

Review

Cultivo de camarón de río *Samastacus spinifrons*: ¿una nueva alternativa para la diversificación de la acuicultura chilena?

Erich Rudolph¹, Francisco Retamal¹ & Andrea Martínez¹

¹Departamento de Ciencias Básicas, Universidad de Los Lagos
Casilla 933, Osorno, Chile

RESUMEN. El camarón de río del sur *Samastacus spinifrons*, es una de las seis especies de la Familia Parastacidae (Crustacea, Decapoda, Astacidea) que habita las aguas dulces de Chile desde el río Aconcagua hasta la península de Taitao, y actualmente, la única que es considerada atractiva para la acuicultura nacional. En este artículo se revisa su potencial para la acuicultura con fines comerciales o de repoblamiento. Para ello se analizan: a) las ventajas y desventajas biológicas de esta especie ante eventuales actividades de cultivo en confinamiento; b) las experiencias de cultivo que a la fecha se han efectuado en Chile haciendo énfasis en sus respectivos aportes; y, c) las probables causas que han impedido que su cultivo se consolide en el país. Finalmente, de acuerdo a los análisis antes señalados se plantea una propuesta de cultivo que se considera la más adecuada para *S. spinifrons*.

Palabras clave: *Samastacus spinifrons*, camarón de río, experiencias de cultivo, potencial para la acuicultura, Chile.

Culturing freshwater crayfish *Samastacus spinifrons*: a new alternative for diversifying Chilean aquaculture?

ABSTRACT. The freshwater crayfish *Samastacus spinifrons*, is one of six species of the Family Parastacidae (Crustacea, Decapoda, Astacidea) inhabiting freshwaters in Chile from the Aconcagua River to the Taitao Peninsula, and the only one that is currently considered attractive for national aquaculture. In this article, we review the potential of this species for aquaculture with commercial or restocking purposes. For this, we analyze: a) the species' biological advantages and disadvantages in an eventual situation of confined culture; b) previous culturing experiences carried out in Chile, with an emphasis on their respective contributions; and c) the causes that were likely to have prevented the consolidation of culturing this species in Chile. Finally, the above analyses provided the basis for our proposal of the most appropriate way to culture *S. spinifrons*.

Keywords: *Samastacus spinifrons*, freshwater crayfish, experiences of culture, potential for the aquaculture, Chile.

Corresponding author: Erich Rudolph (erudolph@ulagos.cl)

INTRODUCCIÓN

En las aguas dulces del mundo habitan sobre 640 especies de camarones de río (Crandall & Buhay, 2008). Ellas constituyen un importantísimo nivel trófico, ya que por ser crustáceos de fondo y debido a su actividad detritívora y omnívora, cumplen en el medio dulce acuático funciones tales como limpieza y reciclado de materiales de desecho, limitación del

grado de eutroficación y control de los niveles microbiológicos (Pérez *et al.*, 1997). Actualmente existe un considerable interés por el cultivo de estas especies, debido al alto precio y a la gran demanda que ellas alcanzan en el mercado mundial (Skurdal & Taugbøl, 2002). Además, desde comienzos del siglo XX muchas especies están experimentando una drástica disminución de su rango de distribución geográfica por distintos factores, entre los que

destacan: competencia interespecífica especialmente con especies introducidas, predación, destrucción del hábitat, aumento de la extracción para consumo humano y enfermedades (e.g. la peste del cangrejo o afanomicosis que afecta desde fines del siglo XIX a las especies endémicas de Europa) (Souty-Grosset *et al.*, 2006). En algunos países europeos esta disminución del rango geográfico ha generado interés por el cultivo de las especies nativas con fines de repoblamiento (Pérez *et al.*, 1997). De todas las especies conocidas sólo nueve han podido ser cultivadas con éxito ya sea para fines comerciales o de repoblamiento (Ackefors, 2000) (Tabla 1). En la actualidad su cultivo representa el 2,6% del volumen total de crustáceos producidos por la acuicultura (SAGyP, 2007). El precio que alcanzan estos crustáceos es muy variable dependiendo de la especie y el país de su comercialización; según Ackefors (2000), el precio más bajo corresponde a *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (US\$ 1-3 por kg) y el más alto a *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) (US\$ 40 por kg).

En las aguas continentales chilenas entre el río Aconcagua (32°55'S, 71°18'W) y la península de Taitao (46°30'S, 74°30'W), habitan seis especies de camarones de la Familia Parastacidae (Crustacea, Decapoda, Astacidea) (Rudolph & Crandall, 2007). De estas especies sólo *Samastacus spinifrons* (Philippi, 1882) (Fig. 1), ha sido considerada atractiva para la acuicultura debido a ciertas características biológicas que le confieren ventajas comparativas respecto a las otras cinco especies. Además, sus poblaciones están siendo sometidas a una intensa presión extractiva para consumo humano, sin restricción de vedas, tallas mínimas de extracción o protección de las hembras ovígeras. Finalmente, el hábitat de esta especie está experimentando un deterioro progresivo por acción antrópica (Rudolph, 2002a). Es en este contexto, que desde 1996 a la fecha se han realizado algunas experiencias de cultivo en confinamiento, cuyo objetivo ha sido aportar al conocimiento biológico, técnico y/o económico que a su vez permita una mejor evaluación de la factibilidad de su cultivo en cautiverio. Estas experiencias se han ejecutado sobre la base de recursos económicos logrados mediante proyectos *ad-hoc*, trabajos de titulación, o de inversiones privadas.

Rudolph (2002a) publica una síntesis del conocimiento biológico que hasta ese año se tenía de *S. spinifrons*. En el presente artículo se revisa su potencial para la acuicultura ya sea con fines comerciales o de repoblamiento, para ello se analizan: a) las ventajas y desventajas biológicas de *S. spinifrons* ante eventuales actividades de cultivo en

confinamiento; b) las experiencias de cultivo que a la fecha se han efectuado en Chile haciendo énfasis en sus aportes; y, c) las probables causas que han impedido que el cultivo de esta especie se consolide en nuestro país. Finalmente, en base a los análisis antes mencionados se plantea una propuesta de cultivo que se considera la más apropiada para este parastácido chileno.

