

Estimaciones preliminares de heredabilidades para caracteres de crecimiento en dorada (*Sparus auratus* L.)

A. Navarro^{*,****}, M.J. Zamorano^{*}, M.A. Pérez-Cabal^{**}, O. González-Recio^{**}, C. Mazorra^{***}, R. Ginés^{*}, J.M. Afonso^{*}

* División de Acuicultura y Genética Marina. Instituto Universitario de Sanidad Animal y Seguridad Alimentaria. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Trasmontaña s/n, 35416 – Arucas, Spain.

** Departamento de Producción Animal - E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

*** Tinamenor SA. Marismas de Pesués nº7. CP 39548 – Pesués. Cantabria.

**** Autor a quien hay que dirigir la correspondencia: Tel.: 928451112; Fax.: 928451142; e-mail: ana.navarro104@doctorandos.ulpgc.es. Ana Navarro y Guerra del Río. División de Acuicultura y Genética Marina. Instituto Universitario de Sanidad Animal y Seguridad Alimentaria. C/ Trasmontaña s/n - 35416 - Arucas. Las Palmas – Spain

Resumen

En este estudio se estimaron las heredabilidades para el peso y la longitud a distintas edades, en doradas procedentes de un lote industrial. Se utilizó una muestra de 300 descendientes provenientes de una puesta masal de 15 padres y 22 madres. La genealogía se estimó mediante la caracterización de todos los peces para 6 marcadores microsatélites, cinco específicos de dorada (*Sparus auratus* L.) (SaGT41a, SaGT41b, SaGT31, SaGT32, SaGT26) y uno descrito en besugo (*Pagellus bogaraveo*) (PbMS2). Para el análisis de los datos se utilizó un modelo animal considerando como efectos fijos el tanque y el sistema de cultivo (intensivo o mesocosmos). Las estimas de las heredabilidades fueron 0,25±0,08, 0,29±0,09, 0,29±0,09, 0,20±0,08 para el peso a la edades de 132, 167, 331 y 483 días, respectivamente. Para estas mismas edades, las heredabilidades para la longitud fueron 0,36±0,09, 0,37±0,10, 0,21±0,08, 0,21±0,09, respectivamente.

Palabras clave: Heredabilidad, crecimiento, microsatélite, dorada, *Sparus auratus*

Summary

Preliminary estimates of heritabilities for growth traits in gilthead seabream (*Sparus auratus* L.)

In this study, the heritabilities for weight and length at different ages, in gilthead seabream from the industry, were estimated. A sample of 300 offspring from 15 sires and 22 dams were analyzed. The genealogy was inferred using six microsatellite markers, five specific of gilthead seabream (*Sparus auratus* L.) (SaGT41a, SaGT41b, SaGT31, SaGT32, SaGT26) and one unspecific from *Pagellus bogaraveo* (PbMS2). An animal model was applied on data base using as fixed factors tank and culture system (intensive or mesocosms). The estimates of heritabilities were 0.25±0.08, 0.29±0.09, 0.29±0.09, 0.20±0.08, for weight at days 132, 167, 331 and 483 respectively. Also for these ages, the estimates of heritabilities for length were 0.36±0.09, 0.37±0.10, 0.21±0.08, 0.21±0.09 respectively.

Key words: Heritability, growth, microsatellite, gilthead seabream, *Sparus auratus*

Introducción

Actualmente existen programas de mejora en piscicultura que están siendo llevados a cabo en distintas especies y países, tanto de carácter público como privado, si bien su número sigue siendo escaso (Gjedrem, 1997). A pesar de las diferencias biológicas y de mercado entre las distintas especies, los programas comparten como objetivos, susceptibles de mejora, aquellos relacionados con el crecimiento, la presencia de deformidades, la calidad de la carne y la resistencia a enfermedades. En general, los valores de heredabilidad de estos caracteres en peces son buenos, oscilando desde estimas bajas en los relacionados con la calidad de la carne (Gjerde y Gjedrem, 1984; Rye y Gjerde, 1996; Quinton *et al.*, 2005), hasta valores muy altos para los referidos a la presencia/ausencia de deformidades (Mckay y Gjerde, 1986; Astorga *et al.*, 2004; Gjerde *et al.*, 2005). De todos los caracteres, los de crecimiento son los más importantes y para los cuales se producen considerables progresos genéticos en el seno de los programas de selección en curso (Gjerde, 1986; O'Flynn *et al.*, 1999).

