

Efecto del tratamiento con formol sobre el consumo de oxígeno de juveniles de seriola mediterránea *Seriola dumerili* (Risso, 1810)

F. de la Gándara¹, M. Jover² y A. García-Gómez¹

¹ Planta Experimental de Cultivos Marinos. Centro Oceanográfico de Murcia. Instituto Español de Oceanografía. Ctra. de la Azohía, s/n. E-30860 Puerto de Mazarrón (Murcia), España. Correo electrónico: fernando@mu.ieo.es

² Laboratorio de Acuicultura. Departamento de Ciencia Animal. Universidad Politécnica. Camino de Vera, 14. E-46071 Valencia, España

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

RESUMEN

Se ha estudiado el efecto del tratamiento con formol, a 300 ppm y administrado en baño con circuito abierto, sobre el consumo de oxígeno de juveniles de *Seriola dumerili* (Risso, 1810) de alrededor de 1,5 kg de peso. En el rango de temperaturas utilizado (19,7-25,8 °C), el tratamiento con formol en las condiciones descritas en este estudio no parece afectar al consumo de oxígeno ni a la concentración de oxígeno del agua, por lo que puede realizarse sin aporte suplementario de oxígeno. Dados los efectos positivos que tiene el tratamiento con formol en el cultivo de esta especie, parece recomendable su aplicación periódica, aunque siempre deben tenerse en cuenta eventuales episodios puntuales de toxicidad por motivos aun no aclarados.

Palabras clave: Consumo de oxígeno, *Seriola dumerili*, formol, parásito, *Zeuxapta seriolae*, profilaxis.

ABSTRACT

Effect of formalin treatment on the oxygen consumption rate of young Mediterranean yellowtail *Seriola dumerili* (Risso, 1810)

The effect of formalin treatment (300 ppm) administered in an open bath circulator on the oxygen consumption rate of young, 1.5 kg *Seriola dumerili* (Risso, 1810) was studied. At the temperature range used (19.7-25.8 °C), this formalin treatment, as applied under the conditions described here, does not seem to affect oxygen consumption rate or oxygen concentration in the water; therefore, it can be administered without supplemental oxygen supply. Given the known positive effect of formalin treatment on the culture of this species, its periodical use appears advisable; however, the potential occurrence of occasional toxicity episodes, due to reasons as yet unclarified, must be taken into account.

Keywords: Oxygen consumption, *Seriola dumerili*, formalin, parasite, *Zeuxapta seriolae*, prophylax.

INTRODUCCIÓN

El formol (solución acuosa de formaldehído al 40 %) es un producto ampliamente utilizado en acuicultura como profiláctico y terapéutico en el tratamiento de

epizootias (Thorburn y Moccia, 1993). Su uso generalizado se debe a dos razones fundamentales: su alta efectividad y su bajo coste. Además, respetando los periodos de carencia estipulados, su uso es legal en el tratamiento de peces destinados al consumo humano.

El formol se ha utilizado fundamentalmente en el control de parásitos externos de peces (Rucker, Taylor y Toney, 1963). Su efectividad ha sido comprobada por Montero *et al.* (2000) en el tratamiento de la enfermedad producida por el monogénido *Zeuxapta seriolae* (Meserve, 1938) (Monogenea, Microcotylidae), causante de episodios agudos de mortalidad en *Seriola dumerili* (Risso, 1810).

