

Efecto de la Temperatura sobre el Crecimiento y Supervivencia del Camarón de Río Del Sur (*Samastacus spinifrons*, Phillipi: 1992) en su etapa Joven

Rodríguez-Aguilera A. García-Araya A.

Escuela de Acuicultura, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Chile.
e-mail: anrodagu@alu.uct.cl

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue reducir el tiempo de crecimiento en juveniles de *Samastacus spinifrons* con el manejo de la temperatura. *Samastacus spinifrons*, es una interesante especie de camarón de río autóctona del sur de Chile, en la cual existen muy pocas experiencias que contribuyan a un futuro cultivo a mayor escala. En el experimento, fue evaluado el crecimiento y supervivencia de juveniles de 1-2 cm de esta especie, a diferentes temperaturas, teniendo así 4 tratamientos diferentes, un control mantenido al termoperiodo natural, un segundo tratamiento mantenido a 18°C, un tercer tratamiento mantenido a 22°C y un cuarto tratamiento, mantenido a 26°C. Los mejores resultados en cuanto a supervivencia fueron obtenidos con el tratamiento de 18°C. En cuanto al crecimiento individual, los mejores resultados se obtuvieron con el tratamiento de 22°C. Finalmente, los peores resultados fueron obtenidos con el tratamiento de 26°C y en el tratamiento control fue observado canibalismo.

Palabras clave: camarón de río, temperatura, incremento en biomasa, crecimiento, supervivencia, *Samastacus spinifrons*.

Summary

Effect of temperature on growth and survival of juvenile South River crayfish (*Samastacus spinifrons*, Phillipi 1992)

The aim of present work was to reduce growth time in juvenile *Samastacus spinifrons* using temperature. *Samastacus spinifrons* is an interesting crayfish species from southern Chile, but few studies have considered how to improve large scale production. The experiment evaluated the growth and survival of *Samastacus* juveniles (1-2 cm) at different temperatures. Thus, there were four treatments, a control with no temperature management (natural thermoperiod), treatment 2 where juveniles were at 18°C, treatment 3 at 22°C and treatment 4 at 26°C. Survival was higher at 18°C, but the higher individual weight increase was at 22°C. Finally, the poorest results were at the highest temperature (26°C), and cannibalism was observed in the control treatment.

Key words: crayfish, temperature, biomass increase, growth, survival, *Samastacus spinifrons*.

Introducción

El camarón de río del Sur (*S. spinifrons*), es una especie que representa una fuente potencial de cultivo y de recursos con un gran valor agregado en los mercados internacionales por ser una especie similar, tanto biológica como económica, de los camarones *Procambarus clarkii* y *Pacifastacus leniusculus* cultivados en Estados Unidos; así como también, de los acóciles europeos *Astacus spp.* y de los cangrejos gigantes australianos del género *Cherax* (1). Además, posee un buen sabor y presenta un alto

rendimiento en carne, en efecto, en esta especie el 39,0% del peso corporal total corresponde a quelas y abdomen (2).

En este contexto, resulta interesante estudiar a la especie *Samastacus spinifrons*, dadas las propiedades mencionadas; a pesar de que hoy en día sólo es comercializada en las carreteras del sur de Chile, al paso de los vehículos o en ciudades de la zona centro-sur del país (2). De acuerdo a lo anteriormente expuesto y teniendo en consideración que no se han desarrollado investigaciones sobre el potencial productivo de esta especie, el interés de la presente investigación es generar la información exploratoria necesaria para el cultivo de esta especie. Específicamente, se pretende evaluar el efecto de la temperatura sobre los parámetros productivos de crecimiento y sobrevivencia.

Al respecto, es importante señalar que la temperatura es una variable ambiental muy influyente en los organismos de cultivo ya que actúa como un factor controlador, determinando los requerimientos metabólicos y gobernando los procesos relacionados con la transformación del alimento (3). La mayoría de las especies presentan un lento crecimiento o lo estabilizan durante el invierno, producto de las bajas temperaturas; y un rápido crecimiento con el aumento de la temperatura hasta un cierto punto, denominado temperatura óptima; pasada el cual, por lo general, el crecimiento desciende precipitadamente y las mortalidades aumentan, resultando adversas las altas temperaturas (1). La temperatura óptima de crecimiento aumenta, a medida que la especie está más adaptada a aguas más cálidas y viceversa. El mismo efecto acontece con la ración de alimento. Algunos investigadores sostienen que el incremento de la temperatura en los cuerpos de agua, hace dificultosa la solubilidad del oxígeno en el agua (4). Además, aumenta el metabolismo y en consecuencia aumenta el apetito hasta un cierto punto a partir del cual este cesa. La ración máxima aumenta de forma logarítmica, la ración óptima de forma lineal y excepto para bajas temperaturas, la ración de mantenimiento aumenta exponencialmente con el aumento de la temperatura (2). Asimismo, la energía disponible para el crecimiento resulta de la diferencia entre la ración máxima y la de mantenimiento, dentro del rango tolerable de temperaturas (1). A bajas temperaturas, la demanda de la ración de mantenimiento se reduce, permitiendo que una fracción mayor de la ración disponible se convierta en crecimiento, sin embargo, la apetencia disminuye, debido a este menor requerimiento energético.

Materiales y métodos

1. Obtención de Juveniles de *Samastacus spinifrons*.

Los juveniles que se utilizaron para el desarrollo del experimento proceden de tres hembras grávidas en las instalaciones del hatchery de la Universidad Católica de Temuco. Estas hembras eclosionaron seis meses antes de emprender este experimento. Los juveniles con los que se trabajó pesaban en promedio 0,41 g y medían un promedio de 0,7 cm.

2. Diseño Experimental (Figura 1).

El experimento se llevó a cabo mediante cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno; el primero donde la temperatura estuvo dada por el pozo de acopio de agua de la nave de acuicultura es decir el control, el segundo tratamiento constó de una temperatura promedio de 18°C, el tercero se acondicionó a 22°C promedio y el último tratamiento tuvo una temperatura de 26°C promedio.