La dorada es una de las especies de mayor interés dentro de la acuicultura mediterránea debido a su amplio rango de distribución geográfica y niveles de producción. Sin embargo, la implantación de programas de selección en dorada a escala industrial no es tan sencillo como en salmónidos, ya que para asegurar la calidad y volumen de sus alevines se realizan puestas masales a partir de lotes de reproductores que oscilan entre los 50 – 60 peces (Brown *et al.*, 2005). Esto ha dado lugar a que no existan prácticamente estimas de parámetros genéticos, salvo las realizadas por Knibb *et al.* (1998) para el peso, Montero *et al.* (2001) para el cortisol plasmático post-estrés de confinamiento y Astorga *et al.* (2004) para la presencia/ausencia de deformidades.

En este sentido, en el presente estudio se han estimado las heredabilidades de caracteres de crecimiento a partir de una muestra de los descendientes de un stock comercial de reproductores de dorada.

Materiales y métodos

Un lote de huevos procedentes del stock de reproductores de la empresa Tinamenor SA (San Vicente de la Barquera, Cantabria) fue sembrado en las instalaciones del Instituto Canario de Ciencias Marinas (Telde, Gran Canaria). Una vez se produjo la eclosión, las larvas fueron sometidas a dos sistemas de cultivo diferentes: intensivo y semi-intensivo, este último conocido como tecnología mesocosmos (Hernández-Cruz *et al.*, 1999). Después del periodo larvario los peces de ambas poblaciones se criaron bajo las mismas condiciones intensivas en tanques separados. A la edad de 132 días, una muestra de 137 peces provenientes del sistema intensivo y 244 del de mesocosmos se marcaron individualmente con *Passive Integrated Transponder* (PIT; Trovan Daimler-Benz) en la en cavidad abdominal, tal y como se describe en Navarro *et al.* (2004).

Los peces se repartieron en tres tanques de 1.000 l y se criaron bajo condiciones intensivas hasta alcanzar la talla comercial. A las edades de 132, 167, 331 y 483 días fueron pesados y medidos. El reparto del alimento se realizó mediante comederos de autodemanda utilizando piensos comerciales (Proaqua S.A., Dueñas, Palencia). La temperatura del agua osciló entre los 19,32±0,07°C en marzo y los 24,97±0,08 °C en septiembre. El oxígeno disuelto y el flujo del agua fueron de 5,98±0,01 ppm y de 21 l/min, respectivamente. Las densidades variaron desde los 2,26±0,083 kg/m³ y los 35,01±1,74 kg/m³ al inicio y al final del experimento, respectivamente.

Tanto los peces marcados con PIT como los reproductores de los que provenían, fueron caracterizados genéticamente con seis marcadores microsatélites, cinco específicos de dorada (SaGT41a, SaGT41b, SaGT31, SaGT32, SaGT26) (Batargias et al., 1999) y uno descrito en besugo (PbMS2) (Stockley et al., 2000). Para ello, se tomó un fragmento de tejido de la aleta caudal que fue conservado en 1 ml de etanol absoluto hasta su procesamiento. La extracción de ADN se realizó mediante el método del fenol-cloroformo (Sambrook et al., 1989), resuspendiéndose en 50ml de TE y conservándose a 4° C. Los microsatélites fueron amplificados en un termociclador *i-Cycler* (Bio-Rad), siguiendo las condiciones de amplificación descritas por Batargias et al. (1999) para los específicos de dorada, y Oliva et al. (2004) para el marcador PbMS2. Los productos de amplificación se analizaron en un secuenciador automático de ABI Prism® 3100 (Applied Biosystems, Foster, EE.UU.) y la determinación de sus tamaños se realizó mediante el programa Genotyper (versión 3.7). La inferencia de la genealogía se llevó a cabo mediante un programa desarrollado para tal efecto por el Dr. D. Jesús Fernández Martín (Dpto. de Mejora Genética Animal, INIA, Madrid).

Las estimas de las heredabilidades se determinaron a partir de una muestra de 300 individuos del grupo de peces marcados. Los reproductores que contribuyeron a la descendencia, a través de una puesta masal, fueron 15 padres y 22 madres. Se utilizó un modelo animal, considerando el tanque y el sistema de cultivo como efectos fijos y el animal como efecto aleatorio, mediante el programa VCE (v 5.1.2) (Kovač et al., 2002).