Sin embargo, cuando se utiliza en concentraciones terapéuticas, los peces corren el riesgo de sufrir daños por su potente toxicidad (Kakuta *et al.*, 1991), que, en ocasiones, se ha mostrado variable, produciendo mortalidades muy importantes con dosis y condiciones de manejo estandarizadas, por ejemplo, en salmónidos (Wedemeyer, 1971). Sin embargo, se ha observado que existen especies mucho más sensibles al formol que otras. Así, el transporte gaseoso se ve muy alterado en la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) y muy poco en el salmón real *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum, 1792) y en el salmón coho *O. kisutch* (Walbaum, 1792) (Wedemeyer, 1971; Wedemeyer y Yasutake, 1974). Wooten y Williams (1981) observaron incrementos en el hematocrito de ejemplares de trucha arcoiris tratados con formol. Sin embargo, Speare *et al.* (1997) concluyen que los tratamientos con formol estandarizados causan, como mucho, patologías de importancia mínima en las branquias. Además, estudios recientes han puesto de manifiesto que los tratamientos con formol estandarizados no afectan a las tasas de mortalidad, al crecimiento somático, al balance de electrolitos o a la tolerancia al agua de mar de *smolts* de salmón atlántico *Salmo salar* L., 1758 (Powell *et al.*, 1996) y trucha arcoiris (Speare y Mac Nair, 1996).

En los trabajos existentes sobre administración de productos terapéuticos en baño, los autores recomiendan que ésta se realice aportando oxígeno al agua, por aireación o con oxígeno puro. Entre las posibles razones se incluyen, separadamente o en combinación, lesiones inducidas químicamente, que afectan al intercambio gaseoso, la demanda química de oxígeno propia del formol (Ghosh y Konar, 1983; Ross, Ward y Ross, 1985; Wellborn, 1985; Scott, 1993; Wall, 1993; Noga, 1996) y los cambios en el consumo metabólico de oxígeno de los peces durante el periodo de tratamiento (Speare *et al.*, 1996). La introducción de oxígeno en un medio de cultivo no siempre es posible, y, en cualquier caso, entraña un coste adicional.

Con este estudio se pretende arrojar luz sobre la variación del consumo de oxígeno de juveniles de seriola frente al tratamiento estandarizado de formol.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Planta Experimental de Cultivos Marinos de Mazarrón (Murcia) del Instituto Español de Oceanografía, entre los meses de enero y agosto de 2000. Se utilizaron seriolas adaptadas a la cautividad y ubicadas en tanques de sección cuadrada de 2 m³, con entrada de agua tangencial en superficie y salida inferior, según el sistema descrito por De la Gándara *et al.* (1997). Los peces fueron alimentados con pienso comercial (Europa 22 Trouw®) excepto en los días en que se realizaron los tratamientos, que permanecieron en ayuno. El fotoperiodo fue de 12 h luz:12 h oscuridad entre los meses de enero y marzo, y natural entre abril y agosto. Entre enero y mayo la temperatura se mantuvo a 20 ± 0,5 °C; durante el resto del experimento fue la ambiental del agua de mar (entre 20 y 26 °C). Para la medición del consumo de oxígeno se dispuso en cada tanque una sonda de medida de oxígeno disuelto ([O₂]) Oxyguard 420®. El sistema se conectó a un ordenador, que almacenaba los datos cada 5 minutos. El consumo de oxígeno se estimó con una medida simultánea de [O₂] en los tanques de prueba y en un tanque de idénticas características sin peces, que se utilizaba como control. Se consideró que la diferencia entre el valor del control y el del tanque de prueba es estimativa del consumo de oxígeno del lote, y es aplicable, según Mc Lean, Jensen y Alderdice (1993), tanto a tanques de tipo flujo (*race-way*) como a los de tipo circular (mezcla).

El cálculo del consumo específico de oxígeno, expresado en mg/kg/h de O₂, se realizó por el proceso descrito en De la Gándara *et al.* (1997), con el uso de la ecuación

$$VO_2 = \frac{([O_2]_c - [O_2]_e) Q}{B}$$

donde [O₂]_c y [O₂]_e son las concentraciones de oxígeno en los tanques de control y experimental respectivamente (mg/l de O₂), Q es el caudal (l/h) y B es la biomasa presente en cada tanque (kg), estimada mediante

$$B = B_0 (0,01 \text{ SGR} + 1)^d$$

donde B_0 es la biomasa inicial de los peces obtenida en el muestreo previo a cada experimento, d el número de días transcurridos desde ese muestreo y el día del experimento y SGR la tasa de crecimiento específico

$$\text{SGR} = 100 \left[\left(\frac{B_f}{B_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right]$$

donde B_f y B_0 son las biomásas obtenidas en los muestreos previo y posterior a los experimentos y t el tiempo en días transcurrido entre ellos.

