

Uso potencial de mejillones de agua dulce (*Anodonta anatina* y *Unio mancus*) criados artificialmente en Italia

B. Sicuro¹, Silvia Mioletti², Cesarina Abete³, S. Amedeo⁴, Elsa Panini⁵ y G. Forneris⁶

¹Department of Animal Production, Epidemiology and Ecology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Turin; 44, Via Leonardo da Vinci, I-10096 Grugliasco, Turin, Italy

Correo electrónico: benedetto.sicuro@unito.it

²Department of Veterinary Morphophysiology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Turin; 44, Via Leonardo da Vinci, I-10096 Grugliasco, Turin, Italy

³Environmental Security Laboratory, IZS-State Veterinary Institute. 148, Bologna Str., I-10154, Turin, Italy

⁴Department of Animal Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Turin; 44, Via Leonardo da Vinci, 10096 Grugliasco, Turin, Italy

⁵C.so Siracusa, 32 Turin, Italy

⁶Department of Animal Production, Epidemiology and Ecology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Turin; 44, Via Leonardo da Vinci, I-10096 Grugliasco, Turin, Italy

El objetivo de este trabajo fue la caracterización de los mejillones de agua dulce más comunes en Italia y la evaluación de la harina de mejillón como sustituto parcial de la harina de pescado en los piensos acuícolas, así como otras posibles utilidades de los mejillones de agua dulce. Este estudio se llevó a cabo en los Lagos de Avigliana, en el noroeste de Italia, donde se recolectó una biomasa total de 294 kg de *Anodonta anatina* y 129 kg de *Unio mancus* desde 2003 hasta 2005. Se llevaron a cabo análisis proximales y de concentración de aminoácidos, glucosaminoglucanos y metales (Ar²⁺, Cd²⁺, Cr²⁺, Hg, Pb²⁺). Se planificó un estudio de digestibilidad *in vivo* mediante el uso de dos piensos de pescado con diferentes niveles de inclusión de harina de mejillón de agua dulce (20 % y 50 %, alim20 y alim50) y una dieta control basada en harina de pescado. La digestibilidad aparente (DA) de las dietas experimentales fue alta (alim20: DA = 70 % ± 1.5; alim50 DA = 68 % ± 3.2) y comparable con la dieta control (DA = 73.15 % ± 1.5). Se han encontrado diferencias evidentes entre la composición de mejillones grávidos y no grávidos (no grávidos: proteína bruta = 51.4 %, lípidos brutos = 8.5 %, cenizas = 19.1 %, grávidos: proteína bruta = 39 %, lípidos brutos = 4.1 %, cenizas = 36.8 %). Si se considera el resultado obtenido en el ensayo de digestibilidad, la harina de mejillón parece ser un sustituto interesante de la harina de pescado en los piensos de pescado.

Palabras clave: cría de mejillones de agua dulce, glucosaminoglucanos, bivalvos, digestibilidad.

La cría de bivalvos de agua dulce en Europa está destinada fundamentalmente a la biología de conservación (Strayer *et al.* 1994, Buddensick 1995, Pusch *et al.* 2001, Araujo *et al.* 2003 y Hastie y Young 2003). Italia es uno de los mayores productores de mejillones azules y almejas, mientras que la cría de mejillones de agua dulce no se considera una actividad interesante porque estos no se consumen como arte de la dieta en Europa. Sin embargo, los mejillones de agua dulce se consideran como alimento en algunos países asiáticos (Wagner y Boman 2004 y Chakraborty *et al.* 2008). La cría de bivalvos tiene diferentes finalidades tales como la producción de perlas (Naylor *et al.* 2001, Dan y Ruobo 2002 y Englund *et al.* 2008) y la biorremediación, que se consideran aplicaciones interesantes en la acuicultura integrada (Hopkins *et al.* 1993, Jones y Preston 1999, Soto y Mena 1999, Patzamer y Muller 2001, Stuart *et al.* 2001, Jones *et al.* 2002 y Kelly *et al.* 2005). Unionidae es una familia de mejillones de agua dulce muy bien estudiada en Europa y en especial dos especies: *Anodonta anatina* (L.) y *Unio mancus* (Lamarck 1819) (Ravera y Sprocati 1997). Estas especies se han criado experimentalmente durante un proyecto de biorremediación por un período de dos años y en su etapa final se ha investigado alguna utilización potencial de los mejillones de agua dulce (Panini *et al.* 2004 y 2008). Los mejillones están presen-

