

1) INTRODUCCION

Los animales acuáticos se encuentran en un medio en el cual diversos factores abióticos (temperatura, salinidad, foto periodo, concentración de oxígeno, calidad de agua, presión barométrica, etc.) modulan sus actividades biológicas (desarrollo, crecimiento, reproducción, etc.). Los factores abióticos más importantes que pueden afectar dichos procesos biológicos son: a) temperatura, b) salinidad, y c) fotoperíodo.

En la acuicultura, como en cualquier otra actividad económica, se tiende a la optimización de la producción. Para ello se pretende:

- i) conseguir una reproducción en cautividad de la especie cultivada, con el objetivo de asegurarse un suministro constante de larvas,
- ii) determinar las condiciones idóneas para la cría larvaria, con el fin de minimizar la alta tasa de mortalidad existente en este periodo,
- iii) optimizar las condiciones para conseguir el mayor crecimiento en el menor tiempo posible.

La manipulación de los factores abióticos, con vistas a la consecución de los objetivos anteriormente citados, es una práctica común en la actividad acuícola. En este sentido, la salinidad es un importante factor abiótico susceptible de ser modificado. Sin embargo, la manipulación de este factor va a ser impuesta por las características osmorreguladoras de la especie cultivada:

- i) las especies estenohalinas toleran sólo variaciones muy limitadas en la salinidad del medio ambiente; siendo necesario mantener una salinidad constante para su cultivo.
- ii) las especies eurihalinas presentan la capacidad de adaptarse a una amplia gama de salinidades ambientales, gracias a la actividad de sus órganos osmorreguladores. De este modo, pueden soportar o tolerar altas variaciones en la salinidad del medio que habitan.

Las especies eurihalinas permiten una mayor posibilidad de modificar las condiciones osmóticas del medio, de modo que siempre se procura determinar la salinidad óptima de cultivo para cada especie y para cada momento de su ciclo de vida.

2) SALINIDAD-CRECIMIENTO

Los teleósteos eurihalinos al poder vivir en aguas de diferente salinidad ambiental, deben enfrentarse a dos situaciones osmorreguladoras:

- a) en ambientes marinos son hipoosmóticos (menor osmolaridad plasmática) e hipoiónicos (menor concentración iónica) respecto al ambiente. Este hecho origina dos problemas básicos: i) pérdida osmótica de agua y ii) ganancia pasiva de iones.
- b) en ambientes dulciacuícolas son hiperosmóticos (mayor osmolaridad plasmática) e hiperiónicos (mayor concentración iónica) respecto al medio ambiente. Esta situación induce: i) ganancia osmótica de agua y ii) pérdida de iones por difusión.