Atributos biológicos ventajosos para su cultivo

S. spinifrons, a diferencia de las restantes especies de parastácidos chilenos, tiene una serie de peculiaridades biológicas relevantes y útiles de conocer para comprender mejor sus reales perspectivas de cultivo, las cuales se describen a continuación:

Hábitat y distribución geográfica

Esta especie habita aguas abiertas, *i.e.*, riachuelos, ríos y lagos situados entre el borde costero y la precordillera andina, desde el río Aconcagua hasta la península de Taitao (Bahamonde & López, 1963). En estas aguas dulces cumple todo su ciclo de vida. Su actividad excavadora es mínima pues ella sólo se limita a la construcción de pequeños orificios para refugio de un solo individuo (Rudolph, 2002a; Jara, 1994; Jara *et al.*, 2006). Estas características permiten suponer que el agua de cualquier sistema límnic, que se ubique en la amplia zona antes mencionada, pudiera ser apropiada para el cultivo de esta especie. Este modo de vida también permite diseñar, construir y utilizar unidades de cultivo relativamente sencillas y por ende de bajo costo, *e.g.*, estanques excavados en tierra o tipo raceway, tranques, lagunas, canales, etc. Sin embargo, las experiencias de cultivos realizadas a la fecha indican que no se deben usar aguas cuya temperatura mínima sea muy baja, como lo sería la temperatura de aquellas aguas que provienen directamente de deshielos andinos, puesto que afectan negativamente el crecimiento (Reynolds, 2002). Además, los centros de cultivo se deberían construir en lugares que tengan buenos accesos durante todo el año, y de ser posible relativamente alejados de centros poblados cuyas descargas de aguas servidas, agrícolas e industriales, pudiesen disminuir la calidad física, química y/o bacteriológica del agua a utilizar. Al respecto, el mejor indicador que un agua es apropiada para el cultivo de esta especie, es que en ella habiten poblaciones naturales de *S. spinifrons*. Por otra parte las unidades exteriores de cultivo deberían ser más largas que anchas, de una profundidad no superior a 1 m, y la altura de la columna de agua en su interior no debería superar los 60 cm. Por último, se debe destacar que en esta especie existen dos morfologías corporales, según sea que los especímenes provengan

Tabla 1. Especies de astácidos de agua dulce que actualmente se cultivan con éxito en el mundo.

Table 1. Species of freshwater crayfishes that nowadays are cultivated with success in the world.

Nombre científico	Nombre común	Origen
<i>Procambarus clarkii</i> (Girard, 1852)	Cangrejo rojo de los pantanos	Sur de EEUU
<i>Procambarus zonangulus</i> Hobbs & Hobbs, 1990	Cangrejo blanco	Sur de EEUU
<i>Orconectes</i> spp.	-----	EEUU
<i>Pacifastacus leniusculus</i> (Dana, 1852)	Cangrejo señal	Oeste de EEUU
<i>Astacus leptodactylus</i> Eschscholtz, 1823	Cangrejo de patas largas	Turquía
<i>Astacus astacus</i> (Linnaeus, 1758)	Cangrejo noble	Europa
<i>Cherax destructor</i> (Clarke, 1936)	Yabby	Oeste de Australia
<i>Cherax quadricarinatus</i> (Von Martens, 1868)	Redclaw	Sur de Australia
<i>Cherax cainii</i> Austin, 2002	Marrón	Norte de Australia



Figura 1. *Samastacus spinifrons*. Especimen en vista dorsal. Barra escala: 5,7 mm.

Figure 1. *Samastacus spinifrons*. Specimen in dorsal view. Scale bar: 5.7 mm.

de poblaciones lacustres (morfo lago) o fluviales (morfo río) (Fig. 2). Las diferencias morfológicas externas entre ambos morfos son tan notables que permiten distinguirlos con relativa facilidad (ver Rudolph, 2002a). Pero estas diferencias morfológicas no son las únicas; los representantes del morfo lago alcanzan mayores tallas (17 cm de longitud total), mayores pesos (70 g) y mayor fecundidad (> 200 huevos). Estos atributos sugieren que los especímenes del morfo lago tendrían mayor potencial para cultivos con fines comerciales.

Sistema sexual

Aunque se ha descrito la ocurrencia de 1,5 a 16,0% de especímenes intersexo en muestras provenientes de



Figura 2. *Samastacus spinifrons*. Vista dorsal del cefalotórax de especímenes de los morfos a) lago y b) río. Barra escala: a) 8,7 mm, b) 18,1 mm.

Figure 2. *Samastacus spinifrons*. Dorsal view of the cephalothorax of specimens of the morpho a) lake and b) river. Scale bar: a) 8.7 mm, b) 18.1 mm.

algunas poblaciones fluviales, se puede afirmar que el gonocorismo (*i.e.* sexos separados) es el sistema sexual de *S. spinifrons*, por cuanto éste ha sido registrado en todos los especímenes de poblaciones lacustres hasta ahora analizados y también en la mayoría de las poblaciones fluviales (Rudolph, 1999; 2002b). En consecuencia, en esta especie es posible distinguir externamente el sexo sólo observando la presencia o ausencia de uno u otro tipo de orificio sexual. Los femeninos se ubican en las coxas del tercer par de patas caminadoras y los masculinos en las coxas del quinto par. El gonocorismo y la facilidad para distinguir externamente el sexo, tiene una serie de ventajas al momento de establecer la proporción de sexos en los planteles a cultivar en la fase reproductiva, de engorda o durante la cosecha.

Tamaño y peso corporal

De las especies chilenas de parastácidos, *S. spinifrons* es la que alcanza mayores tamaños y pesos corporales

(Rudolph, 2002a). Además, por habitar aguas abiertas y tener una conducta excavadora muy reducida, presenta mayor desarrollo del abdomen o “cola”. Este último representa la mayor fracción comestible de los camarones de río en general, alcanza entre 10 y 40% del peso corporal según la especie (Holdich, 1993), y que en *S. spinifrons* corresponde al 24,5% (Rudolph *et al.*, 1991). Además, este mayor desarrollo abdominal hace de *S. spinifrons* el parastácido chileno que presenta el mayor rendimiento en carne. Finalmente, su carne es de excelente calidad, tanto en textura como en sabor y contenido de proteínas (16,2% promedio de proteínas en base húmeda) (Rudolph *et al.*, 1991) (Tabla 2).