El tratamiento con formol consistió en la adición de 600 cm³ de formol comercial, repartiéndolo por la superficie del tanque para obtener una concentración teórica de partida de 300 ppm, que se sitúa por encima del rango terapéutico descrito en la bibliografía (Scott, 1993), garantizando así su efecto desparasitador. Así mismo, se realizaron varias pruebas para comprobar el efecto del formol sobre [O₂] en el agua con ausencia de peces.

Los tratamientos se administraron en circuito abierto. Este sistema añade el producto al tanque de cultivo sin cortar el flujo de agua que lo atraviesa; con él, la circulación del agua, y por tanto el aporte de oxígeno, no se ven alterados, evitándose la colocación de aireadores, de uso necesario cuando el tratamiento se realiza en baño estático.

Según Salas y Hille (1977), tras añadir el producto (t_0), y supuesta una distribución perfecta, la concentración del mismo (p_0), en ppm, será igual a la cantidad añadida (C) dividida entre el volumen del tanque (V). Dado que el agua circula a través del tanque con un caudal Q renovando su contenido, la concentración del producto se va reduciendo de

forma exponencial. Así, en el instante t_i , la concentración del producto p_i vendrá dada por

$$P_i = \frac{P_0}{e^{\frac{t_i Q}{V}}}$$

El caudal Q se ajustó en todos los casos al 100 %/hora, de forma que una hora después de la administración del producto, su concentración en el tanque fuera del 50 %. En la figura 1 se representa la evolución teórica de la concentración a lo largo del tiempo.

Se utilizaron tres tanques con peces y uno sin peces (tanque de control). Para cotejar el efecto de los tratamientos, éstos se efectuaron en dos de los tanques con peces (FA y AF), con un desfase entre ellos de, al menos, una hora; el tercer tanque (BB) permaneció sin tratar, y sirvió como blanco. Para eliminar el posible efecto estresante de la adición de un líquido sobre la superficie del tanque, cuando se añadió formol al tanque FA (formol-agua), se añadieron 600 cm³ de agua de mar al tanque AF (agua-formol) y viceversa. En la tabla I se presentan los datos del diseño experimental. Los experimentos 2 y 3 se realizaron en días consecutivos, mientras que el experimento 4 se realizó dos días después que el 3; esto se corresponde con una estrategia de baños alternos, frecuentemente utilizada. En este caso debe tenerse en cuenta que en el experimento 3 los peces se encontraban en su segundo día de ayuno y que entre los experimentos 3 y 4 los peces fueron alimentados.

Se calcularon las variaciones sufridas por el consumo de oxígeno en la media hora que siguió a cada tratamiento, agrupando los datos en tres clases: blanco, formol y agua.