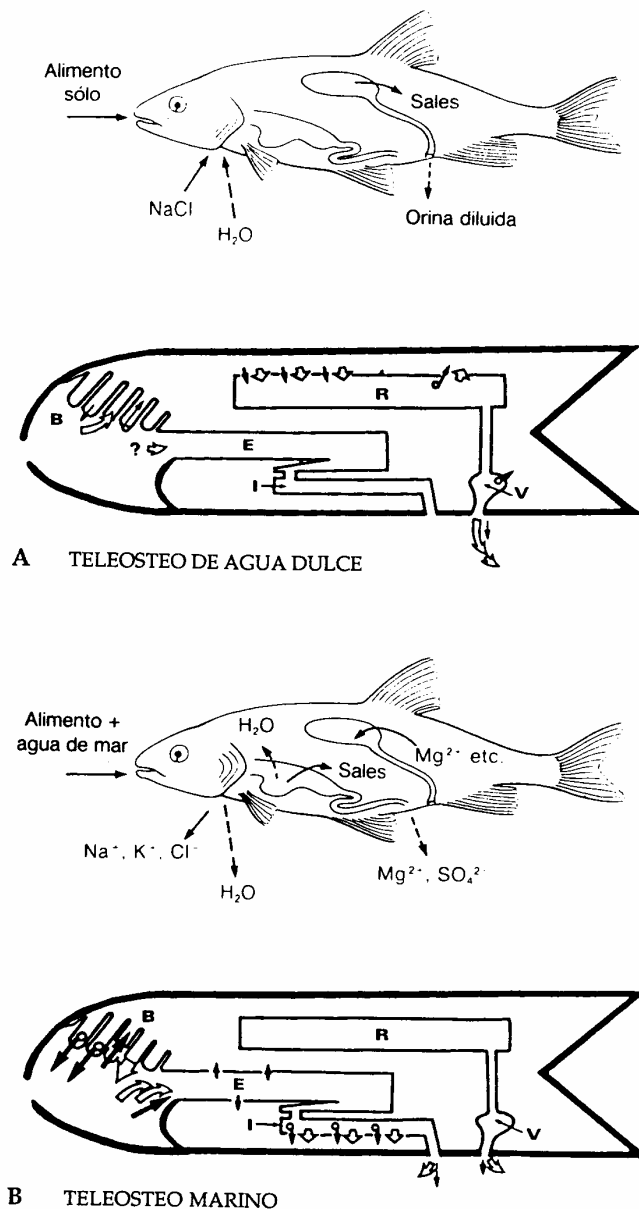


Figura 1. Procesos osmorreguladores en teleósteos de agua dulce. ➔; Difusión de iones
 ○➔ Transporte activo de iones; ⇒ Difusión de agua; B: branquias y epitelio opercular;
 E: esófago; I: intestino; R: riñón; V: vejiga urinaria. Modificado de Kirsch et al. (1983)
 y Ecker et al. (1988) por Mancera (1999).

El mantenimiento de un medio interno estable (concentración osmótica y concentración iónica determinada) diferente del medio ambiente supone un gasto energético considerable para el animal. En teleósteos marinos, la osmolaridad del medio interno (aprox. 300 mOsm/l) es equivalente a $30\% \pm 2\%$ de salinidad ambiental (aprox. 1000 mOsm/l). En aguas con una salinidad de 300 mOsm/l los teleósteos son casi isoosmóticos, asumiéndose que el coste energético de la osmorregulación debería ser menor que en salinidades superiores o inferiores.

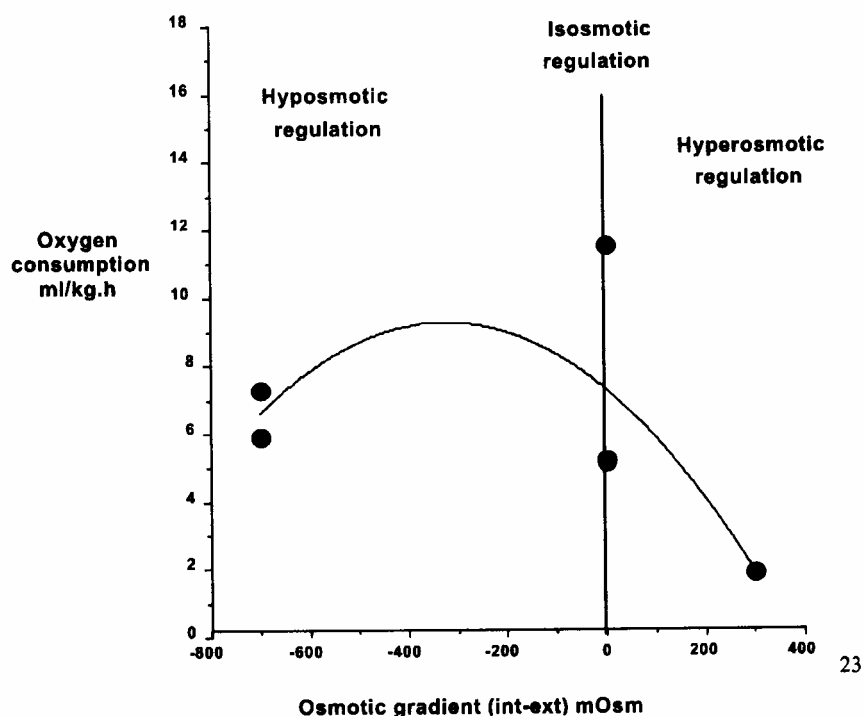


Figura 2. Coste energético de la osmorregulación en peces. El gradiente osmótico indica la diferencia entre el medio interno del pez y el medio externo que le rodea (tomado de Boeuf and Payan, 2001).

