

DISTRIBUCIÓN FIBRILAR DE LA MUSCULATURA EN LUBINA, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) SALVAJE Y CULTIVADA DE TAMAÑO COMERCIAL: ESTUDIO POR SECTORES

Muscle fibre distribution in wild and reared sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) of commercial size: study by muscle blocks

Abdel I.^{1*}, López-Albors O.², Ayala M^a.D.², García-Alcázar A.¹, Abellán E.¹ y Gil F.²

¹Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Murcia. Ctra. de la Azohía s/n. 30860 Puerto de Mazarrón. Murcia. España.

²Anatomía Veterinaria. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. 30100 Murcia. España.

* Autor de referencia: isaac@mu.ieo.es

RESUMEN

La constitución fibrilar de la musculatura de la lubina, *Dicentrarchus labrax* (L.), de tamaño comercial ($\cong 350$ g) fue estudiada en dos poblaciones: salvaje y cultivada, en diferentes sectores de la sección transversal de la musculatura axial de las zonas craneal y caudal del miotomo. Los parámetros musculares cuantificados fueron el tamaño fibrilar (diámetro) y la densidad de fibras blancas. Los resultados encontrados muestran diferencias en la constitución fibrilar de los sectores del miotomo analizados. Tanto a nivel caudal como craneal estas diferencias se establecen cuando se comparan los sectores más internos (b y c) con los más externos (a y d), de tal forma que el tamaño fibrilar era menor en los extremos apicales. No obstante, esta tendencia se invierte a nivel caudal de los ejemplares cultivados. Además, a nivel caudal, el sector c presenta diferencias en la media del tamaño fibrilar entre ejemplares cultivados y salvajes ($P=0.001$).

Palabras clave: lubina, crecimiento muscular, hipertrofia, hiperplasia, sectores musculares.

ABSTRACT

Muscle cellularity was studied in wild and reared sea bass, *Dicentrarchus labrax* L., at commercial size ($\cong 350$ g), in different muscle blocks from transversal section of the axial musculature at both craneal and caudal levels of the miotome. Muscle parameters quantified were white muscle fibre diameter and white muscle fibre density. Results show different muscle cellularity among the studied blocks. Such differences are made evident when inner blocks (b and c) are compared with apical zones (a and d) and so, muscle fibre size

was smaller on the apical zones. However, this tendency is reversed at caudal level from reared specimens. Also, at caudal level, the muscle fibre size on the block c presented differences between both wild and reared specimens.

Keywords: sea bass, muscle growth, hypertrophy, hyperplastic, muscle blocks.

INTRODUCCIÓN

La importancia del tejido muscular en los peces queda puesta de manifiesto por el hecho de que constituye entre un 40-60% de la masa corporal del pez y le concede su valor nutritivo y comercial (Bone, 1978). En todos los peces, la musculatura axial se organiza en segmentos funcionales o miómeros, dispuestos de modo seriado y separados entre sí por láminas de tejido conectivo denominadas mioseptos. La morfología tridimensional de los miómeros muestra una complejidad creciente desde un modelo en V, presente en los elasmobranquios menos evolucionados, a la morfología en W, típica de los teleósteos (Bone, 1978). En conjunto, en el miómero de los peces teleósteos se pueden diferenciar dos zonas, una dorsal o epiaxial y otra ventral o hipoaxial, ambas separadas en el plano horizontal por un septo del mismo nombre. Las dos mitades así definidas constituyen a lo largo del pez el conjunto de los músculos dorsales y ventrales respectivamente.

En los peces, a diferencia de los mamíferos, el crecimiento muscular tiene lugar no sólo por hipertrofia (aumento del tamaño fibrilar), sino también por hiperplasia (génesis de nuevas fibras) (Greer-Walker, 1970; Stickland, 1983). En los teleósteos de gran tamaño final, el crecimiento hiperplásico precisa de una continua génesis y diferenciación de nuevas fibras musculares que persiste durante las fases postlarvares y adultas (hasta un tamaño de ^a 70 % talla final). Esta miogénesis postlarvaria (3ª fase de crecimiento hiperplásico) tiene como particularidad que las fibras neoformadas, de pequeño tamaño, se entremezclan con las fibras preexistentes, confiriendo a la musculatura un aspecto de mosaico. Según esto, Rowleron y Veggetti (2001)