tes en la dieta natural de varios pescados (Magoulik y Lewis 2002), como consecuencia, la utilización de la harina de mejillón en los piensos de pescado para la acuicultura parece ser una oportunidad interesante. Varios estudios sugieren que el futuro de la acuicultura y de la industria alimentaria marina se verá notablemente afectado por las fuentes de nutrición de los peces (Folkek *et al.* 2000) y la sustitución de la harina de pescado en la alimentación de peces es un tema crítico para el futuro de la acuicultura (Gatlin *et al.* 2007). Si se considera la biología de la familia Unionidae, es importante recordar que las primeras etapas larvales ocurren internamente en las hembras y que la composición corporal de las hembras grávidas se afecta grandemente por la presencia de larvas.

El objetivo de este trabajo fue la evaluación de la harina de mejillón como sustituto parcial de la harina de pescado en los piensos de este, además de algunas otras posibles aplicaciones.

Materiales y Métodos

El estudio es la etapa final de un proyecto de biorremediación donde se estableció un sistema de escala piloto para la cría de mejillones de agua dulce. El sitio usado para el proyecto fue el Lago Grande de Avigliana que se localiza en la región de Piedmont, al

norroeste de Italia (45° N; 7° E). El proyecto comenzó en abril de 2003 y duró hasta junio de 2005. Se recolectaron 5133 especímenes adultos de *Anadonta anatina* y *Unio mancus*. Se recolectó un total de 294 kg de *Anadonta anatina* y de 129 kg de *Unio mancus*. Las técnicas de cultivo de la ostra (Spencer 2002) se adaptaron a la cría de mejillones de agua dulce en los Lagos de Avigliana.

Caracterización química de los mejillones. Para evaluar de forma preliminar la factibilidad de la introducción de la harina de bivalvos en el alimento de pescado, se realizó el análisis proximal, el perfil de aminoácidos y la concentración de metales pesados en cuatro muestras (diez kg cada una) de bivalvos recolectadas en noviembre de 2003 y en abril de 2004. Los bivalvos se anestesiaron con benzocaina (100 mg/L) durante 30 min, y entonces se les eliminó la parte suave de la concha. La parte suave se almacenó a -20 °C, antes del análisis se llevó a temperatura ambiente (22 °C). Se determinó materia seca (MS), ceniza, proteína bruta (PB) en MS, extracto etéreo (EE) en MS y energía bruta (EB) en MS según la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC 1990). Desde abril hasta diciembre de 2005, cuatro muestras de mejillones de cada especie se analizaron mensualmente para determinar la composición proximal.

Se midió la composición de aminoácidos mediante un analizador de aminoácido vía la hidrólisis ácida usando el sistema Beckman System Gold HPLC. El contenido de metales pesados (Ar²⁺, Cd²⁺, Cr²⁺, Hg, Pb²⁺) se midió en cinco muestras (dos kg cada una) recolectadas en cinco sitios diferentes en el lago. La determinación de los metales pesados se midió por espectrofotometría de absorción atómica con corrección del fondo por medio del efecto Zeeman (EAA). Para las investigaciones bioquímicas en los glucosaminoglucanos (GAG), se homogenizaron los tejidos digeridos con papaína y se desproteiniza con ácido tricloroacético. Los GAG se precipitaron agregando 4 volúmenes de etanol frío, liofilizado y disuelto en agua destilada (Cappelletti *et al.* 1980). Se cuantificaron los GAG por el método carbazole usando glucuronelactona como estándar (Bitter y Muir 1962). La concentración se expresó como ácido glurónico por g de tejido húmedo.