Para cada tratamiento se utilizaron bateas de incubación de 35 litros y de 30 litros donde se colocaron 10 individuos por cada réplica de los tratamientos. El experimento contó con cuatro bateas de las cuales 3 se colocaron dentro de un estanque de 1000 litros y la última batea la cual hizo las veces de control se colocó dentro de otro

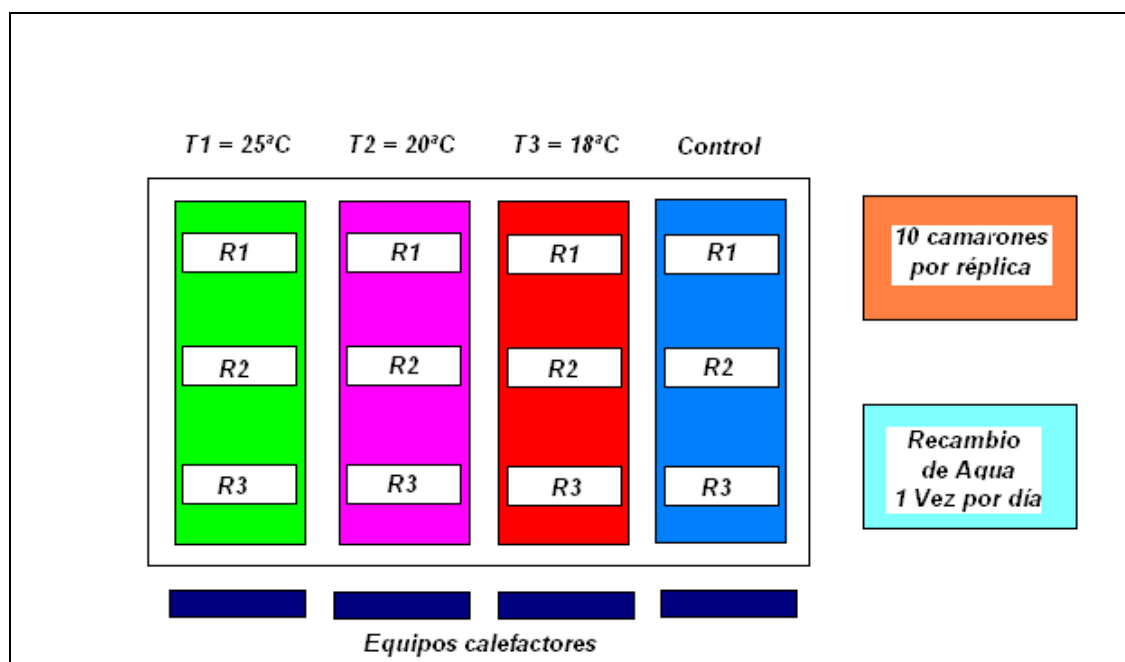
estanque de la misma magnitud con el objeto de evitar que las demás bateas le transmitieran el calor por el hecho de estar en un ambiente controlado. Dentro de cada batea se dispusieron 3 canastillos, los cuales fueron previamente tapados para evitar el escape de los camarones. Además, se debió disponer de un calentador por batea y estar constantemente vigilando la temperatura con un termómetro digital (modelo Samsung) para cerciorarse de que la temperatura se mantuviera en los grados ya fijados para cada tratamiento. Cada batea contó con una red de aire, para el mantenimiento constante del oxígeno en los tratamientos, esto fue verificado dos veces al día mediante un oxigenómetro(modelo TX 4717 Senco).

Además cada batea contó con una red de agua y un tubo de desagüe el que se procedió a cubrir con malla Rachel para evitar el escape de los juveniles de *Samastacus*. Fuera del estanque en la sala de cultivos aclimatada a 25°C se ubicaron 2 bidones de 60 litros con calentadores de acuario aclimatados a la temperatura cercana de las bateas con el objetivo de abastecer el agua perdida en el recambio diario de las bateas y así con eso evitarle un estrés anexo a los *Samastacus* del cambio de temperatura. Además, se manejó aireación constante y flujo de agua abierto hasta cierto nivel con el objeto de no bajar el nivel de oxígeno en los tratamientos de mayor temperatura.

Para la alimentación primero se elaboró una dieta modelo (tabla nº3) basada en el trabajo de Valdebenito (2004) con la cual se obtuvo los mejores resultados. La constitución proximal de la dieta se muestra en la Ttabla 4) y la suministración de este alimento a los camarones se realizó una vez al día ubicándoles tres pellets de casi un centímetro en una placa Petri por replica durante la mañana.

El alimento no consumido por los camarones se retiró a diario mediante el uso de un tamiz, posteriormente se distribuyó en la estufa para su secado y así tener el peso correcto de este. Para brindarles mayor seguridad a los camarones en cuanto a escondite se colocaron 30 refugios por batea, uno por cada individuo. Estos refugios eran de polietileno, del mismo tamaño y color para de este modo brindarles las mismas condiciones a todos. La duración del experimento correspondió a dos meses, aproximadamente para cada tratamiento durante el experimento.

Figura 1. Tratamientos y condiciones controladas del experimento.



3. Parámetros evaluados

Para estimar la sobrevivencia se contaron los individuos muertos de cada tratamiento. Para evaluar el crecimiento, se evaluó la talla y el peso mediante muestreos quincenales, con los cuales se calcularon los factores de crecimiento y conversión enumerados a continuación:

3.1 Incremento en peso

Se midió por la ganancia en peso que se obtuvo al final del experimento, es decir por diferencia entre el peso final y el peso inicial.

$$I_p = P_f - P_i$$

Donde,

I_p = incremento en peso

P_f = peso final

P_i = peso inicial

3.1.2 Sobrevivencia

Este fue determinado teniendo en cuenta el número inicial de los individuos y el número que existía al término del experimento.

$$\% \text{Sobrevivencia} = (N_{\text{fin}} - N_{\text{inicio}}) / N_{\text{inicio}} * 100$$

Donde,

$\% \text{Sobrevivencia}$ = sobrevivencia de los juveniles

N_{fin} = numero final de los juveniles

N_{inicio} = numero inicial de los juveniles

3.1.3 Incremento en biomasa

Este índice se obtuvo multiplicando la ganancia en peso promedio de cada tratamiento multiplicándolo por el número de individuos.

$$\text{Incremento en Biomasa (g)} = \text{Peso promedio (g)} * N^{\circ} \text{ de individuos}$$

3.1.4 Alimento consumido

Este fue obtenido mediante la resta entre el alimento inicial y el final quitándole a este el no consumido.

$$\text{Alim. Consumido (g)} = (\text{Alimento final (g)} - \text{Alimento inicial (g)}) - \text{Alimento no consumido}$$

3.1.5 Porcentaje de pérdida de alimento

Este se obtuvo mediante la división del alimento total no consumido de cada tratamiento y el total de alimento entregado por réplica.

$$\% \text{ de pérdida del alimento} = \frac{\text{Total de alimento no consumido}}{\text{Total de alimento entregado}} * 100$$

3.1.6 Factor de conversión económico

El factor de conversión económico se evaluó dividiendo el alimento total en la biomasa total al término del experimento.

$$\text{FCR económico} = \frac{\text{Alimento Utilizado (g)}}{(\text{Biomasa Final (g)} - \text{Biomasa Inicial (g)})}$$

3.1.7 Factor de conversión biológico

El factor de conversión biológico para cada tratamiento se evaluó dividiendo el alimento total entregado sobre la biomasa total ganada por tratamiento más la biomasa perdida por mortalidad, calculada como sigue:

$$\text{FCR biológico} = \frac{\text{Alimento utilizado (g)}}{(\text{Biomasa Final} + \text{Biomasa Perdida} - \text{Biomasa Inicial})}$$

$$\text{Biomasa Perdida} = \frac{(\text{peso final} - \text{peso inicial}) \times (\text{número de muertos})}{2}$$

3.1.8 Índice de crecimiento Especifico (ICE o SGR)