han denominado esta 3ª fase hiperplásica como *crecimiento en mosaico*. Esto determina que tanto la cuantificación como la estimación del tamaño medio de las fibras blancas sean bastante complejas, siendo una de las causas que hacen que los estudios de caracterización de la constitución fibrilar de la musculatura en peces de mediano y gran tamaño sean relativamente escasos, comparado con la abundancia de estudios en larvas y alevines. Si ya en larvas la cuantificación del tamaño fibrilar y el número de fibras de los miotomos implica un análisis morfométrico ciertamente laborioso, esta tarea aumenta mucho en ejemplares de mediano o gran tamaño. En la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) destacan los trabajos de Stickland (1983) y Kiessling *et al.* (1991). Estos estudios ponen de manifiesto la importancia de realizar un muestreo estadístico adecuado, tanto en el número de peces como en la región del miotomo estudiada. Stickland (1983) estudió la miogénesis en los miotomos más caudales en 17 ejemplares y midió un total de cien fibras musculares en cada una de las regiones superficial, media y profunda del miotomo, a nivel de la línea lateral (septo horizontal). Por el contrario, Kiessling *et al.* (1991) estudiaron en 450 individuos secciones completas, en la zona craneal a la primera aleta dorsal. Las discrepancias observadas entre ambos estudios pueden tener numerosas explicaciones, pero Kiessling *et al.* (1991) resaltan la importancia de realizar el contaje de un número estadísticamente representativo de fibras así como de tipificar una determinada zona de toma de muestras.

En otras especies de peces también se han hecho estudios exhaustivos sobre la dinámica de crecimiento muscular. En dorada, (*Sparus aurata* L.), Rowleron *et al.* (1995) estudiaron

la miogénesis en ejemplares juveniles y adultos, en la zona epiaxial a nivel de la apertura anal. Esta zona fue dividida en tres áreas: adyacente, intermedia y dorsal al septo horizontal; midiendo en la totalidad de la zona un número variable de fibras comprendido entre 397 y 755. Estos autores encontraron que el sector apical (dorsal al septo horizontal) era el que presentaba un menor valor de la media del diámetro fibrilar. En lubina, *Dicentrarchus labrax* (L.), Veggetti *et al.* (1990) caracterizaron la constitución fibrilar de la musculatura en ejemplares juveniles y adultos. Para ello midieron un número representativo de fibras en el cuadrante epiaxial a nivel de la apertura anal; sin embargo, no llegaron a caracterizar los diferentes sectores de la musculatura, hecho sí realizado en larvas de 27 y 41 días, encontrando en ambos estadios una mayor proporción de fibras pequeñas en la zona apical a nivel de la apertura anal.

Según lo expuesto, se deduce que la caracterización de la constitución fibrilar en peces juveniles y adultos presenta dos problemas: tipificar una zona de toma de muestras y medir un número n de fibras que no dé lugar a errores. En gran medida, esta problemática queda resuelta por los estudios realizados en el salmón atlántico (*Salmo salar*, L.), por Johnston y McLay (1997) y Johnston *et al.* (1999; 2000a-d; 2003a, b). Estos autores han desarrollado una metodología de estudio que exige que la muestra de fibras se obtenga a partir de diferentes puntos de la sección transversal total de la musculatura axial. Lo más adecuado es fraccionar la totalidad de la sección transversal en subregiones de aproximadamente 0.5 a 1 cm² midiéndose, en cada una de ellas un número n de fibras, aproximadamente entre 150 ó 200. De este modo, se corrige, en gran medida, la variabilidad existente entre las diferentes áreas del miotomo y, a la vez, se obtiene un número total de fibras alto (800-1000 ó más).

Teniendo en cuenta todo lo comentado, en este trabajo hemos abordado el estudio de la distribución de tamaños fibrilares de la muscu-

latura de la lubina de talla comercial mediante una cuantificación del tamaño fibrilar en 3-4 diferentes regiones de la sección transversal total, incluyéndose las zonas apicales y centrales del miotomo, tanto a nivel caudal como craneal. Este estudio se ha realizado en ejemplares cultivados y salvajes, con el fin de contrastar los resultados en función del origen de los ejemplares.

MATERIAL Y MÉTODOS

La musculatura de la lubina fue estudiada en 16 ejemplares de tamaño comercial: 8 ejemplares de lubina atlántica (367.51 ± 5.04 g) cultivados en el Instituto Español de Oceanografía (Centro Oceanográfico de Murcia) bajo condiciones naturales de temperatura y fotoperiodo; y 8 salvajes (386.76 ± 7.91 g) capturados en la costa mediterránea de Murcia.

