradictorios, incluso entre individuos de la misma especie.

En este trabajo se analizan las tasas de crecimiento de dos grupos de individuos triploides de rodaballo *Scophthalmus maximus* (L., 1758) producidos mediante la técnica de choques térmicos fríos en distintos momentos y procedentes de diferentes stocks reproductores. Los datos indican que no hay diferencias entre los diploides y los triploides y, además, que las similitudes son mayores entre cada grupo y su control que entre los grupos del mismo nivel de ploidía.

**Palabras clave:** Tasa de crecimiento, rodaballo, ploidía.

## ABSTRACT

### *Evolution of growth rates in triploid and diploid turbot *Scophthalmus maximus* (L., 1758)*

*The literature on the growth rates of triploid fish before reaching maturity is inconclusive, often reporting contradictory results, even between individuals of the same species.*

*The present paper analyses the growth rate of two groups of diploid and triploid turbot *Scophthalmus maximus* (L., 1758). The triploids were produced through the technique of thermal cold shocks. The specimens originated from two different broodstocks. No differences in growth rate were found between diploid and triploid fish.*

**Keywords:** Growth rate, turbot, ploidy.

## INTRODUCCIÓN

Los individuos triploides tienen como característica fundamental su esterilidad, lo que les confiere utilidad en campos diversos (Ihssen *et al.*, 1990). Difieren de los diploides tanto en el número de células como en el tamaño de las mismas, lo que, a menudo, da como resultado diferencias en el crecimiento y en el comportamiento cuando se comparan diploides y triploides mantenidos en las mismas condiciones (Benfey, 1999).

La inducción de triploidía es un método económicamente asequible para la producción de peces estériles, ya sea con fines de cultivo para el consumo humano, para repoblación y en prevención de los disturbios genéticos que pueden producirse debido a escapes de los individuos de granja y su reproducción en el medio natural, como ocurre en el caso de los salmónidos (Cotter *et al.*, 2000) y, más recientemente, en la obtención de individuos transgénicos para asegurar su esterilidad (Hallerman y Kapuscinski, 1995).

Existen en la bibliografía numerosos estudios comparativos de ambos grupos de ploidía en diferentes especies, tanto marinas como de agua dulce, con resultados variables dependiendo, no sólo de la especie, también de la edad de los individuos y de las condiciones de cultivo (Lincoln, 1981; Johnson, Dickhoff y Utter, 1986; Galbreath y Thorgaard, 1995; Qin, Fast y Ako, 1998; Felip *et al.*, 1999; O'Keefe y Benfey, 1999; Koedprang y Na-Nakorn, 2000).

En todos los casos se admite, no obstante, que no se puede establecer una regla general, ya que cada especie, debido a su hábitat y características fisiológicas, tienen comportamientos distintos que redundan en diferentes eficiencias para el crecimiento (Henken, Brunink y Richter, 1987).

En este trabajo se presentan datos de tasas de crecimiento de dos grupos de individuos triploides de rodaballo *Scophthalmus maximus* (L., 1758) mantenidos en el Centro Oceanográfico de Santander, de los que ya se había estudiado el crecimiento mediante análisis multivariante de los incrementos de peso en sucesivas mediciones y no se habían encontrado diferencias significativas entre ellos y sus controles diploides (Fernández-Pato *et al.*, 1998; Vázquez *et al.*, 2000).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se comparan las tasas de crecimiento de rodaballos triploides y sus correspondientes controles di-

ploides en dos grupos de individuos, uno de los cuales ha sido cedido por la empresa Rodecan S. A. y el otro ha sido obtenido en el Centro Oceanográfico de Santander con la técnica de choques térmicos fríos (Vázquez *et al.*, 1998) y posterior comprobación de la triploidía analizando muestras de sangre individuales por citometría de flujo (Vázquez *et al.*, 1996).