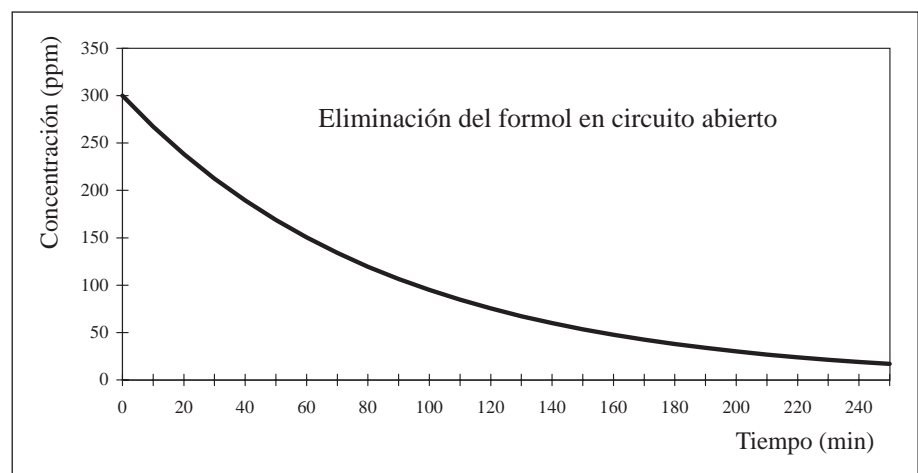


Figura 1. Curva teórica de eliminación del formol a lo largo del tiempo en las condiciones del experimento. Las ordenadas representan la concentración teórica de formol presente en el tanque de 2 m³ tras la adición de 600 cm³ en el momento 0 cuando la renovación es del 100 % hora.

Tabla I. Datos zootécnicos. Los pesos (medios) y las biomásas se expresan en gramos. (Exp.): número de experimento.

Exp.	°C	Tanque BB			Tanque FA			Tanque AF				
		N.º	Peso	Biomasa	Hora	N.º	Peso	Biomasa	Hora	N.º	Peso	Biomasa
1	20,1				10:45	5	1 899	9 495				
2	20,3	6	1 771	10 626	11:19	5	1 867	9 335	12:15	6	1 755	10 530
3	20,2	6	1 771	10 626	10:00	5	1 867	9 335	11:50	6	1 755	10 530
4	20,3	6	1 771	10 626	10:24	5	1 867	9 335	12:36	7	1 755	12 285
5	19,7	8	1 498	11 984	10:10	8	1 497	11 976	12:05	8	1 470	11 760
6	20,4	8	1 537	12 296	10:00	8	1 547	12 376	11:45	8	1 571	12 568
7	19,8	8	1 680	13 440	10:10	8	1 137	9 096	11:00	8	1 027	8 216
8	24,1	8	1 282	10 256	10:35	8	1 711	13 688	11:50	8	1 238	9 904
9	25,4	8	1 443	11 544	10:00	8	1 376	11 008	11:28	8	1 262	10 096
10	25,8	9	1 412	12 708	09:40	7	1 535	10 745	12:20	8	1 737	13 896
11	24,2	7	1 630	11 411	10:15	9	1 424	12 815	12:00	8	1 750	13 996

Así mismo, para observar el posible efecto del tratamiento sobre el consumo de oxígeno global, se calcularon las medias diarias en aquellos experimentos en los que se dispuso de un registro continuado de 24 horas. Posteriormente se realizó un análisis de la varianza de los datos de las medias diarias agrupadas en dos categorías: tratados (FA y AF) y no tratados (BB).

RESULTADOS

En ningún caso se observó que la adición en la forma descrita de 300 ppm de formol en el tanque sin peces produjera una reducción de $[O_2]$ en el agua.

En la figura 2 se presentan las gráficas de la variación del consumo específico de oxígeno (mg/kg/h de O_2) con respecto al tiempo en el periodo en que se realizaron los tratamientos. Las líneas verticales indican el momento en que se procedió a la adición de formol (FA) o agua (AF). Debido a un fallo de las sondas, en el experimento 1 sólo se presenta el resultado del tanque FA.

En la mayoría de los experimentos se observa una ligera tendencia a la reducción del consumo de oxígeno con el paso del tiempo. Esta tendencia se hace mucho más evidente cuando se observa la variación en el periodo de 24 horas (datos no representados), y que se corresponden con el comportamiento del consumo de oxígeno en el primer día de ayuno, puesto de manifiesto por De la Gándara *et al.* (2002). En el experimento 3 se observa la estabilización típica citada por estos autores en el segundo día de ayuno.

Aunque el análisis de la varianza realizado sobre los datos de las variaciones de consumo de oxígeno

en la media hora después de los tratamientos no detecta diferencias significativas entre los mismos ($n = 20$; $p > 0,05$), en las gráficas pueden observarse aumentos de consumo de oxígeno debidos al estrés por la adición de un líquido sobre el tanque, sea formol o agua. El consumo de oxígeno depende en gran medida de la actividad que desarrollen los peces, y ésta, a menudo, fluctúa de forma diferente como respuesta a estímulos similares.