Utilización de harina de mejillón como pienso de pescado. Para evaluar una posible utilización de los mejillones de agua dulce, se realizó un experimento sobre la nutrición de la trucha arcoíris en junio-julio 2005. Se planeó un ensayo de digestibilidad utilizando un diseño experimental balanceado monofactorial (factor experimental: dieta de pescado) con tres niveles de tratamiento y seis réplicas. Se usaron dos niveles de inclusión de harina de mejillón de agua dulce (20 y 50 %; alim20 y alim50) y una dieta de pescado control basada en harina (tabla 1). Si se considera la composición proximal del mejillón, el nivel máximo de inclusión es 50 %, como consecuencia,

dos dietas isoproteica (PB = 45 %) e isoenergética (21 KJ kg⁻¹ MS) se evaluaron con la dieta control sin harina de mejillón (tabla 1).

Tabla 1. Composición del alimento de pescado (%) y análisis proximal

Ingrediente (%)	Alim20	Alim50	Control
Harina de mejillón	20.00	50.00	0.00
Harina de pescado	36.50	6.50	57.00
Harina de maíz	24.00	23.50	9.00
Harina de cebada	9.00	9.00	23.50
Aceite de pescado	6.00	6.00	6.00
Levadura de cerveza	1.50	1.00	1.50
Bentonita	2.00	2.00	2.00
Integrador mineral	0.50	1.00	0.50
Integrador vitamínico	0.5	1.00	0.5
Análisis proximal			
PB (%)	45.22	45.80	45.13
EE (%)	12.59	13.18	11.89
EB (KJ*kg ⁻¹ MS)	21.00	21.19	20.78
Fibra bruta (%)	2.04	2.74	1.10
Cenizas (%)	7.78	6.38	9.09

Se evaluó la digestibilidad *in vivo* en 12 tanques que contenían 36 truchas arcoíris, (300 ± 5 g peso corporal inicial, tres peces por tanque), el alimento se distribuyó hasta la saciedad tres veces al día y las heces se recolectaron diariamente con un aparato de filtración continua. El material fecal de cada tanque se recolectó por un período de 15 días por semana y se agrupó para los análisis químicos. Los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de las dietas se determinaron por el método de ceniza insoluble en ácido. Los datos se elaboraron usando métodos estadísticos descriptivos y el coeficiente de correlación de Pearson en el análisis de tendencia.

Resultados

Se estudió la caracterización química de los mejillones de agua dulce y se individualizaron las dos fases principales del ciclo biológico de la Anodonta (tabla 2).

Tabla 2. Análisis proximales de *Anodonta anatina* (media ± DE en MS)

	Non grávidos	Grávidos
Proteína bruta, %	51.4 ± 5.0	39.0 ± 0.2
Lípidos brutos, %	8.5 ± 0.01	4.1 ± 1.2
Cenizas, %	19.1 ± 6.1	36.8 ± 6.5

La composición de mejillones varía en relación con las fases fisiológicas del mejillón, en particular, la presencia de glochidia dentro del mejillón afecta la composición corporal del mejillón. Después de los análisis proximales (tabla 2), se estudió la composición de aminoácido en Anodonta no grávida (tabla 3) y se comparó con la composición de la harina de pescado (Guillame *et al.* 1999).

Tabla 3. Contenido de aminoácidos esenciales (AE, % en el total) en comparación con la composición de harina de pescado

Aminoácidos esenciales	Harina de mejillón	Harina de pescado
Treonina	1.93	2.73
Valina	2.05	3.55
Metionina	0.97	1.81
Isoleucina	1.99	3.04
Leucina	3.32	4.81
Histidina	1.01	1.58
Lisina	3.39	5.04
Arginina	2.98	3.71

El hábitat natural de estas especies enfrenta el riesgo de contaminación por contaminantes peligrosos, como consecuencia, se investigó el contenido de metales pesados para prevenir cualquier efecto negativo posible (incluso indirecto) para el consumo humano (tabla 4).