Fecundidad

Los huevos de *S. spinifrons* son ligeramente más grandes que los huevos de los restantes parastácidos chilenos (Rudolph & Rojas, 2003). Pese a ello *S. spinifrons*, debido probablemente a su mayor tamaño corporal y mayor desarrollo abdominal, genera e incuba un número comparativamente mayor de huevos (Tabla 3). Se han reportado algunas hembras ovígeras provenientes de poblaciones lacustres cuyas oviposuras superan los 200 huevos (D. Saltarini, *com. pers.*). Si bien esta fecundidad es baja, si se le compara con otras especies de crustáceos, se encuentra dentro de los rangos normales para los camarones de río, *i.e.*, entre 100 y 1.000 huevos dependiendo de la especie (Holdich, 1993). Además, está asociada al tipo de desarrollo que presenta la especie y que se analiza más adelante.

A las características biológicas señaladas se debe agregar otras tres, que son universales entre los camarones de río y que constituyen claras ventajas ante eventuales cultivos de estos crustáceos.

Tabla 2. Contenido de proteínas (%) en base húmeda en la carne de quelas y de abdomen de tres especies de parastácidos de Chile (*).

Table 2. Content of proteins (%) in humid base in the meat of chelae and abdomen of three species of Chilean parastacids (*).

Especie	Proteínas (%)	
	Carne de quelas	Carne de abdomen
<i>Samastacus spinifrons</i>	15,2	17,2
<i>Parastacus pugnax</i>	15,2	14,2
<i>Parastacus nicoleti</i>	18,6	15,1

(*) Tomado de Rudolph *et al.* (1991).

Tipo de desarrollo

Esta especie presenta desarrollo directo con incubación de huevos grandes, ricos en vitelo y con cuidados parentales extendidos que incluyen los dos primeros estados juveniles. En consecuencia, este tipo de desarrollo se caracteriza por la ausencia de estados larvales librenadores y eclosión al estado de juvenil 1 (J1). Los juveniles se mantienen bajo cuidados de la madre hasta que alcanzan el estado de juvenil 3 (J3), momento en que se liberan e inician una existencia independiente (Rudolph & Iraçabal, 1994). Durante la incubación, tanto los embriones como los juveniles 1 y 2 se nutren del vitelo presente en los huevos y su mortalidad durante este período se aproxima a cero. Este tipo de desarrollo es una característica positiva para la acuicultura de los astácidos de agua dulce en general y de *S. spinifrons* en particular, puesto que el cultivador no debe preocuparse por la mantención y el manejo de distintos estadios larvales, los que a su vez suelen tener distintos requerimientos alimentarios y en algunos casos también ambientales (Holdich, 1993). No obstante, la duración de un desarrollo de este tipo es muy prolongada como se analiza más adelante.

Hábitos alimentarios

S. spinifrons es una especie generalista, oportunista, que virtualmente puede alimentarse de todos los niveles tróficos existentes en su ecosistema, lo que se conoce como politrofia. Este tipo de hábitos alimentarios constituye un aspecto claramente ventajoso para el cultivo de esta especie, pues en condiciones de confinamiento los especímenes de *S. spinifrons* aceptan alimentos de origen animal y vegetal, como así mismo alimento artificial especialmente formulados para ellos o para otras especies criadas en cautiverio (*e.g.* pellet para salmonídeos, para conejos, otros). En el caso de alimento animal aceptan presas vivas y también muertas, pero estas últimas deben estar frescas al momento de ser suministradas. El tipo y tamaño de unas y otras dependerá de la talla de los especímenes en cultivo. En condiciones de cautiverio también se ha observado que *S. spinifrons*, pese a su omnivoría, presenta ciertos cambios en su alimentación asociados a la talla. Los juveniles son preferentemente detritívoros, en cambio los especímenes más grandes presentan cierta preferencia por el alimento de origen animal (E. Rudolph, no publicado). Esta preferencia que muestran los adultos en cautiverio, se contrapone con lo observado en especímenes procedentes de poblaciones naturales, cuyos estómagos se encuentran repletos de fibras vegetales fragmentadas lo que sugiere que ellos tienden a utilizar la vegetación como principal fuente alimentaria (Valenzuela, 2010). Al

Tabla 3. Número máximo de huevos en incubación y talla de las respectivas hembras ovígeras, en cinco especies de parastácidos chilenos. LC: longitud cefalotorácica.

Table 3. Maximum number of eggs in incubation and size of the respective ovigerous female, in five species of Chilean parastacids. LC: length of carapace.

Especie	Número de huevos	Talla (LC) (mm)	Referencia
<i>Parastacus pugnax</i>	71	36,4	Rudolph (1997)
<i>Parastacus nicoleti</i>	52	33,5	Rudolph (1995)
<i>Samastacus spinifrons</i>	195	46,9	Bocic <i>et al.</i> (1988)
<i>Virilastacus rucapihuelensis</i>	74	27,9	Rudolph <i>et al.</i> (2007)
<i>Virilastacus retamali</i>	45	22,0	Torres <i>et al.</i> (2008)

respecto algunos autores, citados por Hobbs III (2001), han comprobado que los camarones en general, son capaces de modificar sus hábitos alimentarios en función de la disponibilidad de alimento que exista en su entorno.

Buena adaptación a la exposición aérea

Se conoce desde hace años que los astácidos de agua dulce pueden permanecer vivos por extensos períodos de tiempo fuera del agua, para ello sólo requieren de ambiente húmedo (Huner & Lindqvist, 1995; Hobbs III, 2001). Esta sobrevivencia en el ambiente aéreo es posible gracias a que las branquias de estos astácidos, no colapsan al encontrarse expuestas al aire y de este modo pueden continuar con el intercambio de gases (McMahon, 2002). Esta característica facilita muchísimo el transporte de los especímenes, permitiendo alcanzar altas tasas de sobrevivencia. Además, si los mercados así lo requieren, se puede llegar a ellos con especímenes vivos. Araya (2005) transportó vía terrestre, en pleno verano y con fines de estudio, hembras ovígeras de *S. spinifrons* desde el río Gol-Gol, comuna de Río Bueno hasta Coquimbo. Estos especímenes recorrieron aproximadamente 1.500 km, permaneciendo fuera del agua por 60 h y la mortalidad sólo fue de 1,0% (E. Araya, *com. pers.*). Para lograr traslados tan exitosos como éste, dentro de las cajas de transporte sólo se debe procurar: a) no colocar muchos especímenes a fin de evitar que aquellos ubicados en el fondo, sean aplastados por la presión ejercida por los que se encuentran más arriba; b) mantener la humedad; y, c) evitar que la temperatura supere los 20°C.