El SGR se calculó con el logaritmo natural del peso final y del peso inicial, dividido por el tiempo total en que se realizó el bioensayo multiplicado finalmente por cien.

$$\text{ICE (SGR)} = \frac{(\text{Ln (Peso Final (g))} - \text{Ln (Peso Inicial (g))})}{\text{n}^\circ \text{ días}} \times 100$$

3.1.9 Factor de Crecimiento 3 (Growth Factor 3)

Porcentaje de crecimiento diario que incorpora la temperatura, este índice se calculo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{GF3} = \frac{((\text{Peso Final (g)}^{1/3}) - (\text{Peso Inicial (g)}^{1/3}))/3}{(\text{N}^\circ \text{ días}) (\text{T}^\circ \text{ promedio})} \times 1000$$

3.1.10 Porcentaje de Crecimiento

$$\% \text{Crecimiento} = \frac{\text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}}{\text{Peso Inicial (g)}} \times 100$$

3.1.11 Cantidad de alimento entregada

Esta se determinó mediante la diferencia entre la pesada de las bolsas que contenían el alimento una vez consumido, y la pesada del alimento no consumido retirado de las bateas, alimento que fue secado en una estufa a 55°C por 48 horas.

4. Análisis Estadístico

Los supuestos estadísticos utilizados previo al análisis de los datos mediante Anova son: Homogeneidad de varianzas entre las muestras (mediante Prueba F de Fisher), independencia estadística (asegurada por el diseño del experimento) y normalidad (mediante el test de Kolmogorov-Smirnov y la estadística descriptiva de los datos).

Las diferencias entre tratamientos se constataron con ANOVA mediante el software estadístico Statmost, y se compararon individualmente mediante el Test de Tukey, además de intervalos de confianza todos con un nivel de significancia de 0,05 (95% de confianza).

Además se correlacionó el peso y la temperatura con la cantidad de alimento efectivamente consumido, mediante un análisis de regresión múltiple con un 95% de confianza, en el cual se contrastaron los supuestos de normalidad y tendencia a cero de los errores, mediante análisis gráfico.

Resultados y Discusión

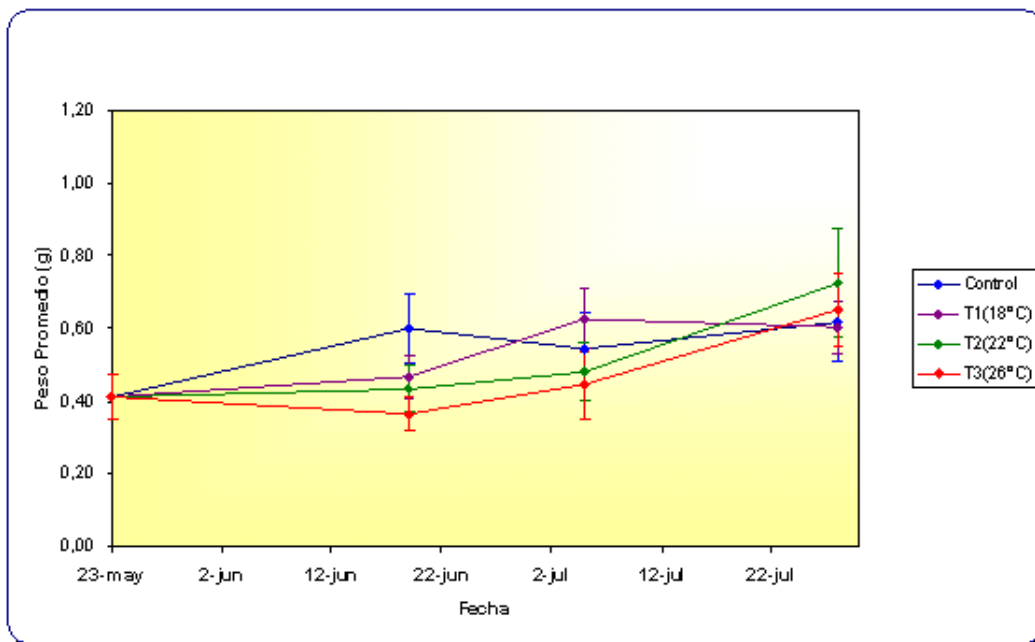
Parámetros Zootécnicos.

En la tabla 1 se puede apreciar que el mayor incremento en el peso promedio se alcanzó con el tratamiento de 1 a 22°C (0,31gr) seguido del tratamiento 3 (26°C) (0,23 g promedio) posteriormente el tratamiento control (0,19 g), el que obtuvo el menor incremento de peso fue el tratamiento 1 (18°C) (0,19 g). Ahora bien, cabe señalar que según Anova no existieron diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos.

Tabla 1. Cuadro resumen de lo obtenido durante el experimento.

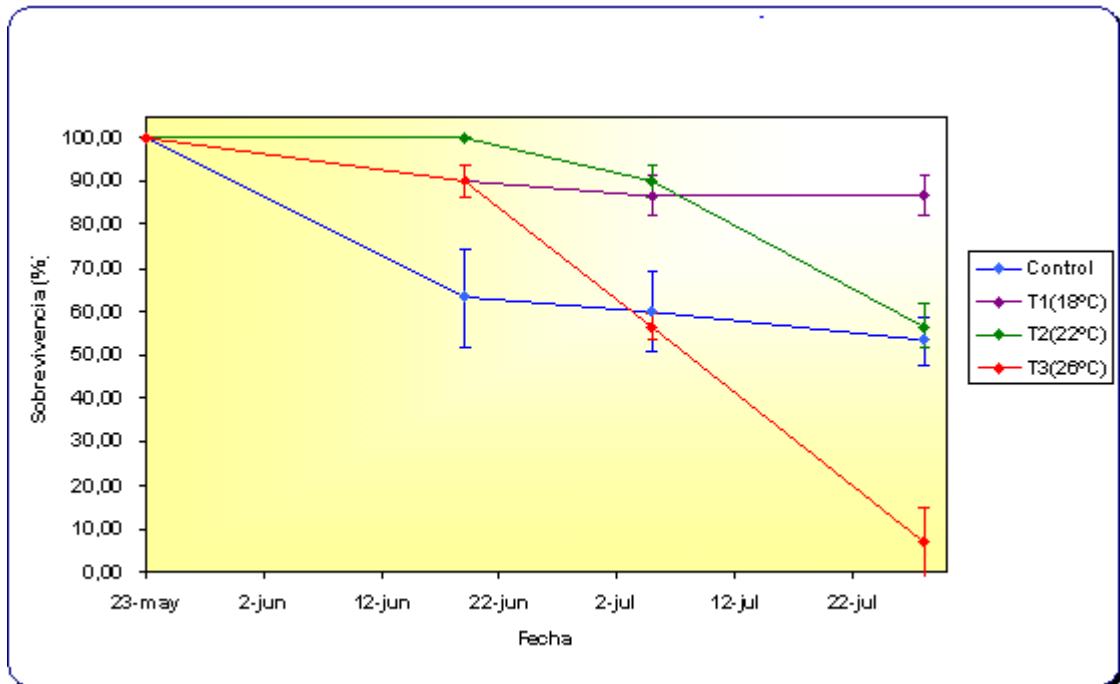
	Incremento en peso (g)	Sobrevivencia (N° Individuos)	Incremento en biomasa (g)	Alimento Consumido (g)	% Perdida Alimento
Control	0,21 a	16 b	-2,5	24,7	13,33%
T1(18°C)	0,19 a	26 a	3,32	33,4	8,24%
T2(22°C)	0,31 a	17 b	-0,08	30,6	9,20%
T3(26°C)	0,24 a	2 c	-11,08	26,9	12,66%

Figura 2. Evolución del peso durante el experimento.