Sin embargo, la salinidad óptima de crecimiento puede variar dependiendo de la especie utilizada: 15‰ para *Sparus sarba*, 20‰ para *Mugil cephalus*. *Sparus aurata* muestra mejor crecimiento en animales mantenidos a 12‰ respecto a los mantenidos a 38‰ de salinidad. De igual modo la combinación de factores como salinidad-desarrollo gonadal son importantes en especies tales como lubina o tilapia.

La reducción del coste metabólico de la regulación osmótica e iónica, gracias a la manipulación de la salinidad ambiental, podría reflejarse en una mejora del crecimiento y utilización del alimento por parte del animal. Sin embargo, algunos datos indican que el coste metabólico para la osmorregulación es tan pequeño (1-2% del metabolismo total) que cualquier reducción podría ser casi indetectable y no reflejarse en un mayor crecimiento. Por otra parte, al ser el crecimiento somático el resultado de una compleja interacción de diversos factores (ingestión de alimentos, digestión, absorción y metabolismo) la influencia de la salinidad ambiental sobre cualquiera de estos factores puede enmascarar el efecto de dicha salinidad sobre el costo metabólico de la osmorregulación.

Species	Tolerance	Best growth	Reference
<i>Pomatomus saltatrix</i> (Bluefish)	= (5 and 25 psu)		Buckel et al. (1995)
<i>Micropogonias furnieri</i> (Croaker)	+ (10–30)	17–19	Aristizabal Abud (1992)
<i>Sparus sarba</i> (Sea bream)	+ (0–35)	15	Woo and Kelly (1995)
<i>Oreochromis niloticus</i> (Tilapia)	+ (0–16)	8	Likongwe et al. (1996)
<i>Oreochromis spilurus</i> Tilapia	= (0–37)		Jonassen et al. (1997)
<i>Oreochromis aureus</i> (Tilapia)	= (0–27)		Chervinsky and Yashouv (1971)
<i>O. mossambicus</i> (Tilapia)	120 psu	17.5	Suresh and Lin (1992)
<i>O. niloticus</i> (Tilapia)	36	5–10	Suresh and Lin (1992)
<i>O. aureus</i> (Tilapia)	40	10–15	Suresh and Lin (1992)
<i>O. spilurus</i> (Tilapia)	36	0	Suresh and Lin (1992)
Hybrid Red (Tilapia)	35	30–35	Suresh and Lin (1992)
<i>Morone chrysops</i> (White bass)	+0–20 psu	0–12	Heyward et al. (1995)
<i>Chanos chanos</i> (Milkfish)	+0–55	55	Swanson (1998)
<i>Chanos chanos</i> (Milkfish)	+0–35	0	Alava (1998)
<i>Trinectes maculatus</i> (Hogchoker)	+0–30	30	Peters and Boyd (1972)
<i>Trinectes maculatus</i> (Hogchoker)	+0–15		Peterson-Curtis (1997)
<i>Gadus morhua</i> (Cod)	+14 and 28 psu	14	Dutil et al. (1997)
<i>Mugil sp.</i> (Mullet)	+3–24	17	Peterson et al. (1999b)
<i>Chelon labrosus</i> (Grey mullet)	= (5–25)		Cardona and Castelló-Orvay (1997)
<i>Salaria fluviatilis</i> (Blenny)	+0–35	12	Plaut (1999)
<i>Micropogonias undulatus</i> (Atlantic croaker)	+0–20	5	Peterson et al. (1999a)
<i>Sparus aurata</i> (Gilthead seabream)	+8–38	28	Conides et al. (1997)
<i>Dicentrarchus labrax</i> (European seabass)	+0–35		10–35 Bœuf et al. (unpublished)
<i>Lutjanus argentiventris</i> (Amarillo snapper)	+3–24 psu	30	Serrano-Pinto and Caravea-Patiño (1990)
<i>Salmo salar</i> (Atlantic salmon)	+0–35	22–28	Bœuf et al. (unpublished)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Rainbow trout)	= (0 and 34)		Bœuf et al. (unpublished)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Rainbow trout)	+ (0–16)	0	Morgan and Iwama (1991)
<i>Oncorhynchus keta</i> (Coho salmon)	+0–35	22–28	Bœuf et al. (unpublished)
<i>Salvelinus alpinus</i> (Arctic charr)	+0–35	0–20	Arnesen et al. (1993)
<i>Scophthalmus maximus</i> (Turbot)	+0–35	10–19	Gaumet et al. (1995)