Tabla 4. Contenido de metales pesados (mg/kg) (n=5) (media ±DE)

	Anodonta	Unio	Límites italianos (R. UE n. 1881/2006)
Ar ²⁺	0.52 ± 0.35	0.41 ± 0.33	n.d.
Cd ²⁺	0.03 ± 0.02	0.03 ± 0.01	0.05
Cr ²⁺	0.13 ± 0.04	0.21 ± 0.13	n.d.
Hg	< 0.07	< 0.07	1.0
Pb ²⁺	0.26 ± 0.1	0.28 ± 0.09	1.0

* n.d. no disponible

En lo que concierne el ensayo de nutrición de la trucha arcoíris, la digestibilidad aparente (CDA) de estos alimentos experimentales fue alta y comparable con la dieta control (tabla 5).

Tabla 5. Digestibilidad del alimento de pescado

	Alim20	Alim50	Control
DA (%)	70.0 ± 1.5	68.0% ± 3.2	73.15% ± 1.5

Se analizó el contenido de glucosaminoglucanos (GAG) y se comparó con otros pescados con concha que se crían comúnmente en Italia (tabla 6).

Si se consideran las peculiaridades reproductivas de los Unionidos y el cambio consecuente en la composición corporal, se llevaron a cabo análisis proximales en estos mejillones desde abril hasta diciembre 2005

Tabla 6. Contenido de glucosaminoglucanos (GAG) (mg/g)

<i>Anodonta anatrina</i> (L.)	4.75
<i>Unio mancus</i> (Lamarck 1819)	5.1
<i>Perna canaliculus</i> (Gmelin 1791)	15.3
<i>Chamaelea gallina</i> (L.)	8.2
<i>Mytilus galloprovincialis</i> (L)	6.1
<i>Tapes philippinarum</i> (Adams & Reeve 1850)	0.96

(figura 1, 2, 3, y 4) para encontrar el período más favorable para criar mejillones de agua dulce durante el año.

Los datos de la tendencia de la composición corporal del mejillón indican que la Anodonta es más variable en composición corporal si se considera el contenido de proteína y lípidos, mientras que el contenido de cenizas es similar en las especies consideradas. Se midieron los coeficientes de correlación en los parámetros de composición corporal entre las dos especies consideradas. El incremento simultáneo en el contenido de cenizas