Ambos grupos están compuestos por dos réplicas de 30 individuos cada una, tanto en el caso de los triploides como en el de los diploides. Cada grupo y su réplica correspondiente fueron mantenidos en tanques separados en las mismas condiciones de cultivo (tipo y volumen de los tanques, temperatura, oxígeno, iluminación y alimentación). En el caso de la muestra de Rodecan (experimento I) los individuos han sido medidos y pesados periódicamente hasta el inicio de la primera maduración. En los individuos obtenidos en el Centro Oceanográfico de Santander (experimento II), los controles abarcan un periodo de 30 meses y se continuará posteriormente hasta después de la primera maduración. En este segundo grupo se dispone, además, de datos de las tasas de crecimiento individual correspondientes a 20 especímenes triploides y otros 20 diploides.

Las tasas de crecimiento han sido calculadas mediante la fórmula

$$TC = [(ln p_T - ln p_t) / (T - t)] 100$$

donde  $p_T$  y  $p_t$  representan los pesos medios en los controles efectuados en los tiempos  $T$  y  $t$  y la diferencia  $(T - t)$  el número de días transcurridos entre ambos controles.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cada grupo experimental, el análisis por separado de las réplicas no mostró diferencias significativas ( $t$ -Student;  $p > 0,05$ ), por lo que se analizan conjuntamente los datos de las dos réplicas como muestra única.

### Experimento I

Los datos del experimento que corresponden a los individuos de Rodecam se muestran en la tabla I. En el primer control los pesos medios de cada grupo de ploidía fueron significativamente dife-

Tabla I. Datos de crecimiento de los dos grupos de individuos del experimento I.

Experimento I	Peso inicial	Peso final	Tasa de crecimiento
Diploides	68,37 ± 1,43	2 506,90 ± 52,85	0,395
Triploides	93,14 ± 1,40	2 030,45 ± 44,66	0,338
Edad	9 meses	39 meses	

rentes (*t*-Student;  $p < 0,05$ ). En los sucesivos controles no se observa un comportamiento uniforme, dado que, en ocasiones, crecen más los triploides, y viceversa (figura 1); no obstante, las tasas de crecimiento global son similares en ambos grupos (tabla I), y también la evolución de las mismas a lo largo de los controles. En las primeras etapas hay una mayor tasa de crecimiento (figura 1), que disminuye progresivamente hasta alcanzar valores ínfimos coincidiendo con el periodo inmediatamente anterior al inicio de la maduración (0,094 en los diploides y 0,119 en los triploides), intervalo en el que la tasa se muestra favorable a los triploides aunque no se refleja en un mayor peso final de este grupo (tabla I).

### Experimento II

Los datos del experimento que corresponden a los individuos obtenidos en el Centro Oceanográ-

fico de Santander se muestran en la tabla II. También en este caso los pesos medios iniciales son diferentes (*t*-Student;  $p < 0,05$ ), aunque, al contrario de lo que ocurría en el experimento I, los triploides son los de menor peso. Tiene interés señalar que en este experimento los individuos diploides usados como control son hermanos de los triploides sometidos igualmente al choque frío, por lo que es descartable que las diferencias de peso observadas puedan ser debidas a efectos del choque.

Los resultados generales corroboran los obtenidos anteriormente: una mayor tasa de crecimiento en las primeras etapas (figura 2) y una estrecha correlación entre las tasas de ambos grupos en los diferentes controles, con los datos finales ligeramente favorables a los triploides, aunque, en este caso, se trata de peces que aun no han llegado al tiempo de inicio del proceso de maduración y, por tanto, la tasa de crecimiento aun no se ha reducido tanto como en los anteriores.

Tabla II. Datos de crecimiento de los dos grupos de individuos del experimento II.