Tabla I. Salinidad y crecimiento en teleósteos. La influencia de la salinidad sobre el crecimiento en diferentes especies de peces es indicada como sigue: (positiva + o neutra =), tolerancia (máxima salinidad o rango testada), mejor salinidad para crecimiento y la referencia (tomado de Boeuf and Payan, 2001).

3) LA DORADA: UN EJEMPLO PRACTICO

La dorada (*Sparus aurata* L.) es un miembro de la familia de los espáridos, presentando un importante valor comercial. *Sparus aurata* es un teleósteo eurihalino y euritermo, con la capacidad de vivir en aguas de diferente temperatura y salinidad ambiental: aguas litorales, estuarios (agua salobre) y lagos costeros (aguas hipersalinas).

De un modo empírico se sabe que la dorada muestra diferente crecimiento según el hábitat que ocupe (ver Figura 3). Sin embargo, el crecimiento diferencial mostrado en los diferentes hábitats depende de una serie de factores (salinidad, temperatura, disponibilidad de alimentos, ausencia de depredadores, etc.) que se entremezclan entre sí y enmascaran el efecto de la salinidad ambiental.

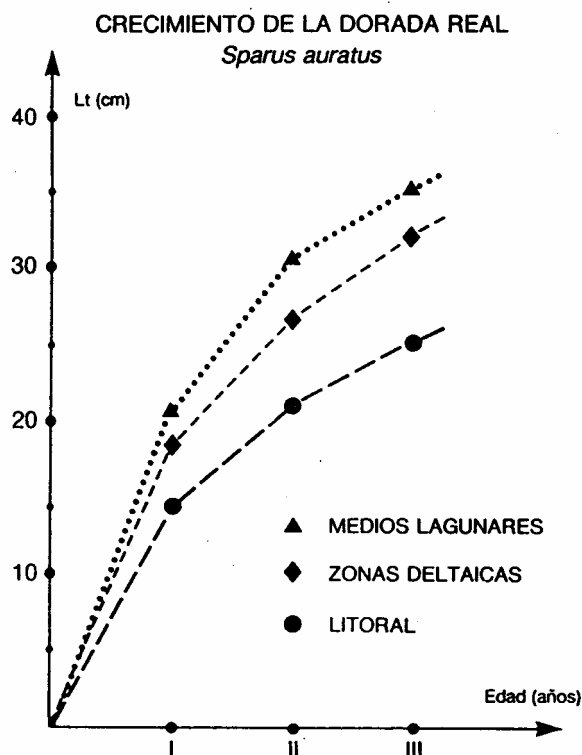


Figura 3. Crecimiento diferencial de la dorada en juveniles de dorada según el hábitat que ocupen.