Los ejemplares cultivados procedían de una puesta de ≈ 380000 huevos, obtenida a partir de un stock de 50 reproductores de lubina atlántica mantenidos en un tanque de 45 m³ de capacidad. La puesta se repartió equitativamente en 4 incubadores de 1000 l de capacidad. En cada incubador se sembraron ≈ 86000 huevos. Se utilizó el método de cultivo en oscuridad, sin alimentación hasta los 160°C-día, momento en que los tanques se pusieron en iluminación continua y se inició la alimentación larvaria con nauplius de *Artemia salina*. El preengorde y el engorde se realizaron en tanques de 2000 y 7500 l, respectivamente, alimentándose los ejemplares con piensos comerciales cuya composición era: proteína bruta 45%; materia grasa 12%; cenizas 11% y celulosa bruta 1,3%. El alimento se suministraba en alimentadores a banda, ajustándose la cantidad en función de la biomasa y temperatura del agua. La toma de muestras se realizó cuando los peces alcanzaron un peso de ≈ 350 g (julio 2002).

Los ejemplares salvajes fueron capturados mediante red moruna en la costa mediterránea de Murcia (Puerto de Mazarrón y San Pedro del

Pinatar) y mantenidos durante 48 horas en tanques en tierra.

Todos los peces fueron anestesiados y sacrificados para ser transportados al laboratorio de Anatomía Veterinaria en cajas de poliestireno expandido con hielo picado en un tiempo máximo de 3 horas.

Procesado

En todos los ejemplares se realizó una doble sección transversal completa: a nivel de la apertura anal (zona caudal) y a nivel del 4º radio de la aleta dorsal (zona craneal) (**Fig. 1a**). Las secciones corporales completas, tanto a nivel craneal (**Fig. 1b**) como caudal (**Fig. 1c**) de la musculatura axial fueron partidas en dos mitades (derecha e izquierda), utilizándose sólo una de ellas para la obtención de bloques musculares dada la simetría entre ambas (**Figs. 1d y f**). Desde el extremo epiaxial al hipoaxial se obtuvieron una serie de bloques musculares (3 en la zona caudal y 4 en la zona craneal) de tamaño aproximadamente igual, representativos de las diferentes zonas del miotomo (**Fig. 1e y g**). Inmediatamente se congelaron según la metodología de Dubowitz y Brooke (1973): por inmersión durante 12-15 segundos en un vaso con 2-metilbutano (Merck®) llevado a su punto de congelación (-165°C) por contacto con nitrógeno líquido. Una vez congelados, los bloques se envolvieron rápidamente en papel de aluminio y fueron almacenados en un arcón congelador a -65°C (Nuair Nu:6511 E).

Los bloques musculares criocongelados se cortaron posteriormente en un criostato Reichert Jung modelo Cryocut E a -20°C. Se obtuvieron secciones transversales de 8-10 µm de grosor para su tinción con hematoxilina-eosina.

Análisis morfométrico y estadístico

En cada uno de los bloques musculares seleccionados se cuantificó el diámetro de 150 a 200 fibras, resultando un total de 1000-1400

fibras por ejemplar. Para ello se empleó el sistema interactivo de análisis de imagen Qwin. La densidad de fibras en cada sector se calculó mediante regla de tres a partir de la suma del área de las n fibras medidas en cada sector.

Para el estudio estadístico se han empleado los programas Excel 2000, Systat 9.0 y SPSS 11.0. Los datos del diámetro y densidad de fibras fueron analizados de manera descriptiva y estudiados comparativamente mediante análisis de la varianza (ANOVA), con un nivel de significación del 95%.

RESULTADOS

En la **Tabla 1** presentamos los valores medios de diámetro fibrilar en las zonas caudal y craneal. Además, con el fin de ilustrar la distribución del tamaño fibrilar (diámetro) en cada uno de los sectores estudiados, en la **Figura 2** se han representado los diagramas de frecuencia para cada uno de ellos.

A nivel caudal la media del tamaño fibrilar en los ejemplares salvajes es significativamente mayor en los sectores internos (b y c) que en el extremo epiaxial del miotomo (sector a). Por el contrario, en los ejemplares cultivados el valor de la media es máximo en el extremo epiaxial (sector a) y mínimo en el sector más interno (sector c) describiéndose diferencias significativas entre ambos sectores (**Tabla 1**). La media del sector c entre ambas poblaciones es diferente de manera significativa ($P < 0.05$), lo que demuestra la existencia de una constitución fibrilar diferente en este sector. En la **Figura 2 (a y c)** se puede observar la diferente distribución de frecuencias en las dos poblaciones, existiendo una mayor proporción de fibras pequeñas (<10 mm) en el sector c de los peces cultivados que en los salvajes.