Experimento II	Peso inicial	Peso final	Tasa de crecimiento
Diploides	63,10 ± 1,63	944,59 ± 28,90	0,468
Triploides	49,96 ± 1,84	917,14 ± 26,05	0,504
Edad	6 meses	25 meses	

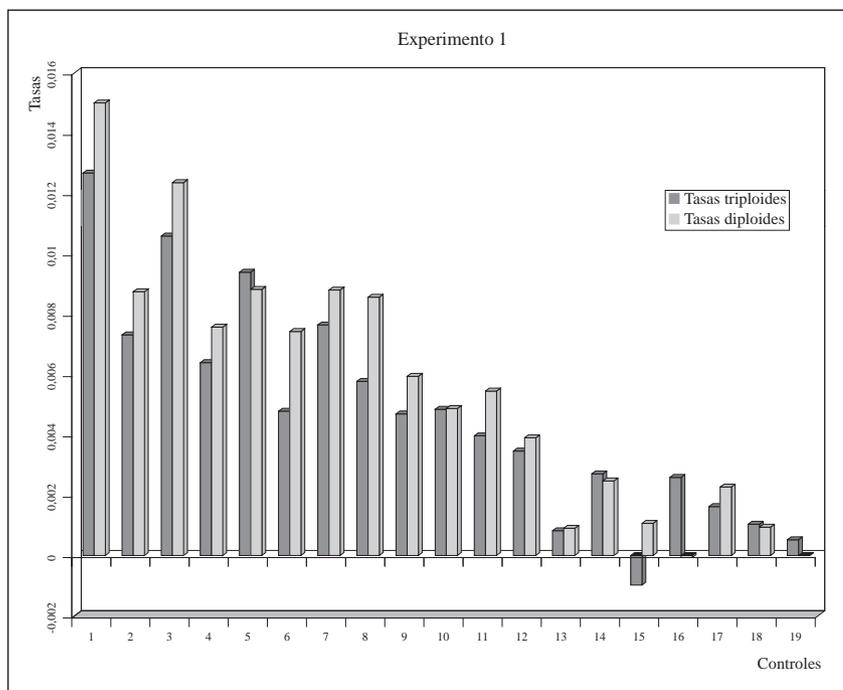


Figura 1. Tasas de crecimiento en los controles sucesivos (experimento I).

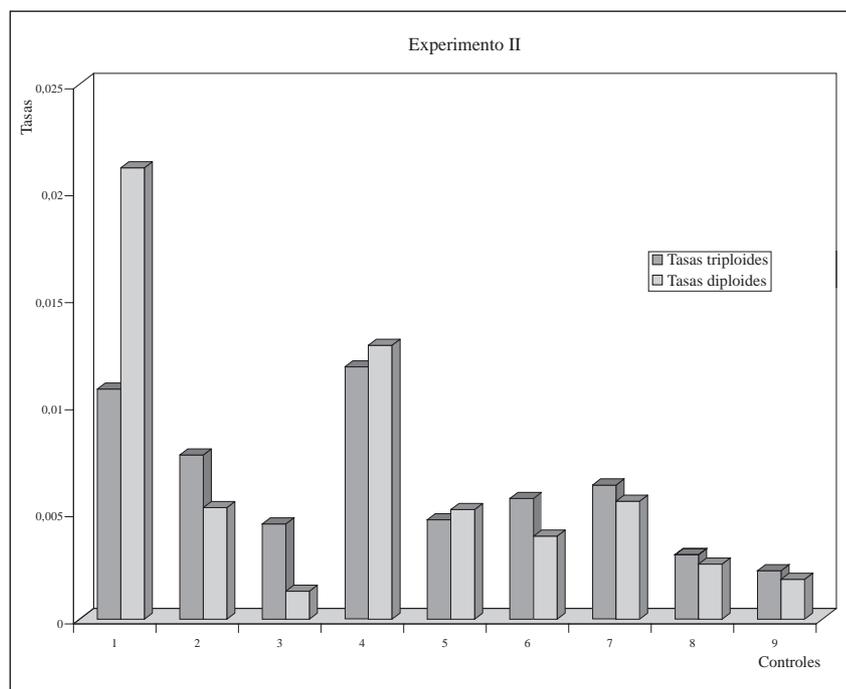


Figura 2. Tasas de crecimiento en los controles sucesivos (experimento II).