Limitantes biológicas para su cultivo

En general, en el ciclo productivo de astácidos de agua dulce se pueden distinguir tres etapas: reproductiva, cría de juveniles y engorda (para detalles de cada etapa ver Pérez *et al.*, 1997). Las principales limitantes

biológicas para ejecutar el cultivo de *S. spinifrons* se relacionan con cada una de las etapas antes señaladas.

Reproducción sólo una vez al año

Las hembras de *S. spinifrons*, al igual que las hembras de muchas especies de astácidos de agua dulce, se reproducen una sola vez al año (Holdich, 1993). Las hembras requieren de un período de bajas temperaturas y fotoperíodos cortos para lograr la madurez gonádica (Bouchon *et al.*, 1992). Además, se ha comprobado que su período reproductivo se encuentra en sincronía con aquella época del año, más favorable (verano) para liberar sus juveniles y así lograr una mayor sobrevivencia (Rudolph, 2002a). Estas peculiaridades reproductivas, sin duda son un factor limitante para eventuales cultivos especialmente de tipo intensivo. Sin embargo, las hembras de *S. spinifrons* son iteróparas, *i.e.*, pueden desovar más de una vez durante su vida. Esta última característica compensa en parte las limitantes que tiene un ciclo reproductivo anual para lograr una producción sostenida de juveniles.

Período de incubación muy prolongado

Los crustáceos que poseen desarrollo directo tienen un período de incubación de sus huevos y embriones muy prolongado (cuatro meses o más). Esto se debe a que los estados larvales librenadores que existen en aquellas especies de desarrollo indirecto (*e.g.* penéidos), en las especies de desarrollo directo se cumplen al interior del huevo y de este modo pasan a ser etapas del desarrollo embrionario. Además, este desarrollo directo se correlaciona con una fecundidad comparativamente baja. *S. spinifrons* no es una excepción y en aguas a temperaturas entre 11,6 y 14,6°C, su período de incubación hasta la liberación del J3 (*i.e.* desarrollo embrionario y postembrionario temprano) tarda 135 días (aproximadamente 4,5 meses) (Rudolph, 2002a). Para comprender mejor la

extensión de su período de incubación, basta con señalar que en los penéidos en general la talla comercial se alcanza 6 a 8 meses después del desove (Wickins & Lee, 2002).

Alta tasa de mortalidad al tercer estado de juvenil

En condiciones de confinamiento, la mortalidad durante la incubación de los huevos, embriones y/o juveniles 1 y 2 es cercana a cero (Rudolph, 2002a). Sin embargo, se produce un notable incremento de la tasa de mortalidad de los juveniles al momento de liberarse de la madre (40 a 50%) (E. Rudolph, no publicado). Es probable que la causa de esta alta mortalidad sea el cambio de alimentación que se produce al momento de iniciar una existencia independiente de la madre. Los juveniles 1 y 2 son vitelófagos, en cambio el J3 no lo es y en consecuencia debe buscar su propio alimento. También es probable que en el medio natural se produzca un alza de la mortalidad durante este estado J3, como ocurre en muchas otras especies de astácidos dulce acuáticos (Hobbs III, 2001). Esta mortalidad se incrementaría en condiciones de cautiverio, debido a nuestra falta de conocimiento respecto a la dieta más apropiada para esta etapa de su desarrollo postembrionario temprano. En España han logrado incrementar la supervivencia en cautiverio de los juveniles de *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) y de *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858), mediante las prácticas siguientes: incorporación de zooplancton, especialmente *Daphnia* sp. a la alimentación; disponibilidad de refugios en suficiente cantidad; aumento de las frecuencias de suministro de alimento; flujos de agua de renovación adecuados; control artificial del fotoperíodo e intensidad lumínica; vacío sanitario y desinfección (Carral, 2003).

Crecimiento lento

S. spinifrons al igual que muchas otras especies de astácidos dulce acuáticos, de climas fríos o de latitudes altas, está adaptado a regímenes alimenticios en forma de pulsos y por ende a bajos ingresos de energía (Momot, 1984, 1991). Lo anterior implica una tasa de crecimiento muy baja. En condiciones de cultivo se ha comprobado que desde la liberación del tercer juvenil, *S. spinifrons* tarda 18 meses en alcanzar la primera madurez sexual (aproximadamente a los 30 mm de longitud cefalotorácica. Así mismo, el peso comercial (30 g), se logra 12 meses después de la primera madurez sexual. Si a lo anterior se le agregan los 4,5 meses que tarda su período de incubación, entonces es posible estimar que el peso comercial se lograría \pm 34,5 meses después del desove (aproximadamente 3 años). En cautiverio también se

ha comprobado una enorme variabilidad en las tasas de crecimiento entre los individuos al interior de una misma unidad de cultivo. Además, se ha comprobado que un aumento de la densidad de los individuos en cultivo, tiene como consecuencia una disminución de su crecimiento, junto con un aumento de la frecuencia de pérdida de quelas y disminución de las tasas de sobrevivencia (E. Rudolph, no publicado). Estos problemas derivados de la densidad también han sido observados en especies que actualmente se cultivan con éxito, e.g., *Procambarus clarkii*, *Cherax destructor* Clark, 1941, *C. cainii* Austin, 2002 y *C. quadricarinatus* (Von Martens, 1868) (Figiel & Miller, 1995; Barki *et al.*, 2006).

Muerte por muda

En general, la muerte por muda es uno de los principales inconvenientes que enfrenta cualquier cultivo de crustáceos y por ende también el de *S. spinifrons*. En cautiverio, durante la muda propiamente tal (*i.e.* cambio de exoesqueleto), los especímenes se ponen de costado e inician una serie de movimientos corporales de extensión y flexión a fin de desprenderse de su exoesqueleto antiguo. En ese preciso momento es posible que ocurra muerte por muda, a causa de: a) canibalismo, sólo en el caso que los especímenes muden fuera de sus refugios y que los camarones que están en las cercanías se encuentren subalimentados; y, b) incapacidad del individuo para desprenderse del exoesqueleto antiguo, y de cuyas causas se tiene escaso conocimiento.