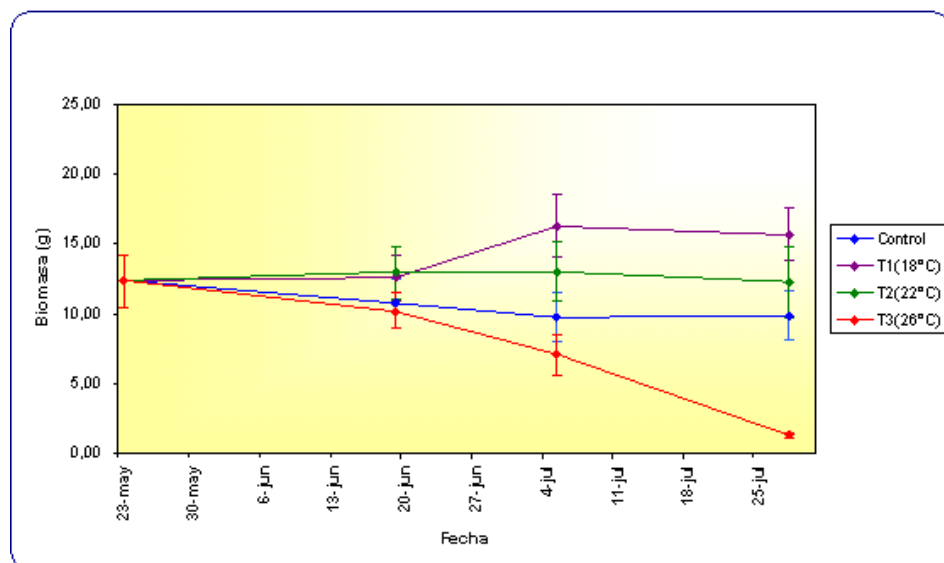
Respecto a la sobrevivencia de los individuos se puede apreciar en la tabla 3 que el tratamiento que contó con la mayor sobrevivencia fue el tratamiento 1 (18°C) con 26 individuos vivos al final del experimento seguido por el tratamientos 2 (17°C) con 17 individuos vivos, luego el control con 16 individuos vivos y finalmente el que obtuvo la menor sobrevivencia fue el tratamiento 3 (26°C) con 2 individuos vivos al final del experimento. Al desarrollar el test de Tukey, se encontró que el tratamiento de 18°C tuvo una sobrevivencia significativamente mayor que los demás tratamientos seguido de los tratamientos Control y T2 (22°C) que no reportaron diferencias significativas entre sí. El tratamiento de 26°C reportó los peores en cuanto a sobrevivencia.

Figura 3. Evolución de la supervivencia durante el experimento.



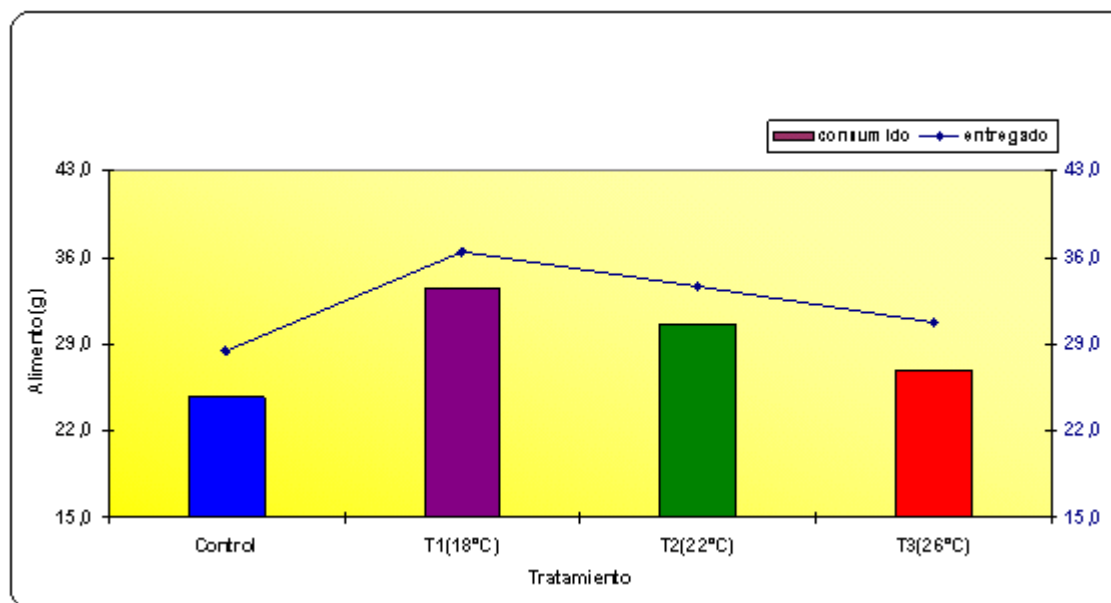
Ahora bien, en relación a la biomasa total en cada tratamiento, el tratamiento 1 (18°C) obtuvo el mayor incremento en biomasa (3,32 g), seguido de los demás tratamientos que reportaron pérdidas de biomasa debido a la mortalidad acaecida en estos. Pese a lo anterior, el tratamiento 2 (22°C) obtuvo la menor pérdida de biomasa, seguida del tratamiento control y del tratamiento 3 (26°C) que tuvo los peores resultados. Ahora bien, en la figura 4, se puede apreciar que el T1 (18°C) terminó con la mayor biomasa, sin reportar diferencias significativas con el tratamiento 2 (22°C), el cual no reportó diferencias significativas a su vez con el tratamiento control. En cuanto al tratamiento de 26°C, fue significativamente inferior su biomasa al final del experimento.

Figura 4. Evolución de la biomasa durante el experimento.



En cuanto a la cantidad de alimento entregado y alimento efectivamente consumido, se puede decir que a los tratamientos 1 y 2 (18°C y 22°C, respectivamente) se les entregó una mayor cantidad de alimento del cual fue también efectivamente consumida una mayor fracción en relación con los demás tratamientos (8-9% alimento no consumido), en cambio, en los tratamientos control y T3 (26°C), la eficiencia del consumo de alimento fue menor (12-13% alimento no-consumido).