El análisis de la varianza de los datos de las medias diarias de consumo de oxígeno agrupadas en las dos categorías (tratados –FA y AF– y no tratados –BB–) no muestra diferencias significativas ($n = 6$; $p > 0,05$) por lo que, en ningún caso, las diferencias unitarias pueden ser imputables a los tratamientos.

DISCUSIÓN

La mayoría de los trabajos sobre este objetivo de estudio muestran un efecto muy claro del tratamiento con formol sobre los peces, aunque, en ocasiones, los resultados son contradictorios. Así, mientras Kakuta *et al.* (1991) citan, en carpas *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 expuestas a 280 ppm de formol, una reducción del consumo de oxígeno junto a síntomas de estrés agudo y comportamiento frenético, muriendo posteriormente, Yamamoto (1991) observa que esta misma especie, sometida a 200 ppm durante una hora, no varía su consumo de oxígeno. La causa de esta disparidad puede deberse a la diferencia en las condiciones experimentales, como a las diferentes dosis y tiempos de exposición. Además, Kakuta *et al.* (1991) trabajaron con ejemplares activos, mientras que Yamamoto (1991) lo hizo con individuos anestesiados. Ese comportamiento frenético seguido de una mortali-

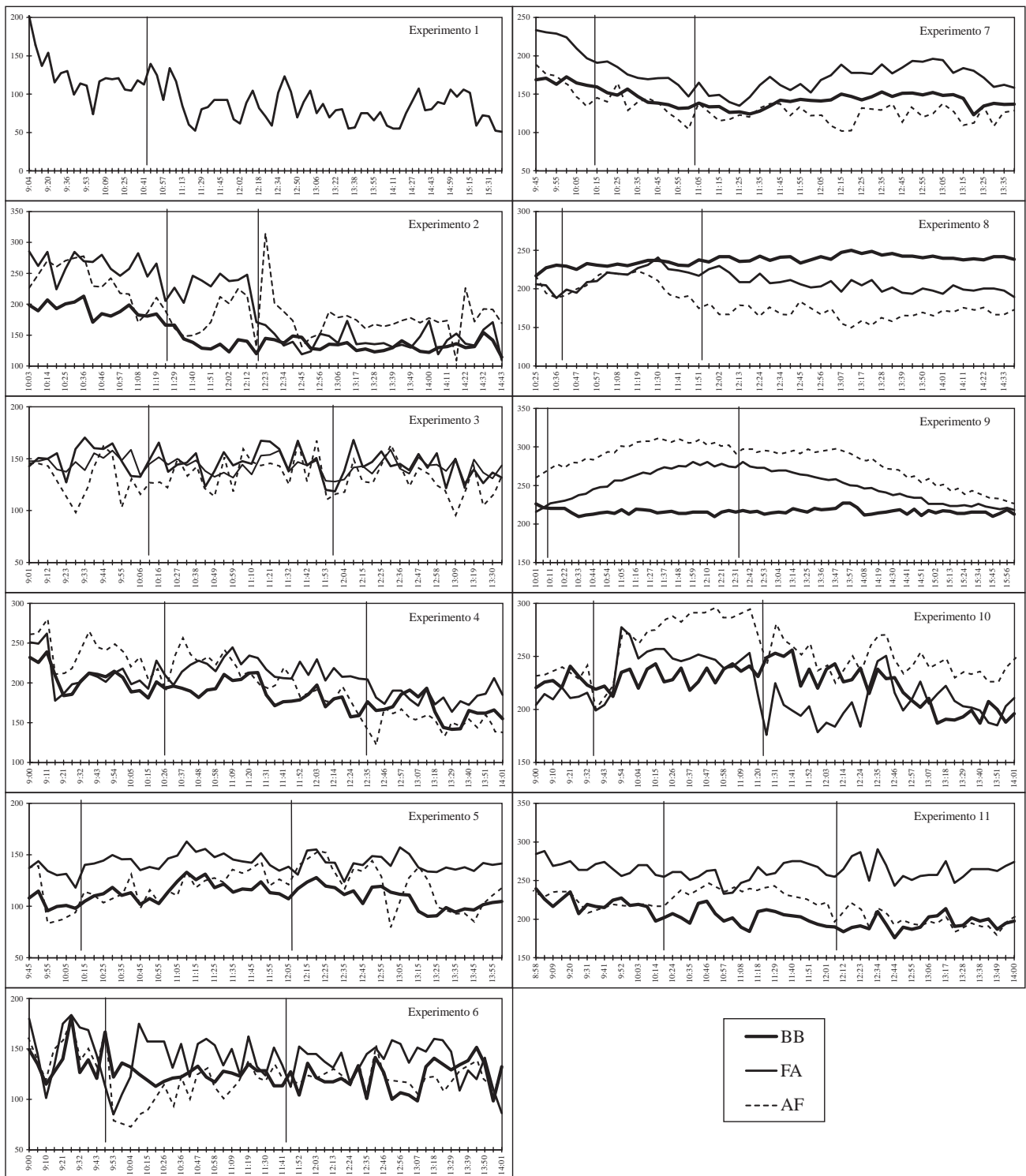


Figura 2. Gráficas de la variación del consumo específico de oxígeno (mg/kg/h de O₂) con respecto al tiempo (horas: minutos). Las líneas verticales indican los momentos en que se añadió agua o formol.

dad aguda ha sido observado por nuestro grupo de investigación en ocasiones aisladas, aunque no en el presente estudio, y sin que pueda determinarse la causa. En cualquier caso, ésta no puede impu-

tarse a la secreción de gran cantidad de *mucus* en las branquias y en la superficie corporal en general, como citan Kakuta *et al.* (1991) en la carpa, ya que esto no ha sido observado en las seriolas expuestas

a formol (aunque sí en otras condiciones). Como manifiestan algunos autores (Wedemeyer, 1971; Piper y Smith, 1973), la toxicidad del formol es, a veces, errática.