A nivel craneal, en ambas poblaciones, los valores medios inferiores del tamaño fibrilar los encontramos en las zonas de los extremos (sector a y d), siendo estos valores diferentes significa-

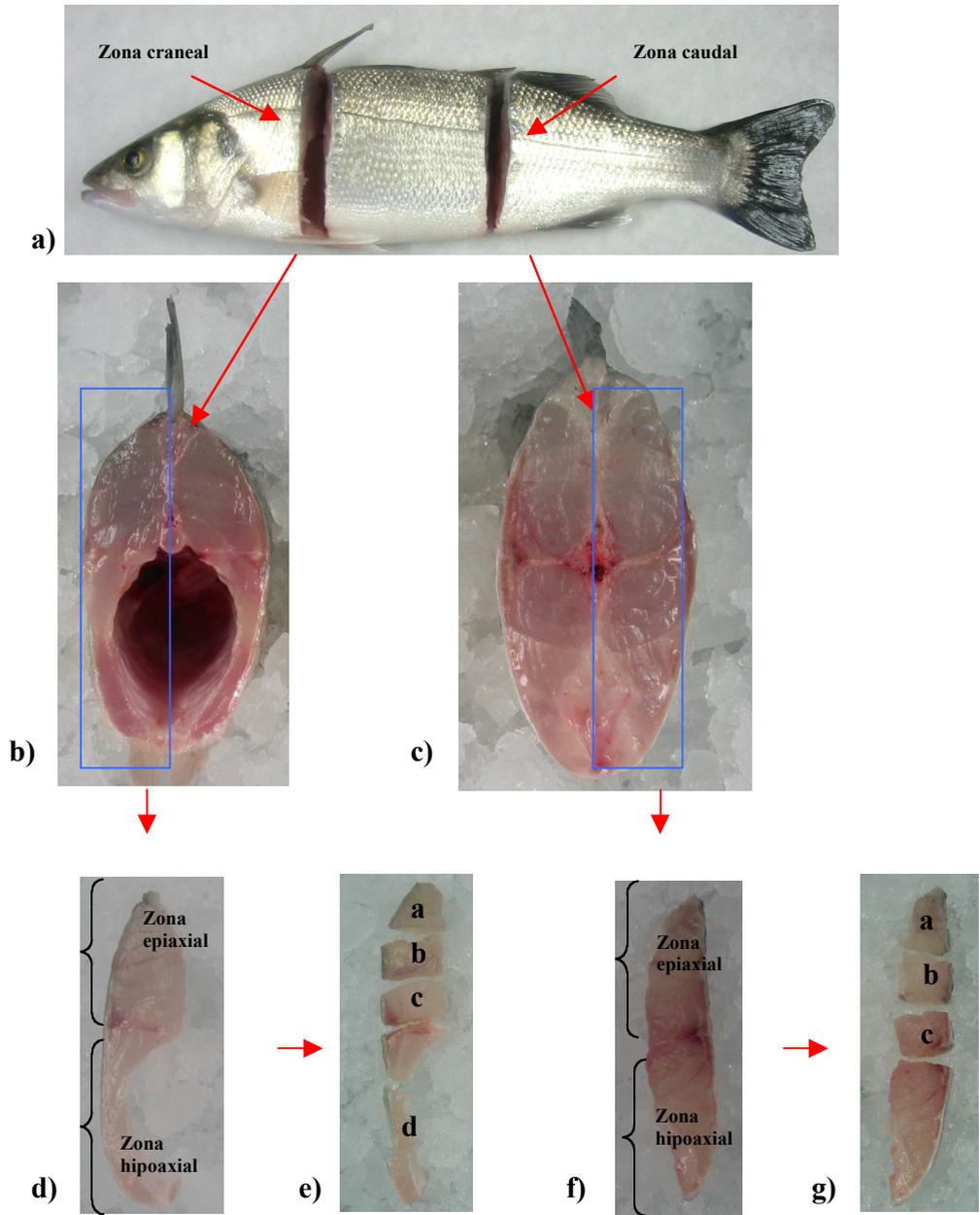


Fig. 1. a) Secciones transversales en la zona caudal (a nivel de la abertura anal) y en la zona craneal (a nivel del 4º radio de la aleta dorsal). b) Vista anterior de la sección transversal craneal. c) Vista anterior de la sección transversal caudal. d) Hemisección corporal craneal e) Bloques musculares a-d, zona craneal. f) Hemisección corporal caudal. g) Bloques musculares a-c, zona caudal.