Figura 5. Alimento entregado y alimento consumido total durante el experimento.



Índices de Crecimiento y Conversión de Alimento

En la tabla 2, se puede apreciar que el mejor factor de conversión económica lo presentó el tratamiento 1 de 18°C con 10,07, seguido por el tratamiento 2 de 22°C con un factor negativo (-372,42) explicado por la pérdida de biomasa al igual que en los demás tratamientos. Posteriormente el tratamiento control con un factor de conversión de (-9,95) y el tratamiento que obtuvo el peor factor de conversión fue el 3 de 26°C con un factor de conversión de (-2,43). En cuanto a la conversión biológica, la mejor se obtuvo en el tratamiento 2 (22°C), luego vino el tratamiento control posteriormente el tratamiento 1 (18°C) y el que presentó el peor factor de conversión biológica fue el tratamiento 3 (26°C).

Tabla 2. Resumen de los índices de conversión de alimento y crecimiento durante el experimento.

Índices	FCR Eco	FCR Bio	SGR	GF3	%Cre
Control	-9,95	5,21	0,61	0,041	49,91%
T1(18°C)	10,07	6,24	0,58	0,025	46,30%
T2(22°C)	-372,42	4,19	0,85	0,037	75,30%
T3(26°C)	-2,43	7,09	0,69	0,025	57,48%

En cuanto a los índices de crecimiento, se puede destacar que el mejor crecimiento se obtuvo con el tratamiento 2 (22°C) (SGR = 0,85), seguido del tratamiento 3 (26°C), posteriormente el tratamiento control y el tratamiento que obtuvo el peor SGR fue 1 (18°C). Ahora bien, distinto es el caso al incorporar la temperatura en el crecimiento, ya que en este caso, el tratamiento Control obtuvo el mayor GF3 (0,041), seguida del

tratamiento 2 (22°C), posteriormente el tratamiento 2 (22°C) y los que obtuvieron los menores GF3 fueron los tratamientos 1(18°C) y 2 (26°C) los cuales presentaron los mismos valores.

Análisis de regresión para el alimento durante el experimento.

Durante el experimento se midieron los datos de peso promedio y temperatura, y se correlacionaron mediante regresión lineal múltiple con la ración diaria por individuo, entregando un factor de correlación múltiple de 0,8124, que explica mediante el coeficiente de determinación el 66% de los datos. Con todo el modelo queda como sigue:

$$\text{Alim/Día/Ind.} = \frac{2,61 * Wx - 0,021 * T^\circ}{1000}$$

Donde:

Alim/Día/Ind = Alimento consumido en un día por un individuo (g)

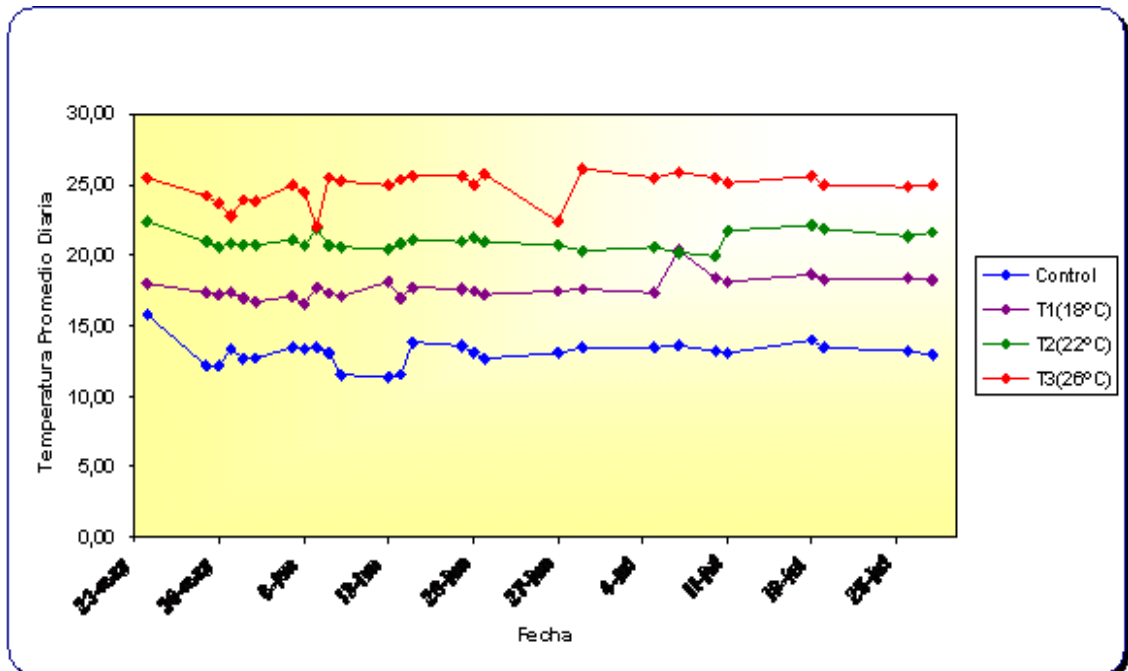
Wx = Peso del Individuo (g)

T° = Temperatura promedio de cultivo (°C)

Parámetros ambientales medidos durante el experimento.

Dentro de los parámetros ambientales evaluados durante el experimento, la temperatura fue el que se quiso diferenciar como tratamiento, lo cual se consiguió, como se puede observar en la figura 6, donde se aprecian las distintas temperaturas para cada tratamiento, siguiendo el orden de los tratamientos, vale decir, 26°C, 22°C, 18°C y el control que promedió 13,5°C.

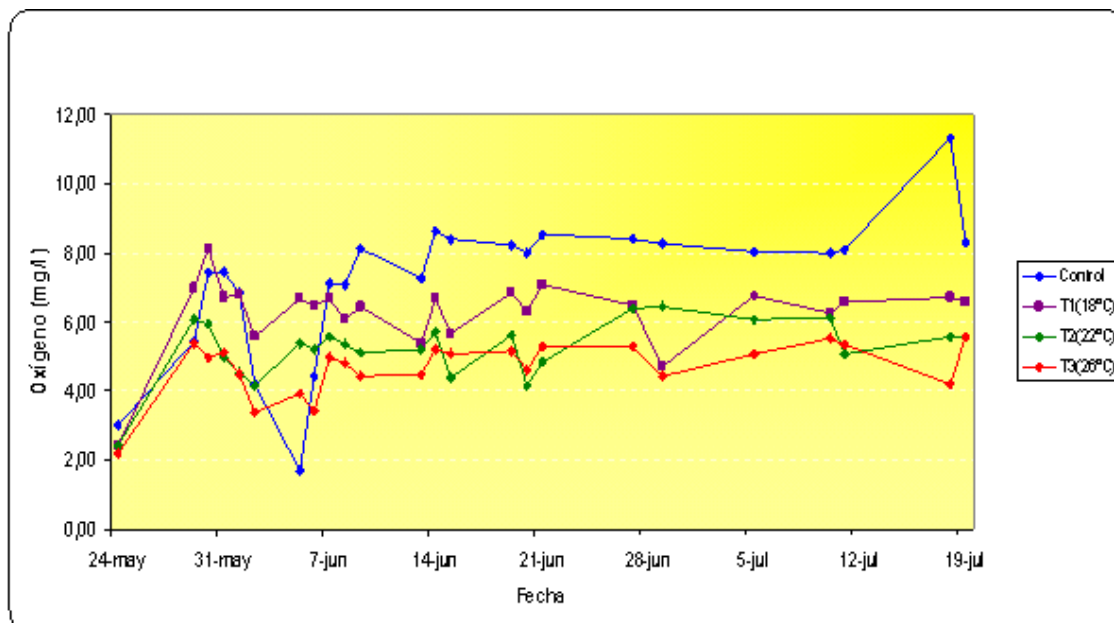
Figura 6. Evolución de la temperatura para los diferentes tratamientos durante el transcurso del experimento.