En otros teleósteos eurihalinos, diversos trabajos han analizado la influencia de la salinidad ambiental sobre el crecimiento. En un experimento piloto se analizaron los efectos de dos salinidades ambientales (agua salobre: 8-10‰ salinidad; y agua salada: 35‰ salinidad) sobre el crecimiento de juveniles de *Sparus aurata* durante un periodo de 8 meses. Los resultados obtenidos muestran como los animales adaptados a agua salobre poseen un crecimiento ligeramente mayor, aunque no estadísticamente significativo, respecto a los animales adaptados a agua de mar (ver Figura 4). Los peces mostraron un crecimiento dependiente de la temperatura del agua. Los peces adaptados a agua salobre presentaron una menor talla que los adaptados a agua de mar.

La salinidad elegida en el experimento (8-10‰ salinidad), está próxima al punto isoosmótico de teleósteos marinos. Desde el punto de vista del metabolismo energético, el mantenimiento de un medio interno estable (concentración osmótica y concentración iónica determinada) diferente del medio ambiente supone un gasto energético considerable para el animal. La reducción del coste metabólico de la regulación osmótica e iónica, gracias a la manipulación de la salinidad ambiental, podría reflejarse en una mejora del crecimiento y utilización del alimento por parte del animal. El ligeramente mayor crecimiento en peso observado en *Sparus aurata* adaptados a agua salobre, podría ser una consecuencia de este hecho.

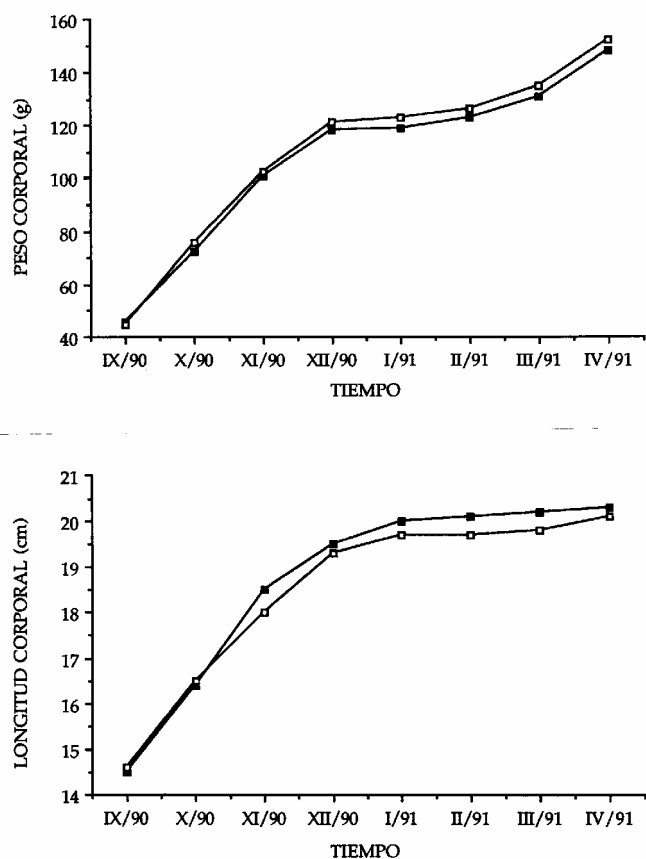


Figura 4. Crecimiento en peso y longitud de ejemplares de *Sparus aurata* adaptadas a agua de mar (35‰ salinidad, puntos negros) y agua salobre (8-10‰ salinidad, puntos blancos).

El efecto de la temperatura sobre el crecimiento y metabolismo de peces teleósteos está bien establecido. Nuestros resultados también revelan que la temperatura afecta el crecimiento de *Sparus aurata* en ambas salinidades, con un rango de crecimiento menor en meses más fríos.

Los resultados del presente estudio indican un crecimiento similar en ejemplares de *Sparus aurata* adaptados a agua de mar y agua salobre y no permiten afirmar, por lo menos en las condiciones del experimento, que ambientes de 8-10‰ salinidad mejoren el crecimiento en *Sparus aurata*. Sin embargo, los datos también reflejan la posibilidad de obtener crecimientos similares en condiciones extremas de salinidad.