Vacíos de conocimiento

Uno de los principales inconvenientes que ha enfrentado el cultivo de *S. spinifrons*, es la falta de conocimiento de algunos aspectos biológicos de importancia esencial para un cultivo exitoso. En condiciones naturales se desconoce: a) densidad y dinámica de sus poblaciones; b) patrón de crecimiento y los efectos que sobre éste tienen algunos factores exógenos como temperatura, fotoperíodo y alimento; c) organización social, conducta sexual y sistema de apareamiento; y, d) patologías. En condiciones de cultivo falta información respecto de: a) requerimientos alimentarios y nutricionales de juveniles y adultos; b) densidades óptimas de cultivo; c) calidad fisicoquímica del agua y del fondo de las unidades de cultivo; y, d) selección genética. En general estos vacíos de conocimiento se mantienen actualmente. Sin embargo, se ha producido cierto avance en el conocimiento del efecto de la temperatura sobre el desarrollo embrionario y postembrionario temprano (Labbé, 2003), y también en el conocimiento de las

patologías más frecuentes en especímenes de poblaciones naturales (Barrera, 2006).

Experiencias de cultivo

Proyecto Tres Palos, Río Bueno

Con el objetivo de conocer y evaluar la respuesta de *S. spinifrons* al confinamiento, se construyó en 1997 con financiamiento privado la primera astacicultura experimental de Chile, en las cercanías del río Gol-Gol, Río Bueno. Su infraestructura de cultivo estaba compuesta por un estanque decantador, bocatoma, canal aductor, estanque distribuidor, seis estanques de crianza de 10x15x1 m, canal de desagüe, hatchery, oficina, bodega y una lombricultura de *Eisenia foetida* (Savigny, 1826). Esta última proporcionó el alimento base para todas las experiencias de cultivo realizadas, las que a su vez fueron las primeras de su tipo en Chile y cuyos resultados cubren una amplia gama de aspectos, tanto biológicos como técnicos y de manejo. En resumen, se puede señalar que permitieron: a) cerrar el ciclo de vida de la especie; b) comprobar que las hembras de esta especie se reproducen sólo una vez por año; c) conocer la edad y talla en que las hembras eclosionadas en el hatchery alcanzaron su primer desove; d) comprobar que la tasa de sobrevivencia de los juveniles eclosionados en el hatchery, es mayor que la tasa de sobrevivencia de los juveniles provenientes de poblaciones naturales; e) conocer la tasa específica de crecimiento (SGR) de los juveniles eclosionados en el hatchery; y, f) optimizar distintos aspectos de las unidades de cultivo, especialmente en relación con forma y tamaño de los estanques, tipo y disponibilidad de refugios, protección contra predadores y antifugas.

Las experiencias efectuadas con hembras incubantes y con juveniles permitieron comprobar: a) que eclosionó el 100% de los huevos que cada hembra incubaba; b) que este porcentaje de sobrevivencia se mantuvo hasta la liberación de los J3; c) que la liberación de los J3 es un proceso gradual que tardó entre 20 y 26 días en completarse; d) que 15 días después de la liberación del último J3 la tasa de sobrevivencia no superó el 60%; e) que luego de esta alta mortalidad inicial y colocados en una densidad de 30 juveniles/m², la mortalidad acumulada al cabo de seis meses fluctuó entre 10,0 y 13,3%; y, f) que la SGR de estos juveniles durante estos seis meses fluctuó entre 1,3 y 1,0.

Esta astacicultura se mantuvo en funcionamiento hasta marzo de 2001, fecha en que cesaron sus operaciones por problemas de financiamiento (E. Rudolph, no publicado).

Proyecto Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI) - Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)

En enero de 2002 se comenzó a desarrollar, en la estación experimental Quillaipe de Fundación Chile, el proyecto “Una nueva alternativa para la diversificación acuícola: el cultivo del camarón de río (*Samastacus spinifrons*)”, financiado por FDI-CORFO y en cuya ejecución participaron, además de Fundación Chile, la Universidad de Los Lagos y empresarios agrícolas de la región de Los Lagos. Este proyecto de 30 meses de duración tenía como objetivo principal introducir, adaptar, desarrollar y evaluar técnica y económicamente el cultivo del camarón de río del sur, como una alternativa económica de diversificación acuícola aplicable al ámbito agrícola rural. Durante la ejecución de este proyecto, y especialmente mediante la manipulación de la temperatura del agua, fotoperíodo, tipo de alimento suministrado y optimización del diseño técnico de las unidades de cultivo, se logró disminuir en 50% la duración del desarrollo embrionario y postembrionario temprano, bajar a 10% la tasa de mortalidad de los juveniles recién liberados de la madre y las experiencias de engorda que estaban en desarrollo permitieron estimar que en 14 meses se alcanzaría el peso comercial (30 g). Además, durante estos 30 meses se produjeron en Quillaipe, 40 mil juveniles de esta especie. Diez mil de ellos fueron liberados en abril de 2004 en los ríos Maullín y Colegual (región de Los Lagos), y los 30 mil restantes fueron utilizados en los experimentos de investigación y de cultivo antes señalados. Sobre la base de los procedimientos utilizados para obtener estos resultados, se elaboró un protocolo de manejo para el cultivo de *S. spinifrons*, que incluía entre otros: un protocolo de manejo para las hembras ovígeras, y protocolos de alimentación para hembras ovígeras y juveniles mantenidos en el hatchery y para los juveniles que se sembraron en las lagunas de engorda. También, se hicieron pruebas de degustación del producto “cola de camarón de río”, se efectuaron estudios de mercado y se organizó con gran éxito de público el “Primer Seminario Internacional de Astacicultura”. Pese a los auspiciosos resultados de este proyecto y al interés de empresarios agrícolas por invertir en astacicultura, el proyecto de continuidad que buscaba consolidar y transferir la tecnología desarrollada no obtuvo financiamiento, por lo cual las instituciones involucradas no pudieron seguir trabajando en el cultivo de esta especie (Augsburger, 2003).