Tabla 1. **Diámetro fibrilar (μm) en diferentes sectores de la sección transversal de la musculatura lateral, a nivel caudal y craneal en ejemplares salvajes y cultivados. Valor medio \pm error estándar (SEM). Los superíndices de una misma columna indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre los sectores**

	Salvaje		Cultivada	
	Caudal	Craneal	Caudal	Craneal
a	69.21 \pm 0.83 ^{bc}	74.68 \pm 0.91 ^{bc}	70.54 \pm 0.98 ^c	70.04 \pm 0.95 ^{bc}
b	75.57 \pm 0.83 ^a	81.89 \pm 0.86 ^{ad}	68.7 \pm 0.92	77.03 \pm 0.9 ^{ad}
c	76.03 \pm 0.83 ^a	79.21 \pm 1.54 ^{ad}	65.74 \pm 1.01 ^a	76.94 \pm 0.94 ^{ad}
d	—————	74.82 \pm 0.79 ^{bc}	—————	71.92 \pm 0.84 ^{bc}

tivamente de los encontrados en los sectores b y c (Tabla 1).

La Figura 3 muestra la densidad de fibras correspondiente a cada sector. Los sectores con un menor tamaño fibrilar muestran una densidad fibrilar superior. Sin embargo, las diferencias observadas entre sectores de una misma población, así como entre ambas poblaciones no fueron significativas ($p > 0.05$).

DISCUSIÓN

Este es el primer trabajo en el cual se realiza un estudio pormenorizado de la distribución de fibras del músculo blanco de la lubina de tamaño comercial. Anteriormente se han realizado numerosos estudios en larvas (Nathanailides *et al.*, 1995; Ramírez-Zarzosa *et al.*, 1995; Ayala *et al.*, 2000, 2001, 2003; López-Albors *et al.*, 2003). De forma puntual Veggetti *et al.* (1990) estudiaron la distribución fibrilar en un ejemplar de 48 cm de longitud. La relevancia de nuestro estudio reside en que revela la existencia de diferencias en la distribución fibrilar del músculo blanco de la lubina según el sector considerado. Este hecho puede ser de interés para estudios de calidad de carne, ya que la distribución fibrilar es un parámetro a tener en cuenta para definir con exactitud las zonas concretas de toma de muestras musculares.

Los resultados obtenidos demuestran la existencia de diferencias en el tamaño fibrilar entre los sectores analizados (Tabla 1), tanto en la zona caudal de muestreo como en la craneal. En ejemplares salvajes de lubina de ≈ 350 g, los sectores craneales más externos a y d presentan un menor tamaño fibrilar medio que los sectores más internos (b y c). En ejemplares de trucha arcoiris, Kiessling *et al.* (1991) encontraron diferencias entre distintas áreas de la zona epiaxial del músculo blanco. Así, la proporción de fibras pequeñas fue mayor en el área dorsal que en la lateral del miotomo, ante lo cual, estos autores sugieren la existencia de diferentes tasas de crecimiento entre las dos áreas musculares estudiadas. Por otro lado, Rowleron *et al.* (1995) encontraron resultados semejantes en la dorada, si bien en ejemplares de menor tamaño que los nuestros.

Otro aspecto a destacar es que el estudio se ha realizado en dos poblaciones de lubina con diferente origen y modo de vida, y que pese a este hecho, tanto en lubina cultivada como salvaje el sentido general de los resultados es semejante, con un menor valor de la media de tamaño fibrilar (mayor densidad fibrilar) en los sectores más apicales de la sección transversal. Esto indica una mayor generación de fibras en los extremos del miotomo, tal y como ha sido encontrado en otros estudios (Veggetti *et al.*, 1990; Kiessling *et al.*, 1991; Rowleron