A la vista de los resultados obtenidos en la experiencia anterior, se realizó un segundo experimento, donde se utilizaron 3 salinidades: 38‰ de salinidad (rango: 37-38), 12‰ de salinidad (rango: 11-15) y 6‰ de salinidad (rango: 4-7). Se emplearon 2 tanques por cada salinidad. Cada tanque presentaba una capacidad de 2,5m³ y un número de 80 ejemplares de dorada. El régimen de alimentación fue el usual para el cultivo de la dorada, mostrando las temperaturas un rango de 18-27 °C. El experimento se realizó desde el 17/07/2002 al 25/10/2002, es decir durante un periodo de 100 días.

En la Figura 5 se muestra el crecimiento en los ejemplares de dorada mantenidos en 3 salinidades diferentes (6‰, 12‰ y 38‰). Estos resultados muestran claramente que el mejor crecimiento ocurre a la salinidad intermedia de 12‰. Esta salinidad intermedia está próxima a la osmolaridad interna de los teleósteos marinos, es decir, los animales estarían en un ambiente isosmóticos respecto a su medio interno. Desde el punto de vista del metabolismo energético, el mantenimiento de un medio interno estable diferente del medio ambiente (mayor si los animales están en aguas del 6‰ de salinidad, o menor si los animales están en aguas del 38‰ de salinidad) supone un gasto energético para el animal. La reducción del coste metabólico de la regulación iónica, gracias a la manipulación de la salinidad ambiental, se refleja en una mejora del crecimiento por parte del animal.

Sin embargo, la manipulación de un único factor, como es la salinidad ambiental, para conseguir una mejora del crecimiento debería ser tomada con precaución. La existencia de otros factores (fotoperíodo, edad, temperatura, ciclo reproductor, etc.) o bien las complejas interacciones de algunos de estos factores, pueden modular / interferir el efecto de la salinidad ambiental sobre el crecimiento.

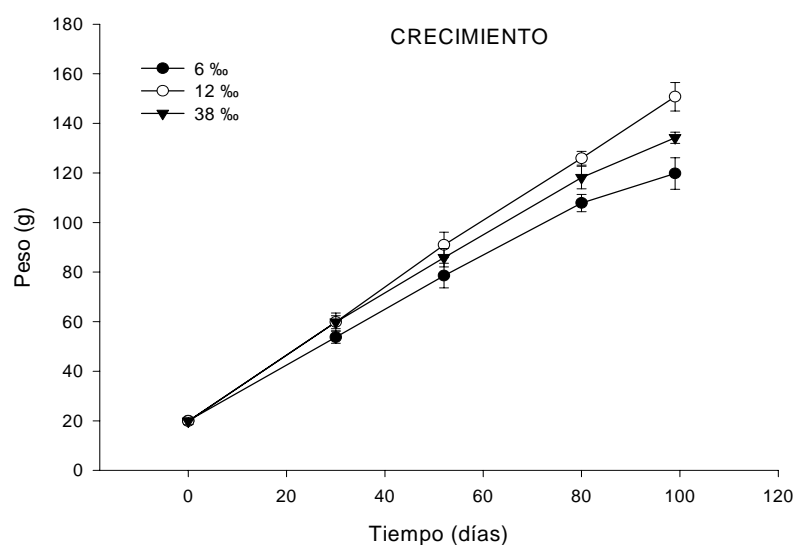


Figura 5. Crecimiento en los ejemplares de dorada mantenidos en 3 salinidades diferentes (6‰, 12‰ y 38‰) durante un periodo de 100 días.

4) BIBLIOGRAFIA

- Alava V.R. (1998). Effect of salinity, dietary lipid source and level on growth of milkfish (*Chanos chanos*) fry. *Aquaculture* 167: 229-236
- Altonok I. And Grizzle J.M. (2001). Effects of brackish water on growth, feed conversion and energy absorption efficiency by juvenile and freshwater stenohaline fishes. *J. Fish Biol.* 59: 1142-1152.
- Barnabé G. and Guissi A. (1993). Combined effects of diet and salinity on european sea bass larvae *Dicentrarchus labrax*. *J. World Aquac- Soc.* 24:439-450.
- Boeuf G. and Payan P. (2001). How should salinity influence fish growth?. *Comp. Biochem. Physiol.* 130C: 411-423.