Astacicultura Chiloé, Ancud

A fines de 2003 comenzó a operar con financiamiento privado la astacicultura Chiloé, en la localidad de Palomar, Ancud, región de Los Lagos. El objetivo de este centro era producir juveniles para su posterior comercialización como semilla. En su construcción se usaron materiales de desechos de la salmonicultura y de la industria de la madera. El hatchery tenía 48 estanques (tipo bins) y 64 bateas de madera forradas en plástico de 1,0 y 1,2 m² de superficie de fondo, respectivamente. Este hatchery era abastecido con agua de vertiente a través de un sistema de flujo abierto. El agua luego de pasar por un estanque de acumulación, entraba a un decantador desde donde era distribuida al hatchery en dos circuitos de anillo, uno para las bateas y otro para los estanques. En relación al funcionamiento de este centro, sólo se sabe que llegó a tener 899 individuos adultos provenientes de poblaciones naturales, los que fueron mantenidos en densidades de 20 a 50 individuos por estanque, y 215 juveniles eclosionados en el hatchery. Para la alimentación de esos especímenes se usó pellet para salmonídeos y pellet para camarones peneidos (Barrera, 2006). Sin embargo, no se tiene datos acerca de la sobrevivencia ni del crecimiento de esos especímenes, ni del tiempo que esta astacicultura se mantuvo operativa. Pese a esto último, su construcción demostró que gran parte de la infraestructura de una astacicultura se puede construir con materiales de desecho a un costo económico relativamente bajo.

Finalmente, cabe destacar que los centros astacícolas antes descritos proporcionaron la infraestructura de cultivo para la realización de muchos de los seminarios de título que se detallan a continuación.

Seminarios de título

Alvarado (1996) efectuó un análisis teórico de la factibilidad técnico-económica de la instalación y funcionamiento de una astacicultura en el sur de Chile. En este trabajo se entregó información relacionada con: a) los requerimientos básicos para la instalación de una astacicultura; b) las construcciones mínimas necesarias para el cultivo de *S. spinifrons*; y, c) estudios de mercado y económico-financieros necesarios para el funcionamiento rentable de una astacicultura.

Labbé (2003) estudió los efectos de la temperatura sobre la embriogénesis de *S. spinifrons* en condiciones de laboratorio. En este seminario se entregó valiosa información acerca de: a) técnicas de incubación artificial de los huevos de astácidos en general; y, b) incubación de los huevos de *S. spinifrons* bajo condiciones controladas de temperatura.

Santana (2003) comparó el crecimiento y sobrevivencia entre juveniles de *S. spinifrons* provenientes del medio natural y juveniles eclosionados en cautiverio, alimentados con lombrices juveniles, y pellet para conejo. Araya (2005) evaluó el crecimiento y sobrevivencia de J3 igualmente eclosionados en cautiverio pero alimentados con una dieta artificial especialmente formulada para ellos. Valdebenito (2004), también evaluó los mismos parámetros en juveniles recientemente liberados de la hembra, con la diferencia que este último estudio analizó la alimentación de los juveniles con seis dietas artificiales con distinto contenido de proteínas y carbohidratos. Águila (2004), revisó los requerimientos nutricionales de los astácidos de agua dulce y en base a esta revisión bibliográfica, formuló, preparó y evaluó tres dietas para juveniles y otras tres para adultos de *S. spinifrons*, con distintos niveles de proteínas. Estos cuatro últimos seminarios proporcionaron importantes datos acerca de los componentes que debe tener una dieta artificial para camarones de río y el procedimiento que se debe seguir para su preparación; como así mismo, el impacto que ellas tienen sobre el crecimiento y sobrevivencia de los especímenes en cultivo.

Pineda (2005) evaluó el efecto de cuatro tipos de refugios (ladrillo princesa, malla para cebollas, tubos de PVC y refugios individuales), sobre el crecimiento y sobrevivencia de juveniles de *S. spinifrons* mantenidos en confinamiento. Sus resultados demostraron que en *S. spinifrons*, al igual que en muchas otras especies de astácidos dulce acuícolas, los refugios juegan un rol muy importante para lograr un cultivo exitoso, puesto que ellos reducen el estrés provocado por interacciones agresivas, por competencia y predación, con lo que finalmente contribuyen a mejorar las tasas de sobrevivencia y crecimiento (Hobbs III, 2001).

Finalmente, Barrera (2006) realizó una serie de observaciones macroscópicas y análisis histológicos en especímenes procedentes del medio natural, en adultos mantenidos en cautiverio y en juveniles eclosionados en el hatchery de la astacicultura Chiloé. Su trabajo es un gran aporte al conocimiento de las enfermedades que se presentan en las poblaciones naturales de *S. spinifrons* y a las lesiones externas que se originan en condiciones de confinamiento.

¿Por qué no se ha consolidado su cultivo?

El análisis de la información proporcionada, sugiere claramente que el cultivo de *S. spinifrons* no se ha consolidado en Chile, debido principalmente a la falta de conocimiento en algunos aspectos de su biología básica que son necesarios para lograr un cultivo

exitoso. El desconocimiento acerca de los requerimientos nutricionales de machos y hembras, tanto juveniles como adultos, ha sido y aún es, el principal inconveniente para el cultivo de esta especie. Al menos tres de las limitantes biológicas para su cultivo (*i.e.* alta tasa de mortalidad durante el J3, crecimiento lento y muerte por muda), se derivan directa o indirectamente de esta carencia de conocimiento nutricional. Otro inconveniente, ha sido el escaso conocimiento respecto a las temperaturas óptimas para cada una de las etapas de su ciclo productivo (*i.e.* etapa reproductiva, cría de juveniles y engorda). También ha retardado la incorporación de esta especie a la acuicultura nacional su falta de domesticación. La domesticación es un proceso de selección para mejorar el desarrollo de una especie bajo condiciones artificiales de crianza. En consecuencia, es altamente improbable cultivar con éxito una especie si previamente no se ha cumplido con este proceso. Al respecto, es probable que los cultivos de *S. spinifrons* que a la fecha se ha efectuado en nuestro país, precisamente por ser los primeros en su tipo y por su corta duración no alcanzaron a desarrollar este importante proceso.