Son varios los trabajos que muestran que el tratamiento con formol produce una variación del consumo de oxígeno en peces. Ross, Ward y Ross (1985) citan un aumento del 250 % de este consumo en la trucha arcoiris tratada con 200 ppm de formol durante una hora, mientras que Smith y Piper (1972) y Williams y Wooten (1981) observaron un aumento significativo del hematocrito, que supone una respuesta típica a una situación de hipoxia. Por el contrario, Wedemeyer (1971) observó que al cabo de una hora de exposición a 200 ppm de formol se producía una reducción progresiva del consumo de oxígeno del 50 % en *O. mykiss* y del 25 % en *O. kisutch*.

Los resultados de este trabajo muestran que, en las condiciones experimentales descritas, el tratamiento con formol parece no afectar al consumo de oxígeno de los juveniles de seriola. Esta conclusión concuerda con lo observado por Speare *et al.* (1996) en *Salvelinus fontinalis* (Mitchill, 1814) en agua dulce, con dosis de formol de 200 y 400 ppm, y por Yamamoto (1991) en *Cyprinus carpio*. Este último autor concluye que el formol (en 200 ppm) reduce el intercambio gaseoso en esta especie, aunque, en respuesta a esta reducción, la carpa mantiene constante su consumo de oxígeno, aumentando su volumen ventilatorio. Este hecho no ha sido comprobado en el presente estudio, donde se procuró afectar lo menos posible el comportamiento de los peces. De todos modos, la observación de las medias diarias de consumo de oxígeno muestra que, de haberse producido una deuda de oxígeno debida a la activación del metabolismo anaeróbico, como observan Kakuta *et al.* (1991) en la carpa, debidas a deficiencias en el intercambio gaseoso, ésta no es apreciable. Otros autores, aunque no midieron la respiración, no apreciaron efectos de los tratamientos de formol sobre variables indirectamente relacionados con ella. Powell *et al.* (1996) mostraron que tratamientos de hasta 250 ml/l durante 90 minutos, una vez cada semana alternadamente, parecen ser inocuos para los juveniles del salmón atlántico a lo largo del periodo primaveral de transformación en esguines.