En el caso del oxígeno, se reportaron sensibles diferencias entre los tratamientos, debido a las diferentes disoluciones de oxígeno a las distintas temperaturas, así, el tratamiento que reportó los mayores niveles de oxígeno fue el control (7,2), luego el tratamiento 1 (18°C) con un promedio de 6,3 ppm, posteriormente el tratamiento 2

(22°C) con un promedio de 5,2 ppm y el que obtuvo los niveles más bajos de oxígeno fue el tratamiento 3 (26°C) el cual promedió un nivel de oxígeno de 4,7 ppm.

Figura 7. Evolución de los niveles de oxígeno en los diferentes tratamientos durante el transcurso del experimento.



DISCUSIÓN

El *Samastacus spinifrons* es una especie sumamente prometedora tanto para acrecentar los ingresos económicos del país, como para diversificar y potenciar la acuicultura. Las características que posee este ejemplar son condicionantes positivas y atractivas para su cultivo en forma masiva. Especialmente, si lo comparamos con los demás camarones presentes en el país, el *Samastacus spinifrons* es el que tiene mayor fecundidad, alcanza mayor longitud y peso, por ende mayor rendimiento en carne; además, habita en aguas abiertas por lo cual presenta mayores sobrevivencias en cautiverio (2). Asimismo, esta especie presenta sus estadios larvales dentro de la hembra lo que facilita su supervivencia, con lo cual no se encuentran expuestos a depredadores durante el periodo más susceptible de su vida. Tampoco necesitan la tenencia anexa de cultivos auxiliares como lo son los rotíferos, copépodos o artemias; ya que una vez eclosionados pueden ingerir lo mismo que sus pares adultos. Además, se puede llevar a cabo la totalidad del ciclo de cultivo en cautiverio sin necesidad de estar extrayendo individuos del medio natural, pues con una primera cepa de adultos se aseguraría, prácticamente, el cultivo.

A través de esta investigación queda demostrado que la temperatura influye directamente sobre el crecimiento y la supervivencia de los *Samastacus spinifrons*. Esto se vio reflejado en el tratamiento 1 (18°C), que presentó la mayor supervivencia, muriendo sólo 4 ejemplares durante el experimento; mientras que en el tratamiento 3 (26°C) murieron 28 ejemplares, lo que concuerda con lo expuesto por Calderer (5), quien plantea que las especies presentan un rápido crecimiento a altas temperaturas hasta llegar a su temperatura óptima, pasada la cual su crecimiento desciende precipitadamente, resultando mortalmente adversas las temperaturas altas. Además, según Valdebenito (1) con los cultivos experimentales de Fundación Chile se ha demostrado que la supervivencia en camarones de *Samastacus* en su etapa juvenil es termo-dependiente, alcanzando sobrevivencias superiores al 70% mensual con temperaturas mayores a 15°C.

Los camarones, al igual que los peces, son organismos poiquiloterms por lo que no pueden regular su temperatura, la cual será la del medio ambiente (5). Esta característica pudo afectar a los camarones, dado que la temperatura del tratamiento 3 (26°C) era demasiado alta para su fisiología (5). Además, hay que tener presente que *Samastacus spinifrons* se distribuye en Chile entre Aconcagua y Taitao (2), en donde las temperaturas del agua en verano son similares a las presentes en los tratamientos 1(18°C) y control; mientras que la temperatura del tratamiento 3 (26°C) se encuentra más cercana a la temperatura de crecimiento de los acociles, que habitan en aguas cálidas, como, por ejemplo, la especie *Macrobrachium rosenbergui*, la cual vive entre los 28 y 31°C (4) y las especies del género *cherax*, las cuales colonizan ambientes entre 24°C y 28°C (6). La temperatura manejada en el tratamiento 3 (26°C) resultó claramente letal para *Samastacus*, lo que coincide con el artículo de Rudolph (2) que expone que la temperatura puede ser causa de muerte en los individuos poiquiloterms. Este hecho se pudo observar en el experimento, ya que la alta temperatura del tratamiento 3 (26°C) registró la más alta mortalidad. Además, en este tratamiento los organismos casi no ingerían alimento, lo que concuerda con Calderer (5) quien manifiesta que el incremento de temperatura aumenta el apetito de la especie hasta cierto punto, más allá del cual, lo pierde. Cabe señalar, también, que permanecían quietos, no presentaban resistencia al momento de realizar los muestreos como en los demás tratamientos.

Otra variante que pudo influir en la sobrevivencia de los camarones fue el factor abiótico del oxígeno, o sea, a mayor temperatura, mayor será el requerimiento de oxígeno; y, a su vez, este gas se encontrará en menor concentración en el agua (7, 8). En donde se obtuvieron los mejores resultados con respecto a la sobrevivencia, fue en el tratamiento 1(18°C), registrándose el menor número de mortalidades (4 individuos) con un nivel de oxígeno que promedió 6,3 ppm. Luego, el tratamiento 2 (22°C) registró 13 individuos muertos con un promedio en cuanto a oxígeno de 5,2 ppm. Posteriormente, el tratamiento control con 14 individuos muertos registró un promedio en el nivel de oxígeno de 7,2 ppm, y, finalmente, el tratamiento 3 (26°C) que registró la mayor mortalidad con un promedio en el nivel de oxígeno de 4,7 ppm. Esto no concuerda con lo descrito por Ramírez (9) con respecto al camarón del Perú que puede sobrevivir en aguas con 3 ppm de oxígeno disuelto, pese a que éste tiene una temperatura óptima de crecimiento similar a la de *Samastacus* (tratamiento 1, 18°C). Siguiendo la línea anterior, la sobrevivencia es acorde a los niveles de oxígeno en todos los tratamientos, exceptuando el tratamiento control en el cual se registraron, de manera exclusiva, muertes por canibalismo entre los organismos. Ello pudo ocurrir como efecto de que estos ejemplares, antes de colocarse en las bateas del experimento, se encontraban con una gran cantidad de espacio, a muy bajas densidades (no más de 100 ejemplares por estanque de 1000 l), con una cantidad alta y diversa de refugios para su protección, lo que les permitía aplacar el comportamiento agresivo y defensivo del territorio (10). Producto de esto, casi no había contacto entre ellos; luego, cambiaron estas condiciones al ser traspasados a las bateas del experimento, ya que las réplicas de los tratamientos tenían muy poco espacio y, además, sólo un refugio por individuo. También pudo influir el hecho de que la temperatura de este tratamiento fue la más similar a su ambiente natural registrada por Rudolph (2). Es decir, en el tratamiento-control se dieron las condiciones del ambiente natural de la especie, específicamente, en lo referente a competencia y supervivencia (2).