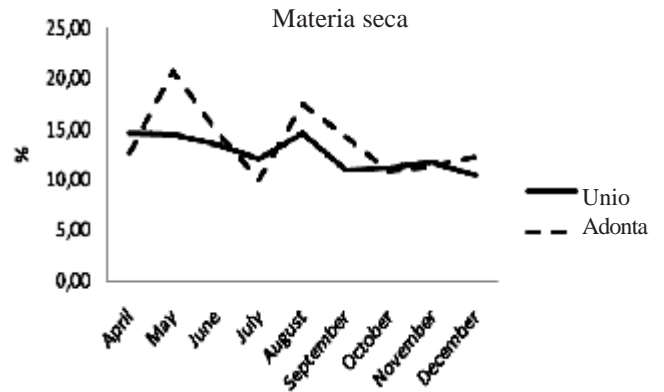


Figura 1. Tendencia estacional de materia seca en Anodonta and Unio

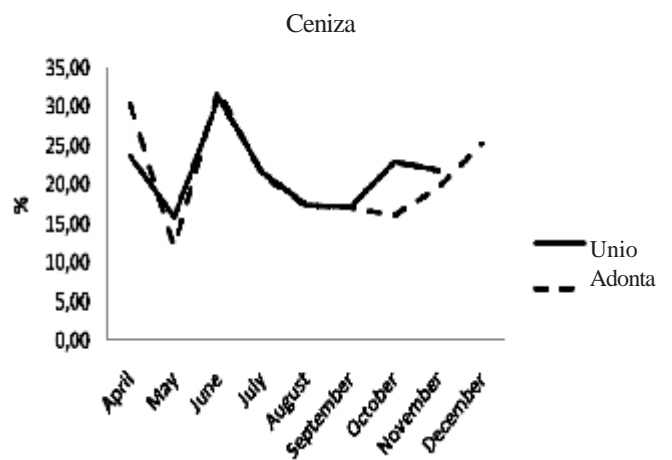


Figura 2. Tendencia estacional de cenizas en Anodonta y Unio

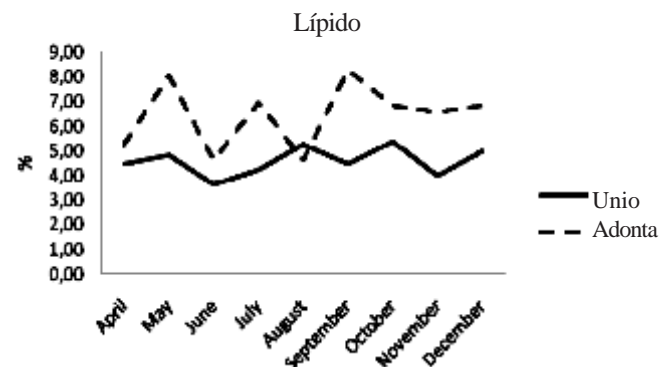


Figura 3. Tendencia estacional de lípidos en Anodonta y Unio

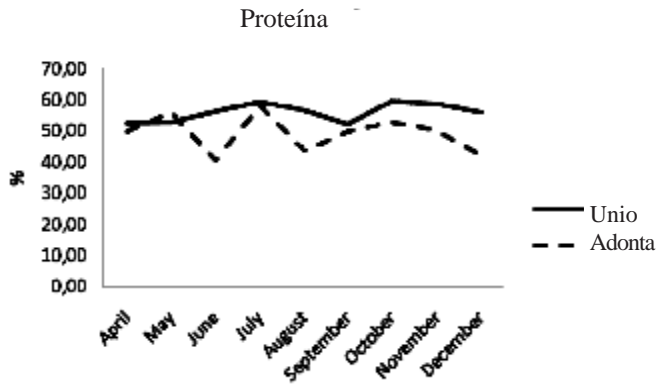


Figura 4. Tendencia estacional de proteínas en Anodonta y Unio

($r = 0.84$) es causado por la presencia de glochidia en junio, por otra parte, se observó ausencia de correlación entre el contenido de proteína ($r = 0.009$) y lípidos ($r = 0.16$), lo que demuestra que la variabilidad solo en Anodonta es probable debido a un mayor número de mejillones que pertenecen a esta especie y la composición corporal es afectada, en su mayoría, por la liberación de glichidia.

Discusión

Los mejillones de agua dulce son considerados como alimento para humanos y animales en algunos estados de la India (Chakraborty *et al.* 2008), se consumen en China y en algunas épocas en algunas áreas de América del Norte. La utilización de proteína alternativa en el pienso de pescado es motivo de estudio en gran medida en la literatura internacional (Gatlin *et al.* 2007) y se han analizado varias fuentes de proteína en los últimos años, fundamentalmente las vegetales. Al considerar estos hechos, se estudió la utilización de harina de mejillón de agua dulce como ingrediente potencial en la harina de pescado y se analizó la variación en la composición corporal del mejillón. En la primera parte del estudio, se centró la atención en la diferente composición corporal entre los especímenes grávidos y los no grávidos. El contenido de proteína bruta y lípidos brutos alcanzó los niveles más altos en los especímenes no grávidos recolectados en noviembre y en abril. Esta variación estacional es una característica de los mejillones de agua dulce, mientras que los marinos son típicamente constantes en composición corporal durante el año (Tavares *et al.* 1998). Al considerar este efecto de la sustitución de la harina de pescado, en el ensayo de digestibilidad *in vivo*, la harina de origen de agua dulce resultó ser un pienso interesante y hubo un decrecimiento lento de la digestibilidad del alimento, inversamente proporcional con el nivel de inclusión de la harina de mejillón en el alimento. Incluso si la cantidad total de proteína bruta alcanza valores interesantes en los mejillones no grávidos (PB = 51.4 %), la composición de aminoácidos del mejillón de agua dulce muestra algunas deficiencias en comparación con la harina de pescado, particularmente en leucina y valina. La interesante digestibilidad del alimento

de pescado con harina de mejillones de origen de agua dulce sugiere que el alimento de pescado se podría sustituir la harina de pescado parcialmente en este alimento.