- Brett J.R. (1979). Environmental factors and growth. In: W.S. Hoar, D.S. Randall and J.R. Brett (Editors), *Fish Physiology*. Vol. VIII. Academic Press, New York, San Francisco, London, pp. 599-675.
- Brett J.R. and Groves T.D.D. (1979). Physiological energetics. In: W.S. Hoar, D.S. Randall and J.R. Brett (Editors), *Fish Physiology*. Vol. VIII. Academic Press, New York, San Francisco, London, pp. 279-352.
- Conides A.J., Parpoura A.R. and Fotis G. (1997). Study on the effects of salinity on the fry of the euryhaline species gilthead sea bream (*Sparus aurata* L. 1758). *J. Aquaculture Trop.* 12: 297-303.
- De Silva S.S. and Perera P. A.B. (1976). Studies on the young grey mullet, *Mugil cephalus* L. 1. Effects of salinity on food intake, growth and food conversion. *Aquaculture*, 7: 327-338.
- De Silva S.S. and Perera M.K. (1985). Effects of dietary protein level on growth, food conversion, and protein use in young *Tilapia nilotica* at four salinities. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 114: 584-589.
- Dendrinou P. and Thorpe J.P. (1985). Effects of reduced salinity on growth and body composition in the european bass *Dicentrarchus labrax* (L.). *Aquaculture*, 49: 333-358.
- Freddi A., Berg L. and Bilio M. (1981). Optimal salinity-temperature combinations for the early life stages of the gilthead bream, *Sparus aurata* L. *J. World Maricult. Soc.* 12(2): 130-136.
- Gaumet F., Boeuf G., Severe A., Le Roux A. and Mayer-Gostan N. (1995). Effects of salinity on the ionic balance and growth of juvenile turbot. *J. Biol.* 47: 865-876.
- Kirschner L.B. (1995). Energetics of osmoregulation in fresh water vertebrates. *J. Exp. Zool.* 271: 243-252.
- Mancera J.M. (1999). Osmorregulación en la dorada (*Sparus aurata*): Aspectos básicos y aplicados. En: "Patología, Fisiología y Biotoxicología en especies acuáticas". (Sarasquete C., González de Canales M.L. y Muñoz Cueto J.A., Eds.). CSIC, pp. 257-265 (1999).
- Mancera J.M. and Martín del Río (2001). Efectos de la salinidad ambiental sobre el crecimiento de la dorada. *Baluartes* 3: 29-41.
- McKay L.R. and Gjede B. (1985). The effect of salinity on growth of rainbow trout. *Aquaculture*, 49: 325-331.
- Partridge G.J. and Jenkins G.I. (2002). The effect of salinity on growth and survival of juvenile black bream (*Acanthopagrus butcheri*). *Aquaculture* 210: 219-230.
- Sampaio L.A. and Bianchini A. (2002). Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 269: 187-196.
- Swanson C. (1998). Interactive effects of salinity on metabolic rate, activity, growth and osmoregulation in the euryhaline milkfish (*Chanos chanos*). *J. Exp. Biol.* 201: 3355-3366.
- Tandler A., Anav F.A. and Choshniak I. (1995). The effect of salinity on growth rate, survival and swimbladder inflation in gilthead seabream, *Sparus aurata*, larvae. *Aquaculture* 135: 343-353.
- Woo N.Y.S. and Kelly S.P. (1995). Effects of salinity and nutritional status on growth and metabolism of *Sparus sarba* in a closed seawater system. *Aquaculture* 135: 229-238.
- Woo N.Y.S., Ng T.B., Leung T.C. and Chow C.Y. (1997). Enhancement of growth of tilapia *Oreochromis niloticus* in iso-osmotic medium. *J. Appl. Ichthyol.* 13: 67-71.