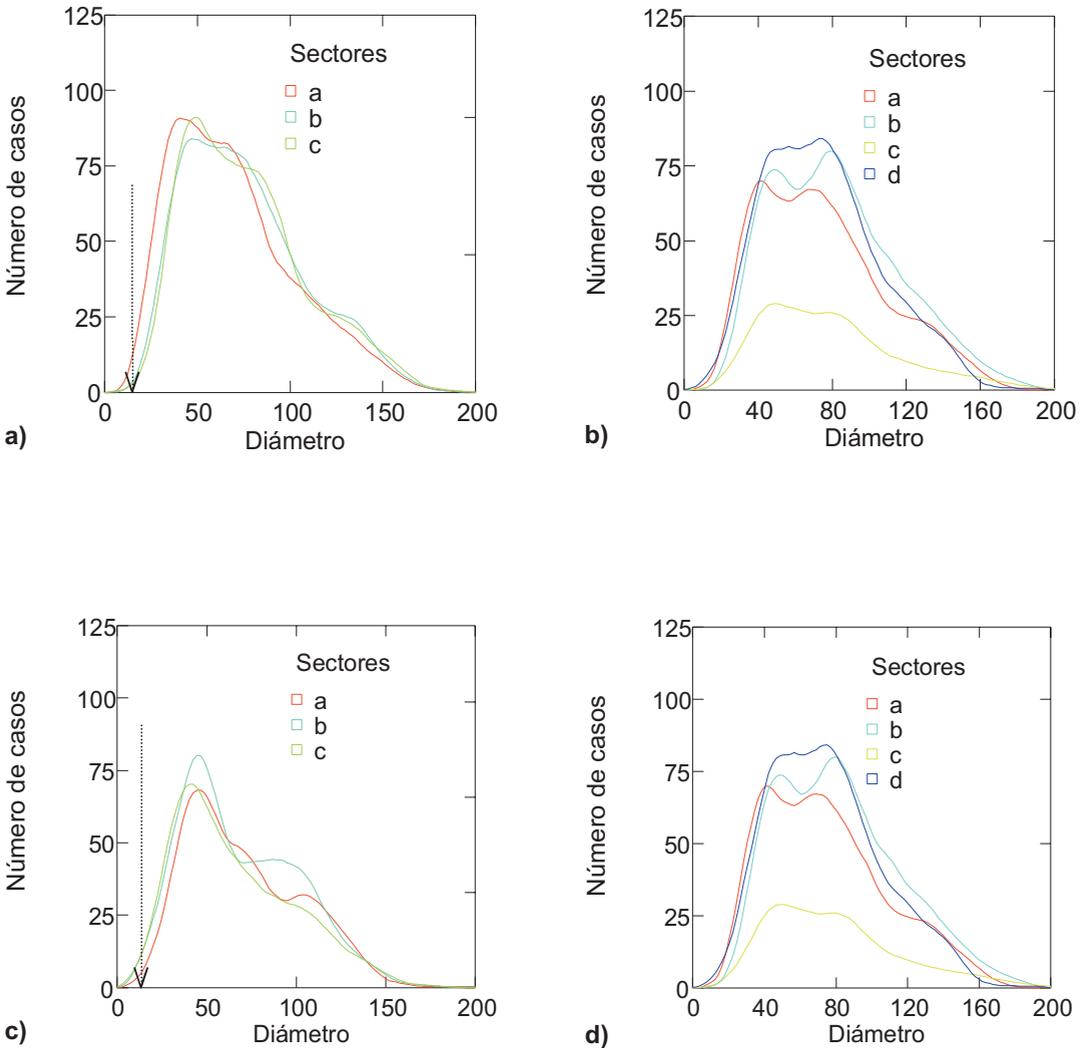


Fig. 2. Distribución de frecuencias del tamaño fibrilar (mm) en los sectores de las zonas estudiadas. a) Lubina salvaje zona caudal; b) Lubina salvaje zona craneal; c) Lubina cultivada zona caudal; d) Lubina cultivada zona craneal. Las flechas sobre el eje de abscisas indican la situación aproximada del valor 10 μm .

et al., 1995). No obstante, esta distribución general de tamaños fibrilares no se observó en la zona caudal de los ejemplares cultivados, donde el sector interno c mostró un menor valor de la media del tamaño fibrilar y un mayor porcentaje de fibras pequeñas (<10 μm) que el

sector apical a. (Tabla 1). Este resultado contrasta claramente con los restantes que hemos obtenido y con los de los estudios citados. La explicación no resulta fácil, y pone de manifiesto una mayor hiperplasia en el sector más interno (Fig. 2c).