La digestibilidad comparable en este ensayo indica una disponibilidad potencial de harina de mejillón como sustituto parcial de la harina de pescado y esto es alentador si se tiene en cuenta que la literatura sobre proteína vegetal en el alimento de pescado señala una plétora de factores antinutricionales presentes en los vegetales, anteriormente evidentes en estudios de digestibilidad (Gatlin *et al.* 2007).

Desde el punto de vista nutricional, la principal limitante de la harina de mejillón de agua dulce es la composición de proteína y de aminoácidos, la que puede ser finalmente corregida con aminoácidos artificiales en futuras formulaciones de alimentos para pescado. Después de los útiles resultados obtenidos en el ensayo de sustitución de harina de pescado, la investigación continuó analizando la composición corporal del mejillón por un período de ocho meses (figura 1, 2 y 3). Claramente Anodonta y Unio mostraron similar tendencia en la composición corporal, en particular el contenido de cenizas resultó similar en dos especies, mientras otros parámetros mostraron mayor variabilidad, particularmente Anodonta. En estos mejillones, un valor mínimo de contenido de cenizas se encontró en mayo y este correspondió a mayores valores en contenido de lípidos y proteína. Mayo resultó el período más favorable para la cosecha futura de los mejillones de agua dulce, en este mes hay menor contenido de cenizas y mayor contenido de proteína y lípidos.

Los bivalvos se utilizan a menudo como biomarcadores por su capacidad de acumulación de metales pesados en especies de agua de mar (Anandraj *et al.* 2002) y de agua dulce (Jamil *et al.* 1999). Este aspecto de la contaminación de metales pesados en el alimento de pescado es de interés actual para el futuro desarrollo de la acuicultura sostenible en Europa y la Comisión Europea ha centrado sus esfuerzos en eliminar la contaminación de metales pesados del alimento de pescado, según queda claramente estipulado en la regulación (EC) No 834/2007 del Consejo de regulación en la producción orgánica de acuicultura. Durante la investigación de ambas especies estudiadas, el nivel de metales pesados fue muy bajo, bajo el límite de la legislación italiana (tabla 4) y no hubo diferencias entre los cinco sitios analizados. Desde este punto de vista, la harina de mejillón de agua dulce podría ser un ingrediente sano para el alimento de pescado en el futuro y particularmente apropiada para la producción de pescado orgánico.

Un bivalvo marino, el mejillón verde de Nueva Zelanda (*Perna canaliculus*) (Gmelin 1791) se ha estudiado en estudios aplicados y hay varias aplicaciones interesantes del extracto de mejillón verde en la nutrición de mascotas (Dobenecker *et al.* 2002). Además, los GAG del extracto de mejillones verdes son bien conocidos por su efecto beneficioso en el medicamento natural para

humanos. Por esta razón, el contenido de GAG en mejillones de agua dulce se ha investigado y comparado con el de los peces con conchas de Italia. Estos análisis muestran que los mejillones de agua dulce se pueden considerar como una fuente de estos compuestos, incluso si la cantidad de GAG es meramente un tercio con respecto a la de los mejillones de Nueva Zelanda. Otra aplicación interesante de la cría de mejillones de agua dulce es la producción de perlas y algunas perlas naturales se han encontrado en especies exóticas (*Sinanodonta woodiana*) (Lea 1834) en el área en estudio. Incluso si el valor comercial de las perlas de animales de agua dulce es bajo, este hecho indica una futura posibilidad de valorización.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que la sustitución parcial de la harina de pescado parece ser una oportunidad interesante porque no se han encontrado efectos adversos en la digestibilidad de alimento de pescado y en el contenido de metales pesados. Incluso si se necesita una investigación más detallada sobre el crecimiento de peces para evaluar la sustitución efectiva de la harina de pescado, este estudio dirigido a la digestibilidad de la harina de mejillón ofrece un primer resultado promisorio. Los mejillones deben cosecharse durante el período no reproductivo, en el invierno, desde septiembre hasta mayo. Además, entre las aplicaciones posibles propuestas, otras investigaciones pueden llevarse a cabo para la caracterización química de los GAG en mejillones de agua dulce para posibles estudios en nutrición de mascotas. Si se tiene en cuenta que las compañías dedicadas a la nutrición de mascotas están grandemente interesadas en suplementos naturales con propiedades anti-inflamatorias para perros de gran tamaño (el precio del extracto de mejillón verde es de más de 100 €/kg), esta aplicación tendrá probablemente gran interés económico en el futuro.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por la provincia de Turín, que patrocinó el proyecto de investigación de dos años «Restauración del equilibrio ecológico de los lagos de Avigliana». Estamos especialmente agradecidos al Director de los Parques Nacionales de los Lagos de Avigliana, al Dr. Claudio Rolando por su apoyo durante todas las fases de este estudio y al personal del parque. Ofrecemos nuestra gratitud al Dr. Giovanni Battista Palmegiano por brindarnos su hospitalidad en su laboratorio y a Chiara Bianchi por el apoyo ofrecido en los análisis de laboratorio.