Resultados y discusión

A la edad de 132 días, el peso y longitud media de los peces fue de $4,90 \pm 0,08$ g y

$6,63 \pm 0,03$ cm, respectivamente, siendo a la de 167 días de $20,78 \pm 0,29$ g y $10,45 \pm 0,045$ cm. La elección de estas fechas para realizar los muestreos, y estimar ahí las heredabilidades en los dos caracteres, viene determinada porque suelen ser éstos los plazos medios en los cuales los alevines salen de las empresas de cría hacia las de engorde y donde éstas últimas completan la fase de preengorde previa a la reordenación de sus lotes de engorde y/o criba de deformes. Por su parte, a los 331 días, edad a la cual la incipiente maduración sexual (Zohar et al., 1978; Micale y Perdichizzi, 1990) puede interferir negativamente sobre el crecimiento (Ginés et al., 2003) (en este lote concreto se correspondió esa edad con la estación reproductiva), el peso y longitud media fue de $189,95 \pm 1,90$ g y $20,54 \pm 0,06$ cm, respectivamente. Finalmente, al alcanzar la talla comercial, a los 483 días de edad, peso y longitud fueron de $351,03 \pm 3,18$ g y $25,27 \pm 0,07$ cm, respectivamente.

Las estimas de las heredabilidades para el peso y la longitud a las distintas edades se presentan en la tabla 1. Como se aprecia, los rangos de variación estuvieron comprendidos entre 0,20 y 0,29 para el peso, y entre 0,21 y 0,37 para la longitud. En cuanto al peso, las estimas son ligeramente inferiores a la heredabilidad descrita por Knibb et al. (1998), si bien la estima de estos autores fue realizada después de una selección masal. Las correlaciones genéticas entre el peso y la longitud en todas las edades estuvieron comprendidas entre $0,94 \pm 0,04$ a la edad de 483 días, y $0,99 \pm 0,01$ a la edad de 132 días.

Las heredabilidades del presente estudio ponen de manifiesto que la dorada es una especie con una notable componente genética aditiva para los caracteres de crecimiento en momentos económicamente importantes para la industria. Máxime si se tiene en cuenta que han sido obtenidas según las

pautas de manejo que siguen las empresas, en el sentido de que los lotes de engorde se constituyen con individuos provenientes de varias familias. Gracias a esto, se elimina la fuente de parecido por ambiente común que genera la cría separada de las familias (Herbinger et al., 1999). Por todo ello, la

implantación de un programa de mejora genética en dorada puede ofrecer progresos genéticos comparables a los ya obtenidos en otras especies como salmón del Atlántico (Gjerde, 1986; O'Flynn et al., 1999), o el del salmón del Pacífico (Roberto Neira, comunicación personal).

Tabla 1. Estimaciones de heredabilidades para el peso y la longitud a distintas edades, en dorada
Table 1. Estimate of heritabilities for weight and length at different ages, in gilthead seabream

Edad	Carácter	Heredabilidad
132 días	Peso	$0,25 \pm 0,08$
	Longitud	$0,36 \pm 0,09$
167 días	Peso	$0,29 \pm 0,09$
	Longitud	$0,37 \pm 0,10$
331 días	Peso	$0,29 \pm 0,09$
	Longitud	$0,21 \pm 0,08$
483 días (sacrificio)	Peso	$0,20 \pm 0,08$
	Longitud	$0,21 \pm 0,09$

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer al personal del departamento de cultivos del Instituto Canario de Ciencias Marinas, su ayuda durante la cría de los peces, así como al Dr. Jesús Fernández Martín por su programa para determinación de parentesco. Este estudio fue financiado parcialmente por los proyectos PI-2002/212 del Gobierno de Canarias y ACU00-005 del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.

Bibliografía

Astorga N, Zamorano MJ, Toro MA, García Cortés LA, Montero D, Afonso JM, 2004. Heredabilidad del carácter presencia o ausencia de deformaciones esqueléticas en dorada (*Sparus aurata* L.). ITEA. 100A, 3: 256-250.

Batargias C, Dermizakis E, Magoulas A, Zouros E, 1999. Characterization of six polymorphic microsatellite markers in gilthead seabream, *Sparus aurata*. (Linnaeus, 1758). *Molecular Ecology*. 8: 897-898.