En los individuos marcados, los controles se realizaron hasta los 18 meses de edad, y los valores medios de las tasas de crecimiento en ese periodo fueron 0,721 0,018 en el grupo diploide y 0,753 0,040 en el grupo triploide, que, comparadas mediante una *t* de Student, no arrojan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

En la tabla III se muestran los datos que corresponden al mismo periodo de edad de ambos grupos experimentales (I y II), que abarca desde los 9 a los 25 meses. Nuevamente, las comparaciones indican que las similitudes son mayores entre cada grupo triploide y su control correspondiente que las existentes entre los grupos con el mismo nivel de ploidía, lo que parece sugerir un mayor peso de los factores ambientales y genéticos en el crecimiento que del factor ploidía.

Estos resultados son coincidentes con los encontrados por diferentes autores para distintas especies, como tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) (Hussain *et al.*, 1995), pez gato africano *Clarias*

*gariepinus* (Burchel, 1822) (Henken, Brunink y Richter, 1987), salmón coho *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum, 1792) (Benfey *et al.*, 1989) y lubina *Dicentrarchus labrax* (L., 1758) (Felip *et al.*, 2001).

En nuestro trabajo, los individuos de cada nivel de ploidía fueron mantenidos en tanques separados ya que, frecuentemente, la competencia por el alimento cuando se crían juntos se aduce como una posible explicación de la falta de éxito de los triploides en el crecimiento; sin embargo, O'Keefe y Benfey (1999), en un trabajo con salvelino *Salvelinus fontinalis* (Mitchill, 1814), no encuentran diferencias entre los grupos de ploidía en cría conjunta y en cría separada, y sí entre individuos dentro de los grupos, lo que aludiría, de nuevo, a la importancia de los factores genéticos.

Por otro lado, y de acuerdo con lo expresado por los autores mencionados, también hay que considerar la posibilidad de que las condiciones óptimas de crecimiento no sean las mismas para ambos grupos de ploidía en función de sus dife-

Tabla III. Datos de crecimiento de los dos grupos de individuos de los experimentos I y II en el mismo periodo de edad (de los 9 a los 25 meses).

	Diploides I	Diploides II	Triploides I	Triploides II
Peso 9 meses	68,37 ± 1,43	162,47 ± 6,25	93,14 ± 1,40	109,30 ± 4,82
Peso 25 meses	1 472,12 ± 43,89	944,59 ± 28,90	1 243 ± 37,49	917,14 ± 26,05
Ganancia	1 403,75	782,12	1 149,86	807,84
Tasa de crecimiento	0,723	0,362	0,611	0,348

rencias fisiológicas, por lo que es interesante un estudio más pormenorizado de los efectos de la triploidía en las especies atendiendo a las características peculiares de cada una.

No obstante, el hecho de que los triploides no tengan un mayor crecimiento que sus congéneres diploides no redundaría, necesariamente, en un menor interés de los mismos, ya que se mantiene la esterilidad con las ventajas que ello conlleva en cultivos para uso comercial, en repoblación, transgenia y otros.