Referencias

Anandraj, A., Marshall, D.J., Gregory, M.A. & McClurg, T.P. 2002. Metal accumulation, filtration and O₂ uptake rates in the mussel *Perna perna* (Mollusca: Bivalvia) exposed to Hg²⁺, Cu²⁺ and Zn²⁺. *Comp. Biochem. Physiol. Part C* 132: 355

AOAC 1990. Official Methods of Analysis, 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.

Araujo, R., Quirós, M. & Ramos, M.A. 2003. Laboratory propagation and culture of juveniles of the endangered freshwater mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793). *Journ. Conch.* 38:53.

Bitter, T. & Muir, H.M. 1962. A modified uronic acid carbazole reaction. *Anal. Biochem.* 4:330.

Buddensiek, V. 1995. The culture of juvenile freshwater pearl mussels *Margaritifera margaritifera* L. in cages: a contribution to conservation programmes and the knowledge of habitat requirements. *Biol. Conserv.* 74:33

Cappelletti, R., Del Rosso, M. & Chiarugi, V.P. 1980. A new method for characterization on N-sulphate glycosaminoglycans by a rapid and multisample nitrous acid treatment during an electrophoretic run and its application to the analysis of biological samples. *Analyt. Biochem.* 105:430

Chakraborty, S., Ray, M. & Ray, S. 2008. Sodium arsenite induced alteration of hemocyte density of *Lamellidens marginalis* – an edible mollusk from India *Clean* 36:195

Dan, H. & Ruobo, G. 2002. Freshwater pearl culture and production in China. *Aquacul. Asia* 7:6

Dobenecker, B., Beetz, Y. & Kienzle, E. 2002. A placebo-controlled double-blind study on the effect of nutraceuticals (chondroitin sulfate and mussel extract) in dogs with joint diseases as perceived by their owners. *American Society for Nutritional Sciences. J. Nutr.* 132:1690

Englund, D., Brunberg, A. & Jacks, G. 2008. A case study of a freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) population in central Sweden. *Geogr. Ann.* 90:251

Folkek, C., Lubchenko, J., Mooney, H. & Troellek, M. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405:1017

Gatlin, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, A., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Souza, E.J., Stone, D., Wilson, R. & Wurtele, E. 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquacul. Res.* 38:551

Guillame, J., Kaushik, S.J., Bergot, P. & Métailler, R., 1999. Quantitative requirements for essential amino acids of some teleost fish. En: Guillame, J., Kaushik, S.J., Bergot, P., Métailler, R. (Eds.), *Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans*. Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK. 380 pp.

Hastie, L.C. & Young, M.R. 2003. Conservation of the Freshwater Pearl Mussel I: Captive breeding techniques, *Conserving Natura 2000 Rivers Conservation Techniques Series N. 2*. English Nature, Peterborough, 28 pp.