Brown R, Woolliams JA, McAndrew BJ, 2005. Factors influencing effective populations of gilthead seabream, *Sparus aurata*. *Aquaculture* 247: 219-225.

Ginés R, Afonso JM, Argüello A, Zamorano MJ, López JL, 2003. Growth in adult gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) as a result of interference in sexual maturation by different photoperiod regimes. *Aquaculture Research*, 34, 1: 73-83.

Gjedrem T, 1997. Selective breeding to improve aquaculture production. *World Aquaculture*. 28: 33-45.

Gjerde B, 1986. Growth and reproduction in fish and shellfish. *Aquaculture*. 57, 1-4: 37-55.

Gjerde B, Gjedrem T, 1984. Estimates of phenotypic and genetic parameters for carcass traits

- in Atlantic salmon and rainbow trout. *Aquaculture*. 36: 97-110.
- Gjerde B, Pante MJ, Baeverfjord G, 2005. Genetic variation for a vertebral deformity in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. 244: 77-87.
- Herbinger CM, O'Reilly PT, Doyle RW, Wright JM, O'Flynn F, 1999. Early growth performance of Atlantic salmon full-sib families reared in single family tanks versus in mixed family tanks. *Aquaculture* 173: 105-116.
- Hernández-Cruz MC, Salhi M, Bessonart M, Izquierdo MS, González MM, Fernández-Palacios H, 1999. Rearing techniques for red pogy (*Pagrus pagrus*) during larval development. *Aquaculture*. 179: 489-497.
- Knibb W, Gorshkova G, Gorshkov S, 1998. Selection and crossbreeding in Mediterranean cultured marine fish (Review). *Cahiers Options Méditerranéennes*. 34: 47-60.
- Kovač M, Groeneveld E, García-Cortés LA, 2002. VCE-5: A package for the optimization of dispersion parameters. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, France. August 20-23.
- McKay L, Gjerde B, 1986. Genetic variation for a spinal deformity in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*. 52: 263-272.
- Micale V, Perdichizzi F, 1990. Gonadal responsiveness to photoperiod extension in captivity-born *Sparus aurata* (L.) during the male phase. *Boll. Zool*, 57: 21-26.
- Montero D, Robaina L, Tort L, Afonso JM, Fernández-Palacios H, Izquierdo MS, 2001. Selective breeding for stress tolerance in gilthead sea bream *Sparus aurata*. World Aquaculture Society Symposium, Lake Buena Vista, Florida, January 21-25. p: 449.
- Navarro A, Oliva V, Zamorano MJ, Ginés R, Afonso JM, 2004. Evaluación del sistema de marcaje PIT (*Passive Integrated Transponder*) en alevines de dorada (*Sparus auratus* L.). *ITEA*. 100A, 3: 141-145.
- O'Flynn FM, Bailey JK, Friars GW, 1999. Responses to two generations of index selection in Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture*. 173: 143-147.
- Oliva V, Zamorano MJ, Navarro A, Ginés R, Astorga N, Afonso JM. 2004. Utilización de marcadores microsatélites intraespecíficos e interespecíficos en poblaciones naturales de dorada. *ITEA*. 100A, 3: 276-280.
- Quinton CD, McMillana I, Glebe BD, 2005. Development of an Atlantic salmon (*Salmo salar*) genetic improvement program: Genetic parameters of harvest body weight and carcass quality traits estimated with animal models. *Aquaculture*. 247: 211-217.
- Rye M, Gjerde B, 1996. Phenotypic and genetic parameters of composition traits and flesh colour in Atlantic salmon. *Aquaculture*. 27: 121-133.
- Sambrook J, Fritsch EF, Maniatis T, 1989. In molecular cloning: a laboratory Manual. 2^o Ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press. Cold Spring Harbor. New York.
- Stockley BM, Rogers AD, Iyengar A, Menezes G, Santos R, Long A, 2000. Ten microsatellite loci isolated and developed for the blackspot seabream, *Pagellus bogaraveo* (Brunnich 1768). *Mol Ecol.*, 9, 7: 999-1000.
- Zohar Y, Abraham M, Gordin H, 1978. The gonadal cycle of the captivity-reared hermaphroditic teleost *Sparus aurata* (L.) during the first two years of life. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 18, 4: 877-882.

(Aceptado para publicación el 2 de mayo de 2006)