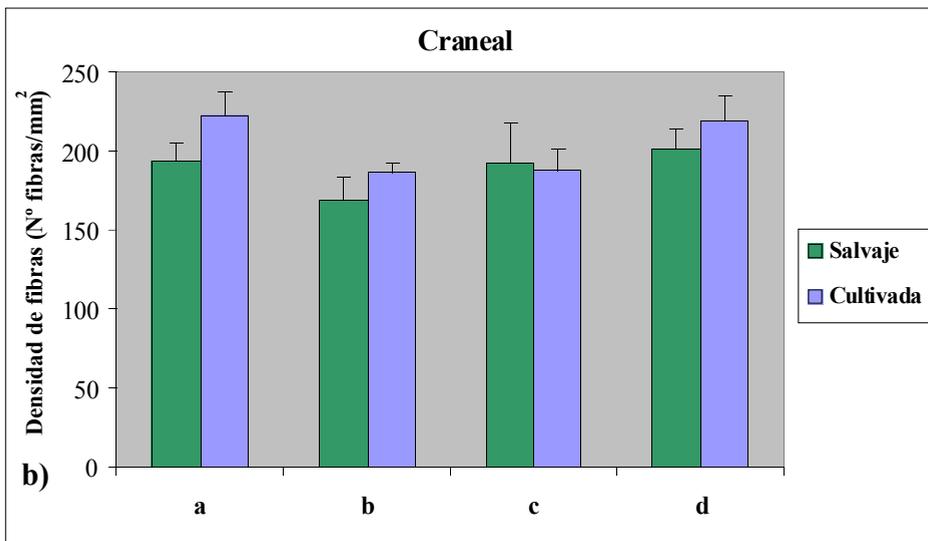
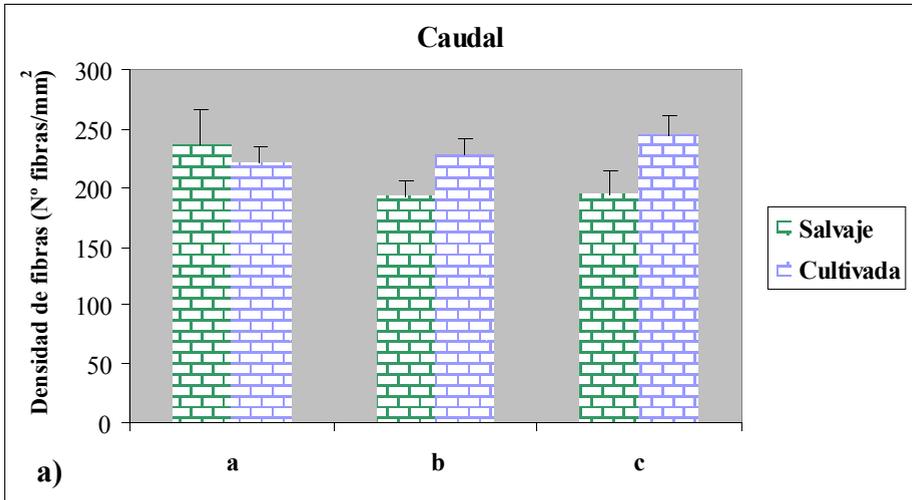


Fig. 3. Densidad de fibras blancas (n° fibras blancas/mm²) en las zonas caudal (a) y craneal (b) por sector en ejemplares salvajes y cultivados. Valor medio \pm error estándar (SEM). La realización del Análisis de la Varianza entre los diferentes sectores en cada uno de los orígenes (salvaje y cultivado) y entre un mismo sector de los dos orígenes no muestra diferencias significativas ($P < 0.05$).

Otro resultado que debemos discutir es el que se refiere a la comparación de los valores de la densidad media de fibras musculares en cada uno de los sectores estudiados. La densidad fibrilar fue mayor en los sectores con menor diámetro fibrilar (**Tabla 1, Fig. 3**). Sin embargo, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre sectores, lo que puede estar relacionado con el hecho de que el Análisis de la Varianza aplicado en este caso se realizó a partir de una fuente de datos mucho menor que en el caso del tamaño fibrilar. Mientras que en el análisis de la varianza para el tamaño fibrilar el número de datos por sector nunca fue menor de 150, para la densidad de fibras se dispone de un único dato por cada sector. Consecuentemente, la varianza es mucho mayor para la densidad de fibras que para el tamaño fibrilar, y esto hace mucho menos significativo el análisis.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, M.D., López-Albors, O., Gil, F., Latorre, R., Vázquez, J.M., García-Alcázar, A., Abellán, E., Ramírez, G. and Moreno, F. 2000. Temperature effects on muscle growth of the axial musculature of the sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Anat. Histol. Embryol.* 29: 235-241.
- Ayala, M.D., López-Albors, O., Gil, F., García-Alcázar, A., Abellán, E., Alarcón, J.M., Álvarez, M.C., Ramírez-Zarzosa, G. and Moreno, F. 2001. Temperature effects on muscle growth in two populations (Atlantic and Mediterranean) of sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. *Aquaculture* 202: 359-370.
- Ayala, M.D., López-Albors, O., García-Alcázar, A., Abellán, E., Latorre, R., Vázquez, J.M., Ramírez-Zarzosa, G., Martínez, F. and Gil, F. 2003. Effect of two thermal regimes on the muscle growth dynamics of sea bass larvae, *Dicentrarchus labrax* L. *Anat. Histol. Embryol.* 32: 271-275.
- Bone, Q. 1978. Locomotor muscle. In: *Fish physiology*, Vol. VII, pp. 361-424. Eds. Hoar, W.S., Randall, D.J. Academic Press. New York. 253 pp.
- Dubowitz, V. and Brooke, M.H. 1973. *Muscle biopsy: A modern approach*. Co. Ltd. London. 720 pp.
- Greer-Walker, M. 1970. Growth and development of the skeletal muscle fibres of the cod (*Gadus morhua*, L.). *J. Cons. Cons. Int. Explor. Mer.* 33: 228-244.
- Johnston, I.A. and McLay, H.A. 1997. Temperature and family effects on muscle cellularity at hatch and first feeding in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Can. J. Zool.* 75: 64-74.
- Johnston, I.A., Strugnell, G., McCracken, M.C. and Johnstone, R. 1999. Muscle growth and development in normal-sex ratio and all-female diploid and triploid Atlantic salmon. *J. Exp. Biol.* 202: 1991-2016.
- Johnston, I.A., McLay, H.A., Abercromby, M. and Robbins, D. 2000a. Phenotypic plasticity of early myogenesis and satellite cell numbers in Atlantic salmon spawning in upland and lowland tributaries of a river system. *J. Exp. Biol.* 203: 2539-2552.
- Johnston, I.A., McLay, H.A., Abercromby, M. and Robbins, D. 2000b. Early thermal experience has different effects on growth and muscle fibre in spring- and autumn-running Atlantic salmon population. *J. Exp. Biol.* 203: 2553-2564.
- Johnston, I.A., Alderson, D., Sandeham, C., Mitchell, D., Selkirk, C., Dingwall, A., Nickell, D.C., Baker, R., Robertson, W., Whyte, D. and Springate, J. 2000c. Patterns of muscle growth in early and late maturing populations of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 189: 307-333.
- Johnston, I.A., Alderson, D., Sandham, C., Dingwall, A., Mitchell, D., Selkirk, C., Nickell, D., Baker, R., Robertson, B., Whyte, D. and Springate, J. 2000d. Muscle fibre density in relation to the colour and texture of smoked

- Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 189: 335-349.
- Johnston, I.A., Manthri, S., Alderson, R., Smart, A., Campbell, P., Nickell, D., Robertson, B., Paxton, C.G.M. and Burt, L. 2003a. Freshwater environment affects growth rate and muscle fibre recruitment in seawater stages of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *J. Exp. Biol.* 206: 1337-1351.
- Johnston, I.A., Manthri, S., Smart, A., Campbell, P., Nickell, D. and Alderson, R. 2003b. Plasticity of muscle fibre number in seawater stages of Atlantic salmon in response to photoperiod manipulation. *J. Exp. Biol.* 206: 3425-3435.
- Kiessling, A., Storebakken, T., Asgard, T. and Kiessling, K.H. 1991. Changes in the structure and function of the epiaxial muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to ration and age. I. Growth dynamics. *Aquaculture* 93: 335-356.
- López-Albors, O., Ayala, M.D., Gil, F., García-Alcázar, A., Abellán, E., Latorre, R., Ramírez-Zarzosa, G. and Vázquez, J.M^a. 2003. Early temperature effects on muscle growth dynamics and histochemical profile of muscle fibres of sea bass *Dicentrarchus labrax* L., during larval and juvenile stages. *Aquaculture* 220: 385-406.
- Nathanailides, C., López-Albors, O. and Stickland, N.C. 1995. Influence of prehatch temperature on the development of muscle cellularity in posthatch Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.) *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 675-680.
- Ramírez Zarzosa, G., Gil, F., Latorre, R., Ortega, A., García-Alcázar, A., Abellán, E., Vázquez, J.M., López-Albors, O., Arencibia, A. and Moreno, F. 1995. The larval development of lateral musculature in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) and sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Cell Tissue Res.* 280: 217-224.
- Rowlerson, A. and Veggetti, A. 2001. Cellular mechanisms of post-embryonic muscle growth in aquaculture species. In: *Muscle development and growth*, pp. 103-141. Eds. Johnston I.A. Academic Press. 318 pp.
- Rowlerson, A., Mascarello, A., Radaelli, G. and Veggetti, A. 1995. Differentiation and growth of muscle in the fish *Sparus aurata* (L.) II. Hyperplastic and hypertrophic growth of lateral muscle from hatching to adult. *J. Muscle Res. Cell Motil.* 16: 223-236.
- Stickland, N.C. 1983. Growth and development of the muscle fibres in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Anat.* 137: 323-33.
- Veggetti, A., Mascarello, F., Scapolo, P.A. and Rowlerson, A. 1990. Hyperplastic and hypertrophic growth of lateral muscle in *Dicentrarchus labrax* (L.): An ultrastructural and morphometric study. *Anat. Embryol.* 182: 1-10.