Respecto a la alimentación, el tratamiento control fue el que registró menor consumo de alimento, respecto de los demás tratamientos. Este hecho, pudo ser el resultado de las bajas temperaturas de invierno que se presentaron durante el experimento, lo que

concuera con Thatje (11) quien afirma que las bajas temperaturas afectan negativamente al metabolismo de los organismos y reducen su actividad. Por el contrario, en los tratamientos 1 (18°C) y 2 (22°C) la temperatura influyó de manera positiva en su fisiología (12) debido a que en estos dos tratamientos se produjo el mayor consumo de alimento, lo cual concuerda con el informe de Calderer (5), en el cual se expone que a mayor temperatura, dentro del rango óptimo para la especie, se producirá una mayor actividad metabólica y, por ende, un mayor consumo de alimento. Con respecto al tratamiento 3 (26°C), el consumo de alimento fue inferior en comparación al registrado en los tratamientos 1 y 2. Sin embargo, el consumo fue superior que el registrado en el tratamiento-control. Esto pudo deberse a que la temperatura, si bien estaba lejos de ser óptima para los especímenes, ésta tuvo alguna influencia en su metabolismo.

El tratamiento con los mejores resultados de biomasa fue el tratamiento 1(18°C), lo cual concuerda con lo descrito por Augsburg (4) y Bautista (13), el cual establece un rango de temperatura óptima entre los 12°C y 18°C para el cultivo del camarón de río lo que asemejaría a *Samastacus* en cuanto a temperatura al acocil *Astacus astacus* en el cual la temperatura óptima esta entre 18°C a 20°C. Luego el tratamiento 2 (22°C), posteriormente el tratamiento control, y el que obtuvo los peores resultados en cuanto al incremento de biomasa fue el tratamiento 3 (26°). En el caso del primer tratamiento los resultados en cuanto a la biomasa e incremento en el peso son muy contradictorios debido a que este tratamiento fue el que obtuvo los peores resultados en cuanto al incremento en peso, lo que puede deberse a que en este tratamiento sobrevivió la mayor cantidad de individuos de todos los tratamientos, y quizás este no alcanzó a cubrir las demandas en cuanto a la cantidad de alimento requerida. Si bien en este tratamiento hubo una pérdida de alimento, que fue la menor respecto de los demás tratamientos, y pudo haberse dado por la manera de alimentarse de los camarones. Según Muñoz (14), el camarón a diferencia de otras especies localiza el alimento a través del olfato y del sabor, y este puede demorar minutos u horas en comerlo, lo que implica que este alimento puede estar varias horas en el agua y en este tiempo puede perder su valor nutricional y estabilidad en el agua antes de que los camarones se alimenten (15). El tratamiento 2 (22°C) registró el mayor incremento en peso y respecto de la biomasa fue el tratamiento que obtuvo el segundo resultado lo cual hace que *Samastacus* se encuentre dentro del rango de temperatura óptima entre los 22°C a 26°C para *Procambarus clarkii*. El tratamiento 2(22°C) no presentó diferencias significativas con el tratamiento 1 (18°C), y tampoco con el control. Los resultados en cuanto a la biomasa del tratamiento 2(22°C) pudieron estar influenciados por el oxígeno ya que cuando la temperatura sube de 10°C provoca una elevación de 2 a 3 veces de los procesos químicos y biológicos, así el camarón va a consumir 2 a 3 veces más cantidad de oxígeno a 10°C que a 20°C (16). Esto concuerda con que en el tratamiento los camarones requirieron una mayor cantidad de oxígeno a medida que la temperatura fue más alta en los diversos tratamientos.

Respecto a los índices de conversión de alimento y crecimiento durante el experimento, el factor de conversión económica (FCR) del tratamiento 1(18°C) tuvo los mejores resultados con mayor sobrevivencia y biomasa. En cuanto a los tratamientos 2(22°C), 3(26°C) y control los factores de conversión resultaron negativos, producto de la mortalidad de los camarones ya que no se registró aumento en la biomasa en ninguno de estos tratamientos, tal como le ocurrió a Valdevenito (1), con su tratamiento mantenido en condiciones de recirculación.

En cuanto a los factores de conversión biológica, los cuales incluyen la mortalidad de los diferentes tratamientos, los mejores resultados fueron obtenidos con el

tratamiento 2 (22°C), con un FCR biológico de 4,19, lo cual se asemeja a los resultados obtenidos por Valdevenito (1) para *Samastacus spinifrons* con su mejor dieta, en la cual fue basada el presente experimento.

Luego, siguió el tratamiento control con un FCR de 5,21, lo que puede ser porque según Calderer (5) a bajas temperaturas la demanda de ración de mantenimiento se reduce, permitiendo que una fracción mayor del alimento disponible se convierta en crecimiento. Luego el tratamiento 1(18°C) con un valor de 6,24 y finalmente el que obtuvo los peores resultados fue el tratamiento 3 (26°C) con un valor de 7,09, lo que puede estar relacionado con lo dicho anteriormente ya que la ración de mantenimiento aumenta exponencialmente con la temperatura (5).

Respecto a los Índices de crecimiento (SGR) y % de Crecimiento los mejores resultados fueron los del tratamiento 2(22°C), con un SGR de 0,85 y un % de crecimiento de 75,30%, lo que se relaciona con el experimento desarrollado en la Universidad Católica por Palma (17) donde se logró un SGR promedio de 0,86% al día 125 de experimento. Posteriormente el tratamiento 3 tuvo un significativo crecimiento, sin embargo, cabe señalar que en este tratamiento se dio la condición de sobrevivencia de un solo individuo, lo que condicionó el peso final. Los demás tratamientos obtuvieron valores cercanos entre sí de 0,61 y 0,58 para los tratamientos Control y T1 (18°C), respectivamente. En este sentido, el tratamiento de 22°C obtuvo un incremento en peso bastante superior a los demás tratamiento, lo que lo haría potencialmente mejor que el T1 (18°C), de no mediar la mortalidad atribuida al nivel de oxígeno.