Propuesta de cultivo

Existen a lo menos dos razones importantes para desarrollar el cultivo de esta especie. En primer lugar, sobre la base de los criterios de la lista roja de la IUCN (1982, 2001), esta especie ha sido evaluada por Bahamonde *et al.* (1998) y por Rudolph & Crandall (2007) como “vulnerable”, *i.e.*, que en estado silvestre se encuentra enfrentando un riesgo alto de extinción. En consecuencia es imperativo ejecutar algunas acciones en pro de la conservación de ella. Para lograr esto último, se deberían tomar medidas apropiadas para proteger nuestros ecosistemas dulce acuícolas, hábitat de ésta y muchas otras especies igualmente amenazadas, y al mismo tiempo repoblar aquellos sistemas límnicos que están dentro de su rango geográfico, en los cuales ya no existan especímenes de *S. spinifrons*. Por consiguiente, se hace necesario desarrollar técnicas de cultivo especialmente diseñadas para las fases, reproductiva y de cría de juveniles, a fin de obtener juveniles lo suficientemente robustos para efectivas prácticas de repoblamiento. En segundo lugar, el producto “camarón” en sus distintas formas de presentación o de comercialización, alcanza un alto precio en el mercado nacional y mundial. Además, el cultivo comercial de *S. spinifrons* podría devenir en una actividad productiva alternativa o complementaria para muchos pequeños y medianos agricultores, propietarios de predios cuyos suelos son de bajo valor

y calidad, y en los que habitualmente existen cuerpos de agua dulce. Además, el negocio del producto “camarón de río del sur”, podría llegar a ser una actividad integral que no sólo involucre a productores y consumidores, sino también el desarrollo de una serie de actividades económicas anexas.

Los datos actualmente disponibles sugieren que para cultivos comerciales se debería trabajar con el morfo lago y para fines de repoblamiento con ambos. En una primera etapa se debería proceder al cultivo experimental de estos morfos a fin de llenar los vacíos de conocimientos ya mencionados. Sólo una vez superada esta etapa, se estima que sería factible el cultivo de *S. spinifrons*. Para esta eventual segunda etapa, se propone un cultivo bajo la modalidad semiextensiva e interviniendo la fase reproductiva. Esto significa, captura controlada de hembras ovígeras desde el medio natural. Traslado, depósito y mantención de ellas en cautiverio bajo condiciones controladas de temperatura, alimento y fotoperíodo a fin de acortar la duración de su desarrollo embrionario, lograr una alta tasa de eclosión, y acortar su desarrollo postembrionario temprano. De los juveniles recientemente liberados, se debería seleccionar los más vigorosos para iniciar experiencias de engorda, ya sea para su comercialización o para su uso como reproductores, y así reiniciar el ciclo productivo con total independencia de las poblaciones naturales. Una vez logrado lo anterior se debería avanzar en la domesticación de la especie.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección de Investigación de la Universidad de Los Lagos por su apoyo a la publicación de este artículo.

REFERENCIAS

- Ackefors, H. 2000. Freshwater crayfish farming technology in the 1990s: a European and global perspective. *Fish Fish.*, 1: 337-359.
- Alvarado, P. 1996. Factibilidad técnico-económica de un centro astacícola en el sur de Chile. Seminario de Título. Universidad de Los Lagos, Osorno, 109 pp.
- Aguila, R. 2004. Formulación, preparación y evaluación de una alimento pelletizado para el camarón de río *Samastacus spinifrons*, mantenido en condiciones de cultivo. Seminario de Título. Universidad de Los Lagos, Osorno, 108 pp.
- Araya, E. 2005. Supervivencia y crecimiento de juveniles de *Samastacus spinifrons* (Philippi, 1882) (camarón de río del sur) a partir del estado tres de desarrollo.

- Seminario de Título. Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 63 pp.
- Augsburger, A. 2003. La experiencia de cultivo de camarón de río del sur *Samastacus spinifrons* en Chile. Libro Resúmenes del Primer Seminario Internacional de Astacicultura: Avances y perspectivas del cultivo de crustáceos de agua dulce. Puerto Varas, Chile, 94 pp.
- Barki, A., I. Karplus, R. Manor, S. Parnes, E. Aflalo & A. Sagi. 2006. Growth of redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in a three-dimensional compartments system: Does a neighbor matter? *Aquaculture*, 252: 348-355.
- Barrera, M.F. 2006. Monitoreo de lesiones en el camarón de río del sur (*Samastacus spinifrons*) en un centro de cultivo. Seminario de Título. Universidad de Chile, Santiago, 100 pp.
- Bahamonde, N. & M.T. López. 1963. Decápodos de aguas continentales en Chile. *Invest. Zool. Chil.*, 10: 123-149.
- Bahamonde, N., A. Carvacho, C. Jara, M. López, F. Ponce, M.A. Retamal & E. Rudolph. 1998. Categorías de conservación de decápodos nativos de aguas continentales de Chile. *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile*, 47: 91-100.
- Bocic, V., E. Rudolph & D. López. 1988. Biología reproductiva y dinámica poblacional del camarón de río *Samastacus spinifrons* (Philippi, 1882). *Bol. Soc. Biol.*, Concepción, 59: 9-21.
- Bouchon, D., C. Souty-Grosset, J-P. Mocquard, A. Chentoufi & P. Juchault. 1992. Photoperiodism and seasonal breeding in aquatic and terrestrial Eumalacostraca. *Invertebr. Reprod. Dev.*, 22: 203-212.
- Carral, J. 2003. La astacicultura en Europa: con especial referencia al estado actual de la investigación aplicada al cultivo. Libro Resúmenes del Primer Seminario Internacional de Astacicultura: Avances y perspectivas del cultivo de crustáceos de agua dulce. Puerto Varas, Chile, 94 pp.
- Crandall, K.A. & J.E. Buhay. 2008. Global diversity of crayfish (Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae–Decapoda) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 295-301.
- Figiel, C.R., Jr. & G.L. Miller. 1995. The frequency of chela autotomy and its influence on the growth and survival of the crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana*, 68(4): 472-483.
- Hobbs III, H.H. 2001. Decapoda. En: J. Thorp & A. Covich (eds.). *Ecology and classification of north american freshwater invertebrates*. Academic Press, New York, pp. 955-1001.
- Holdich, M.D. 1993. A review of astaciculture: freshwater crayfish farming. *Aquat. Living Res.*, 6(3): 307-317.
- Huner, J.V. & O.V. Lindqvist. 1995. Physiological adaptations of freshwater crayfishes that permit successful aquacultural enterprises. *Am. Zool.*, 35: 12-19.
- Jara, C.G., E. Rudolph & E. González. 2006. Estado de conocimiento de los malacostráceos dulceacuícolas de Chile. *Gayana*, 70(1): 40-49.
- Jara, C.G. 1994. Camarones dulceacuícolas en Chile. Informe técnico-científico. Instituto de Zoología, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 15 pp.
- Labbé, C. 2003. Efectos de la temperatura sobre la embriogénesis del camarón de río *Samastacus spinifrons* (Philippi, 1882) (Decapoda, Parastacidae) en condiciones de laboratorio. Seminario de Título. Universidad Nacional Andrés Bello, Santiago, 96 pp.
- McMahon, B.R. 2002. Physiological adaptation to environment. En: D.M. Holdich (ed.). *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science, Oxford, pp. 327-376.
- Momot, W. 1984. Crayfish production: a reflection of community energetics. *J. Crust. Biol.*, 4(1): 35-54.
- Momot, W. 1991. Potencial for exploitation of freshwater crayfish in coolwater systems: management guidelines and issues. *Fisheries*, 16(5): 14-2.
- Pérez, J.R., J.D. Celada, J.M. Carral, M. Sáez-Royuela, C. Muñoz & A. Sierra. 1997. Métodos básicos de cría de astácidos en Europa. *Invest. Agrop. San. Anim.*, 12(1-3): 86-97.
- Pineda, C. 2005. Efecto de cuatro tipos de refugio en el crecimiento y sobrevivencia en juveniles de camarón de río del sur *Samastacus spinifrons*, (Philippi, 1882). Seminario de Título. Universidad Católica de Temuco, Temuco, 52 pp.
- Reynolds, J.D. 2002. Growth and reproduction. En: D.M. Holdich (ed.). *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science, Oxford, pp. 152-184.
- Rudolph, E.H. 1995. Partial protandric hermaphroditism in the burrowing crayfish *Parastacus nicoleti* (Philippi, 1882) (Decapoda: Parastacidae). *J. Crust. Biol.*, 15(4): 720-732.
- Rudolph, E.H. 1997. Intersexualidad en el camarón excavador *Parastacus pugnax* (Poeppig, 1835) (Decapoda, Parastacidae). *Invest. Mar.*, Valparaíso, 25: 7-18.
- Rudolph, E.H. 1999. Intersexuality in the freshwater crayfish *Samastacus spinifrons* (Philippi, 1882) (Decapoda, Parastacidae). *Crustaceana*, 72(3): 325-337.