Noga (1996) cita que, en ocasiones, el formol no está recomendado para el tratamiento de tan-

ques de peces comerciales debido a que 5 mg de formol añadidos a un tanque, eliminan químicamente del agua 1 mg de oxígeno disuelto. Como afirman Speare *et al.* (1996), esta demanda, citada también por Wellborn (1985), parece desmesurada. En nuestro caso, y según estos datos, con la adición de 600 cm³ de formol a 2 000 litros de agua se eliminarían alrededor de 120 g de oxígeno. Si el agua del tanque se encuentra con una concentración de oxígeno de 7 ppm, la cantidad total de oxígeno en el tanque sería de 14 g, y este efecto produciría una anoxia completa; sin embargo, las sondas no detectaron ninguna reducción. La presunta reducción de la concentración de oxígeno en el agua debida al efecto del formol ha sido citada también por Ross, Ward y Ross (1985) y por Ghosh y Konar (1983). Estos últimos afirman que se produce la reducción con sólo 9,73 ppm de formol. Speare *et al.* (1996) sugieren que este mecanismo en estanques exteriores puede ser, más que directo y químico, indirecto y biológico: se debería a que el formol reduce la fotosíntesis al matar la vegetación acuática. Además, tras un experimento en el que se trató a truchas arcoiris, Smith y Piper (1972) no pudieron llegar a demostrar que se produjera declinación alguna de los niveles de oxígeno disuelto.

CONCLUSIONES

En el rango de temperatura testado (19,7-25,8 °C), el tratamiento con 300 ppm de formol comercial (40 %) en las condiciones descritas en el presente estudio no parece afectar ni al consumo de oxígeno de juveniles de seriola mediterránea *Seriola dumerili*, de alrededor de 1,5 kg de peso, ni a la concentración de oxígeno del agua, por lo que puede realizarse sin un aporte suplementario de oxígeno. Dados los efectos positivos que el tratamiento con formol tiene en el cultivo de esta especie, parece recomendable su realización periódica, aunque siempre deben tenerse en cuenta eventuales complicaciones puntuales por motivos aun no aclarados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a Manuel Pérez, Tomás Raja, José Rodríguez y Ricardo Rodríguez por su apoyo técnico.