En cuanto al valor de GF3, el mejor rendimiento por Unidad Termica Acumulada, fue obtenido con el tratamiento Control, siendo este valor muy cercano a lo ocurrido en el tratamiento T2 (22°C), lo que daría cuenta del potencial de este último tratamiento en experiencias futuras, en las cuales se debe suplementar una mayor cantidad de oxígeno y con esto evitar la mortalidad. En cuanto a los tratamientos 1 (18°C) y 3 (26°C), ambos obtuvieron GF3 similares, explicándose esto por una mala estrategia de alimentación en el tratamiento 1 (18°C) (lo cual también explicaría la mayor conversión biológica con respecto a los demás tratamientos) y una condición fisiológica en el tratamiento 3 (26°C), donde se habría sobrepasado el preferendum térmico para esta especie.

PERSPECTIVAS

La temperatura óptima para el crecimiento de *Samastacus spinifrons*, se encuentra de acuerdo a lo obtenido en el siguiente ensayo, entre los 18°C y los 22°C. Además, la tolerancia térmica de esta especie se encuentra a temperaturas menores a 26°C, donde el papel del oxígeno es condicionante frente a la sobrevivencia en la etapa de juveniles de esta especie, recomendándose valores de oxígeno mayores a 5ppm. Pese a lo anterior, *Samastacus spinifrons*, demuestra una menor competencia por espacio a mayor temperatura, quedando evidenciado este hecho en el menor canibalismo registrado a mayores temperaturas. En suma, *Samastacus spinifrons*, sí puede ser cultivado a densidades altas con temperaturas altas, acelerando el crecimiento y disminuyendo el canibalismo, quedando para futuras experiencias el hecho de mejorar la estrategia de alimentación a 18°C y de disminuir la mortalidad a 22°C con un suplemento de oxígeno que mantenga los niveles sobre 5 ppm durante el futuro bioensayo.

Bibliografía

1. Valdebenito, H. (2004). "Evaluación del Crecimiento y Supervivencia en Juveniles de Camarón de Río del Sur, (*Samastacus spinifrons*). Alimentados con Distintos Valores de Proteínas, Carbohidratos y Lípidos". Tesis para optar al grado académico de Ingeniero en Acuicultura, Escuela de Acuicultura, Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile
2. Rudolph, E. H. (2002). Sobre la biología del camarón de río *Samastacus spinifrons* (Philippi 1882) (Decapoda, Parastacidae). *Gayana Concepc.*. [online]. 2002, vol.66, no.2 [citado 12 Enero 2007], p.147-159. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?ISSN=0717-6538>.
3. Tacon A. (1989). *Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados Manual de Capacitación*. (Proyecto Aquila II, Documento de campo n°4). Brazil: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab492s/ab492s00.htm>
4. Augsburg A. (2002). Estudio Prospectivo Tecnológico para el cultivo de la Langosta Marrón de Agua Dulce (*Cherax tenuimanus*). Disponible en: http://www.tradechile.cl/Infoforos/Estudio%20Prospectivo_LangostaMarron.pdf
5. Calderer, A. (2001). Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la Dorada (*Sparus aurata* L.). Memoria para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas para la universidad de Barcelona, España.
6. Cortés J, Colmenares H, Rendón M., 2002. Efecto de la frecuencia alimenticia en el crecimiento y supervivencia de juveniles de Langosta de Agua Dulce *Cherax quadricarinatus* (Decapoda:Parastacidae). I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura disponible en <http://www.civa2002.org>. pags, 882-890.
7. Gallardo, R. (2005). La importancia del oxígeno y la temperatura en la Salmonicultura. Extraído el 14 de Enero de 2007. Disponible en: <http://www.hannachile.com/consejos/43/oxigeno-temperatura-almonicultura.htm>
8. Alpuche, J., Pereyra, A & Agundis C. (2002). Respuestas bioquímicas de camarones marinos a factores ambientales. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, Vol. VI, N°5. Extraído el 16 de enero de 2007. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505/050508.pdf>
9. Ramirez, R. (1996). Camarón de Río del Perú. *Revista de Ciencias punto com* Extraído el 14 de enero de 2007. Disponible en: <http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EpZyEEIEVAomepHgsK.php>
10. Pineda-Zúñiga. (2005). "Efecto de Cuatro Tipos de Refugio en el Crecimiento y Supervivencia en Juveniles de Camarón de Río del Sur *Samastacus Spinifrons, philippi 1882*". Tesis de grado para optar al grado de licenciado en ciencias de la acuicultura, Escuela de Acuicultura, Universidad Católica de Temuco, Chile.
11. Thatje, S. (2000). La historia de una colonización. (Investigación: expediciones científica: La antártica). España: Departamento de generalidades de la Universidad de Cataluña.
12. Quadros, S & Andreatta, E. (2004). El manejo de la alimentación y la sostenibilidad en el cultivo de camarones en el Brazil. *Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición acuícola*, Mexico.
13. Bautista, C. (1988). *Crustáceos, Tecnología de cultivo*. España Ed. Mundi-prensa. 180pp.
14. Muñoz-Latus O. 2005. Técnicas de producción de alimentos de camarones. *Panorama Acuícola Magazine*.
15. Martínez, L., Ezquerro, M., Bringas, L., Aguirre, E & Garza M. (2002). *Optimización de alimentos y Prácticas de alimentación en el cultivo de camarón en el noroeste de Mexico*. Departamento de investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, México.
16. Hernández, P. (1996). Evaluación del efecto de tres dietas isoprotéicas en la supervivencia y crecimiento del cangrejo rojo de río *Procambarus clarkii*, en condiciones experimentales en Manzanillo, Colima. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Acuicultura, Facultad de ciencias Marinas, Universidad de Colima. Manzanillo, Colima, México.
17. Palma, R. (2004). Aprovechamiento de materia orgánica de efluentes de instalaciones de producción de salmónes en pisciculturas, en el engorde de Camarón de río del sur, *Samastacus spinifrons*, Philippi 1882. Tesis de grado para optar al grado de licenciado en ciencias de la acuicultura, Escuela de Acuicultura, Universidad Católica de Temuco, Chile.

18. Monasterio de Gonzo, G.A.M. (2003). *Peces de los ríos Bermejo, Juramento y cuencas endorreicas de la provincia de Salta*. Museo de Ciencias Naturales y Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta, 243 pp.
19. Monasterio de Gonzo, G., S.E. Barros y M.E. Mosqueira. (2005). *Composición y estructura de la ictiofauna del Parque Nacional del Rey, provincial de Salta, Argentina*. (En prensa, Natura Neotropicalis).
20. Ringuelet, R.A., R. Aramburu y A.A. de Aramburu. (1967). *Los peces argentinos de agua dulce*. Com. Inv. Cient. Prov. Buenos Aires. La Plata. 601 pp.
21. Ringuelet, R.A. (1975). Zoogeografía y ecología de los peces de aguas continentales de la Argentina y consideraciones sobre las áreas ictiológicas de América del Sur. *ECOSUR*, 2(3):123-151
22. Zamprogno, C., F. Vieira y E.C. Perrone. (1989). Adaptações das nadadeiras pares de *Characidium cf. fasciatum* (Pisces Characiformes) e sua importancia durante a trasposição de quedas d'agua. *Resumos XVI Congresso Brasileiro de Zoologia*, Paraíba: 46-47