- Rudolph, E.H. 2002a. Sobre la biología del camarón de río *Samastacus spinifrons* (Philippi, 1882) (Decapoda, Parastacidae). *Gayana*, 66(2): 147-159.
- Rudolph, E.H. 2002b. New records of intersexuality in the freshwater crayfish *Samastacus spinifrons* (Philippi, 1882) (Decapoda, Parastacidae). *J. Crust. Biol.*, 22(2): 377-389.
- Rudolph, E.H. & K.A. Crandall. 2007. A new species of burrowing crayfish *Virilastacus retamali* (Decapoda, Parastacidae) from the southern Chile peatland. *J. Crust. Biol.*, 27(3): 502-512.
- Rudolph, E. & J. Iraçabal. 1994. Desarrollo embrionario y postembrionario del camarón de río *Samastacus spinifrons* (Philippi, 1882) (Decapoda, Parastacidae). *Bol. Soc. Biol., Concepción*, 65: 43-49.
- Rudolph, E.H. & C.S. Rojas. 2003. Embryonic and early postembryonic development of the burrowing crayfish, *Virilastacus araucanius* (Faxon, 1914) (Decapoda, Parastacidae) under laboratory conditions. *Crustaceana*, 76(7): 835-850.
- Rudolph, E.H., F.A. Retamal & A.W. Martínez. 2007. Partial protandric hermaphroditism in the burrowing crayfish *Virilastacus rucapihuelensis* Rudolph & Crandall, 2005 (Decapoda, Parastacidae). *J. Crust. Biol.*, 27(2): 229-241.
- Rudolph, E., L. de la Fuente, M.E. Van Hasselt, A. Díaz & S. Dumenés. 1991. Composición química proximal de los tejidos comestibles y desperdicios de los camarones dulceacuícolas *Samastacus spinifrons*, *Parastacus pugnax* y *Parastacus nicoleti* (Crustacea: Decapoda: Parastacidae). *Alimentos*, 16(2): 23-29.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGyP). 2007. Información resumida sobre la producción acuícola a nivel mundial. URL: [<http://www.produccion-animal.com.ar>]. Revisado: 21 agosto 2008.
- Santana, M. 2003. Evaluación del crecimiento y sobrevivencia entre juveniles de *Samastacus spinifrons* (Decapoda, Parastacidae) provenientes del medio natural y juveniles obtenidos en cautiverio. Seminario de Título. Universidad de Los Lagos, Osorno, 61 pp.
- Skurdal, J. & T. Taugbøl. 2002. *Astacus*. En: D.M. Holdich (ed.). *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science, Oxford, pp. 467-510.
- Souty-Grosset, C., D.M. Holdich, P.Y. Noël, J.D. Reynolds & P. Haffner. 2006. *Atlas of crayfish in Europe*. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 187 pp.
- Torres, P.A., A.P. Valenzuela, F.A. Retamal, A.W. Martínez & E.H. Rudolph. 2008. Primeros datos respecto a la biología reproductiva del camarón excavador *Virilastacus retamali* Rudolph & Crandall, 2007 (Decapoda, Parastacidae). Libro Resúmenes del XXVIII Congreso de Ciencias del Mar. Viña del Mar, Chile, 26-30 de mayo, 273 pp.
- Valdebenito, H. 2004. Evaluación del crecimiento y sobrevivencia en juveniles de camarón de río del sur (*Samastacus spinifrons*), alimentados con distintos valores de proteínas, carbohidratos y lípidos. Seminario de Título. Universidad Católica de Temuco, Temuco, 86 pp.
- Valenzuela, A. 2010. Morfología del molinillo gástrico de los parastácidos de Chile (Crustacea, Decapoda, Parastacidae). Seminario de Título. Universidad de Los Lagos, Osorno, 55 pp.
- Wickins, J.F. & D.O. Lee. 2002. *Crustacean farming, ranching and culture*. Blackwell Science, Oxford, 446 pp.

Received: 20 March 2009; Accepted: 12 April 2010