Hopkins, J.S., Hamilton, R.D., Sandifer, P.A. & Browdy, C.L. 1993. The production of bivalve mollusks in intensive shrimp ponds and their effect on shrimp production and water quality. *World Aquacul.* 24:74

Jamil, A., Lajtha, K., Radan, S., Ruzsa, G., Cristofor, S. & Postolache, C. 1999. Mussels as bioindicators of trace metal pollution in the Danube Delta of Romania. *Hydrobiol.* 392:143

Jones, A.B. & Preston, N.P. 1999. Sydney rock oyster, *Saccostrea commercialis* (Iredale & Roughley), filtration of shrimp farm effluent: the effects on water quality. *Aquacul. Res.* 30:51

Jones, A.B., Preston, N.P. & Dennison, W.C. 2002. The efficiency and condition of oysters and macroalgae used as biological filters of shrimp pond effluent. *Aquacul. Res.* 33:1

- Kelly, M.S., Black, K.D., Sanderson, J.C. & Cook, E.J. 2005. Can we integrate to accumulate? Utilising 'waste' in open water systems. EAS Conference, Special Publication 35:35
- Magoulik, D.D. & Lewis, L.C. 2002. Predation on exotic zebra mussels by native fishes: effects on predator and prey. *Fresh. Biol.* 47:1908
- Naylor, L. R. , Goldburg, R.J., Primavera, J. H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., O'Connor, W. & Wang, A. 2002. Akoya pearl culture in China. *World Aquacul.* 32:18
- Panini E., Sicuro, B., Daprà, F., & Forneris, G. 2008. Preliminary considerations for freshwater mussel reproduction and possible application for extensive rearing in Italy. *J. Conch.* 39:124
- Panini, E., Sicuro, B. & Forneris, G. 2004. Réponse à l'élevage de deux espèces de bivalves d'eau douce à différentes températures et densités dans un lac eutrophe. 47e Congrès de l'Association Française de Limnologie - Fonctionnement des Hydrosystèmes et impacts des activités anthropiques, 5 July - 8 July 2004, Besançon, France. 14 -15
- Patzner, R.A. & Müller, D. 2001. Effects of eutrophication on Unionids. En: Bauer, G., Wächtler, K. (Eds.), *Ecology and Evolution of the freshwater mussels Unionoida*. Springer, Berlin, pp. 327-335
- Pritchard, J. 2001. An historical analysis of mussel propagation and culture: research performed at the Fairport Biological Station. Clear Creek Historical Research, Ames, Iowa, 130 pp.
- Pusch, M., Siefert, J. & Walz, N. 2001. Filtration and respiration rates of two Unionid species and their impact on the water quality of a Lowland River. En: Bauer, G., Wächtler, K. (Eds.), *Ecology and Evolution of the freshwater mussels Unionoida*. Springer, Berlin, pp. 317-326
- Ravera, O. & Sprocati, A.R. 1997. Population dynamics, production, assimilation and respiration of two freshwater mussels: *Unio mancus*, Zhadin and *Anodonta cygnea* Lam. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 56:113
- Soto, D. & Mena, G. 1999. Filter feeding by the freshwater mussel, *Diplodon chilensis*, as a biocontrol of salmon farming eutrophication. *Aquacult.* 171:65
- Spencer, B.E. 2002. *Molluscan Shellfish Farming*. Blackwell Science, Oxford, UK, 274 pp.
- Strayer, D.L., Hunter, D.C., Smith, L.C. & Borg, C.K. 1994. Distribution, abundance, and roles of freshwater clams (*Bivalvia*, *Unionidae*) in the freshwater tidal Hudson River. *Fresh. Biol.* 31:239
- Stuart, K.R., Eversole, A.G. & Brune, D.E. 2001. Filtration of green algae and cyanobacteria by freshwater mussels in the partitioned aquaculture system. *JWAS* 32:105
- Tavares, M., do Amaral Mello, M.R.P., Campos, N.C., de Morais, C. & Ostini, S. 1998. Proximate composition and caloric value of the mussel *Perna perna*, cultivated in Ubatuba, Sao Paulo State, Brazil. *Food Chem.* 62:473
- Wagner, A. & Boman, G. 2004. Biomonitoring of trace elements in Vietnamese freshwater mussels. *Spectrochem. Acta Part B* 59:1125

Recibido: 7 de diciembre de 2009