## BIBLIOGRAFÍA

- Benfey, T. J. 1999. The physiology and behavior of triploid fishes. *Review in Fisheries Science* 7: 39-67.
- Benfey, T. J., H. M. Dye, I. I. Solar y E. M. Donalson. 1989. The growth and reproductive endocrinology of adult triploids Pacific salmonids. *Fish Physiology and Biochemistry* 6: 113-120.
- Cotter, D., V. O'Donovan, N. O'Maoiléidigh, G. Rogan, N. Roche y N. P. Wilkins. 2000. An evaluation of the use of triploid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in minimising the impact of escaped farmed salmon on wild populations. *Aquaculture* 186: 61-75.
- Felip, A., F. Piferrer, S. Zanuy y M. Carrillo. 2001. Comparative growth performance of diploid and triploid European sea bass over the first four spawning seasons. *Journal of Fish Biology* 58: 76-88.
- Felip, A., S. Zanuy, M. Carrillo y F. Piferrer. 1999. Growth and gonadal development in triploid sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) during the first two years of age. *Aquaculture* 173: 389-399.
- Fernández-Pato, C., C. Martínez-Tapia, J. Sánchez, E. Vázquez, G. Blanco, A. Criado, y J. González. 1998. Comparison of growth, survival and body composition of diploid and triploid specimens of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) to first sexual maturation. En: *Aquaculture and water fish culture, shellfish culture and water usage*. (European Aquaculture Society. Special Publication). H. Grizel y P. Kestemont (eds.) 26: 80-82. European Aquaculture Society. Ostende, Bélgica.
- Galbreath, P. F. y G. H. Thorgaard. 1995. Saltwater performance of all-female triploid Atlantic salmon. *Aquaculture* 138: 77-85.
- Hallerman, E. M. y A. R. Kapuscinski. 1995. Incorporating risk assessment and risk management into public policies on genetically modified finfish and shellfish. *Aquaculture* 137: 9-17.
- Henken, A. M., A. M. Brunink y C. J. J. Richter. 1987. Differences in growth rate and feed utilization between diploid and triploid African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1882). *Aquaculture* 63: 233-242.
- Hussain, M. G., G. P. S. Rao, N. M. Humayun, C. F. Randall, D. J. Penman, D. Kime, N. R. Bromage, J. M. Myers y B. J. McAndrew. 1995. Comparative performance of growth, biochemical composition and endocrine profiles in diploid and triploid tilapia *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture* 138: 87-97.
- Ihssen, P. E., L. R. McKay, I. McMillan y R. B. Phillips. 1990. Ploidy manipulation and gynogenesis in fishes: Cytogenetic and fisheries applications. *Trans. Am. Fish. Soc.* 119: 698-717.
- Johnson, O. W., W. W. Dickhoff y F. M. Utter. 1986. Comparative growth and development of diploid and triploid coho salmon *Oncorhynchus kisutch*. *Aquaculture* 57: 329-336.
- Koedprang, W. y U. Na-Nakorn. 2000. Preliminary study of triploid Thai silver barb, *Puntius gonionotus*. *Aquaculture* 190: 211-221.
- Lincoln, R. F. 1981. The growth of female diploid and triploid plaice (*Pleuronectes platessa*) flounder (*Platichthys flesus*) hybrids over one spawning season. *Aquaculture* 25: 259-268.
- O'Keefe, R. A. y T. J. Benfey. 1999. Comparative growth and food consumption of diploid and triploid brook trout (*Salvelinus fontinalis*) monitored by radiography. *Aquaculture* 175: 111-120.
- Qin, J. G., A. W. Fast y H. Ako. 1998. Growout performance of diploid and triploid Chinese catfish *Clarias fuscus*. *Aquaculture* 166: 247-258.
- Vázquez, E., C. Fernández-Pato, C. Martínez-Tapia, G. Blanco y J. A. Sánchez-Prado. 1996. Rapid flow cytometry method for triploidy determination in turbot (*Scophthalmus maximus* L.). En: *1996 ICES Annual Science Conference* (27 de septiembre - 4 de octubre, 1996. Reykjavik, Islandia). *ICES C.M. 2000/F:8*: p. 9.
- Vázquez, E., C. Fernández-Pato, C. Martínez-Tapia, G. Blanco y J. A., Sánchez-Prado. 1998. Triploidy induction in turbot (*Scophthalmus maximus* L.) using temperature shocks. En: *Aquaculture and water fish culture, shellfish culture and water usage*. (European Aquaculture Society. Special Publication). H. Grizel y P. Kestemont (eds.) 26: 268-269. European Aquaculture Society. Ostende, Bélgica.
- Vázquez, E., C. Fernández-Pato, C. Martínez-Tapia, G. Blanco y J. A. Sánchez-Prado. 2000. Some growth data of cold shock triploids in turbot (*Scophthalmus maximus* L.). En: *2000 ICES Annual Science Conference* (27-30 de septiembre, 2000. Brujas, Bélgica). *ICES C.M. 2000/O:08*: p. 80.