BIBLIOGRAFÍA

- Gándara, F. de la, M. Jover, T. Raja y A. García-Gómez. 1997. Ritmos diarios de consumo de oxígeno en juveniles de seriola mediterránea (*Seriola dumerili*, Risso) bajo condiciones de cultivo. En: *Actas del VI Congreso Nacional de Acuicultura* (9-11 de julio, 1997. Cartagena, Murcia, España). J. de Costa *et al.* (eds.): 699-704. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- Gándara, F. de la, A. García-Gómez y M. Jover. 2002. Effect of feeding frequency on the daily oxygen consumption rhythms in young Mediterranean yellowtails (*Seriola dumerili*). *Aquacultural Engineering* 26 (1): 27-39.
- Ghosh, T. K. y S. K. Konar. 1983. Effects of formalin on (an) aquatic ecosystem. *Environment and Ecology* 1 (4): 273-276.
- Kakuta, I., K. Namba, K. Uematsu y S. Murachi. 1991. Physiological response of the fish, *Cyprinus carpio*, to formalin exposure. I. Effects of formalin on urine flow, heart rate, respiration. *Comp. Biochem. Physiol.* 100 C (3): 405-411.
- Mc Lean, W. E., J. O. T. Jensen y D. F. Alderdice. 1993. Oxygen consumption rates and water flow requirements of Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) in the fish culture environment. *Aquaculture* 109: 281-383.
- Montero, F. E., F. de la Gándara, A. García-Gómez y J. A. Raga. 2000. Hatching success of *Zeuxapta seriola* (Monogenea) under experimental conditions. *Acta Parasitologica* 45 (3): p. 227.
- Noga, E. J. 1996. *Fish Disease. Diagnosis and Treatment*. Mosby-Year Book Inc.: 367 pp.
- Piper, R. G. y C. E. Smith. 1973. Factors influencing formalin toxicity in trout. *The Progressive Fish-Culturist* 35: 78-81.
- Powell, M. D., D. J. Speare, A. E. Fulton y G. W. Friars. 1996. Effects of intermittent formalin treatment of Atlantic salmon juveniles on growth, condition factor, plasma electrolytes, and hematocrit in freshwater and after transfer to seawater. *Journal of Aquatic Animal Health* 8: 64-69.
- Ross, L. G., K. M. Ward y B. Ross. 1985. The effects of formalin, malachite green and suspended solids on the respiratory activity of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Aquaculture and Fisheries Management* 16 (2): 129-138.
- Rucker, R. R., W. G. Taylor y D. P. Toney. 1963. Formalin in the hatchery. *The Progressive Fish-Culturist* 25: 203-207.
- Salas, S. L. y E. Hille. 1977. Las funciones logarítmica y exponencial. En: *Calculus*. Reverté. Barcelona: 245-307.
- Scott, P. 1993. Therapy in Aquaculture. En: *Aquaculture for Veterinarians. Fish Husbandry and Medicine*. L. Brown (ed.): 131-152. Pergamon Press. Oxford.
- Smith, C. E. y R. G. Piper. 1972. Pathological effects in formalin-treated rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Fish. Res. Board Can.* 29: 328-329.
- Speare, D. J., G. Arsenault, N. Mac Nair y M. D. Powell. 1997. Branchial lesions associated with intermittent formalin bath treatment of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Diseases* 20: 27-33.
- Speare, D. J., G. P. Goff, P. Mac Isaac, J. Wecherkiwsky y N. Mac Nair. 1996. Effects of formalin and chloramine-T treatments on oxygen consumption of juvenile salmonids. *Journal of Aquatic Animal Health* 8 (4): 285-291.
- Speare, D. J. y N. Mac Nair. 1996. Effects of intermittent exposure to therapeutic levels of formalin on growth characteristics and body condition of juvenile rainbow trout. *Journal of Aquatic Animal Health* 8: 58-83.
- Thorburn, M. A. y R. D. Moccia. 1993. Use of chemotherapeutics on trout farms in Ontario. *Journal of Aquatic Animal Health* 5: 85-91.
- Wall, T. 1993. The veterinary approach to salmon farming in Scotland. En: *Aquaculture for Veterinarians. Fish Husbandry and Medicine*. L. Brown (ed.): 193-221. Pergamon Press. Oxford.
- Wedemeyer, G. 1971. The stress of formalin treatments in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *J. Fish. Res. Board Can.* 28: 1899-1904.
- Wedemeyer, G. y W. T. Yasutake. 1974. Stress of formalin treatment in juvenile spring chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and steelhead trout (*Salmo gairdneri*). *J. Fish. Res. Board Can.* 31: 179-184.
- Wellborn, T. L. 1985. Control and therapy. En: *Principal diseases of farm raised catfish* (Auburn University, Agricultural Experiment Station, Southern Cooperative Service Bulletin) J. A. Plumb (ed.) 225: 50-69. Auburn University. Auburn, Alabama, EE UU.
- Williams, H. A. y R. Wooten. 1981. Some effects of the therapeutic levels of formalin and copper sulphate on blood parameters in rainbow trout. *Aquaculture* 24: 341-353.
- Wooten, R. y H. A. Williams. 1981. Some effects of therapeutic treatments with copper sulphate and formalin in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). En: *Stress and Fish*. A. D. Pickering (ed.): 334-335. Academic Press. Londres.
- Yamamoto, K. 1991. Effects of formalin on gas exchange in the gills of carp *Cyprinus carpio*. *Comp. Biochem. Physiol.* 98 (2-3): 463-465.