



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA

13

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

✓ Crecimiento y campo de crecimiento
de la langosta de quelas rojas

Cherax quadricarinatus

(Crustacea: Parastacidae)
en condiciones de laboratorio

\\

TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN BIOLOGÍA EXPERIMENTAL

PRESENTA
Biól. Antonio Rodríguez Canto,

México D.F.

Diciembre, 1998.

Agradecimientos

*La esperanza y la participación
de cada ser se darán cuando
aceptemos que en nuestro
interior existe...*

*La opción libre de vivir el
compromiso en el amor a un
alto nivel de conciencia,
cualidad que ha sido
otorgada por el Creador a los
seres humanos.....*

Mi reconocimiento al CONACYT, por el apoyo económico otorgado durante mis estudios a través de la beca con el número de registro 95357.

Al programa de Maestría Experimental de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, por creer en sus alumnos. En especial a la Dra. Concepción Gutiérrez Ruiz, por sus comentarios y enseñanzas que permiten expresar lo mejor de cada uno de nosotros, al M. en C. Joaquín Herrera por los consejos y apoyos brindados.



A mi Alma mater..

La Universidad Autónoma Metropolitana, por ser una institución que fomenta el desarrollo humano.

A la Planta Experimental de Producción Acuícola, en cuyas instalaciones se realizaron los trabajos requeridos para este estudio.

A mis compañeros de estudio, con los que tuve el agrado de compartir.

Con especial reconocimiento a mi Comité Tutorial:

A la Dra. Sonia Espina A., por su dirección en la realización de este estudio, sus enseñanzas, comentarios y estímulos.

Al Dr. José Luis Arredondo F., por su dirección, consejo y guía en este caminar de la ciencia.

A la Dra. Ana Laura Ibáñez A., por su amistad, apoyo y consejo, independiente de sus conocimientos.

Al M. en C. José Luis García C., cuyos consejos y recomendaciones las cuales siempre son de gran utilidad, además de su apoyo desinteresado.

A la Dra. Cecilia Vanegas P., por sus enseñanzas y recomendaciones en la realización de este estudio.

A mí Madre

Señora Irma Canto Centeno

*Por su amor y todo lo que
en ello encierra.*

A mi Padre

Donde quiera que se encuentre.

A mis Hermanos

Manuel, Paty; Martha Alejandro;

Irma, Jesús; Max, Mara;

Ramón, Azúl

por aceptarme como uno de ustedes

A mi familia

Por ser lo que me

ha dado forma y estructura.

A mis sobrinos

Antinea, Mariana,

Danú, Alexis

A todos mis amigos

Con los que compartir un

momento es conocer toda una

vida.

INDICE GENERAL

Indice de Tablas.....	iii
Indice de Figuras.....	iv
Resumen.....	v
INTRODUCCIÓN.....	2
ANTECEDENTES.....	6
OBJETIVOS.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
Sistema de mantenimiento.....	10
Alimentación de los organismos.....	11
Crecimiento relativo.....	12
Crecimiento en longitud.....	15
Respuestas fisiológicas.....	15
Fase de experimentación.....	18
Determinación de las tasas fisiológicas.....	19
Tasa de ingestión.....	19
Tasa de producción de heces.....	20
Tasa de asimilación.....	20
Tasa de respiración.....	21
Tasa de extracción de oxígeno.....	21
Tasa de excreción amoniacal.....	22
Tasa de muda.....	22
Integración energética.....	22



RESULTADOS.....	24
Calidad del agua	
Sistema de mantenimiento.....	24
Crecimiento relativo.....	28
Crecimiento en longitud.....	37
 BALANCE ENERGÉTICO.....	 40
Calidad del agua	
Sistema experimental.....	40
Tasas fisiológicas.....	43
 DISCUSIÓN.....	 52
Calidad del agua	
Sistema de mantenimiento.....	52
Sistema experimental.....	53
Crecimiento relativo.....	55
Crecimiento en longitud.....	56
Balance energético.....	57
 CONCLUSIONES.....	 61
 LITERATURA CITADA.....	 63



Índice de Tablas

No.	Descripción	Pags.
1	Cuadro comparativo entre especies de cultivo comercial	5
2	Composición química proximal de la dieta utilizada.....	12
3	Valores de la calidad del agua del estanque "A".....	24
4	Valores de la calidad del agua del estanque "B".....	25
5	Evaluación morfométrica.....	29
6	Comparación de parámetros y relaciones alométricas....	30
7	Varianza acumulado de los análisis multivariados.....	31
8	Matriz de correlaciones, datos originales.....	31
9	Matriz de correlaciones, datos filtrados.....	32
10	Matriz factorial de los análisis multivariados.....	32
11	Matriz factorial de los análisis de correspondencia.....	33
12	Valores de longitud y peso de juveniles.....	38
13	Parámetros del crecimiento (von Bertalanfii).....	38
14	Matriz de varianzas y covarianzas de los parámetros de von Bertalanfii.....	39
15	Matriz para la T2 de Hotelling.....	39
16	Valores de calidad de agua. Sistema experimental.....	40
17	Valores iniciales de los organismos utilizados.....	43
18	Resumen de las tasas de ingestión, producción de heces y asimilación. Valores en mg y calorías.....	44
19	Resumen de las tasas del metabolismo aeróbico.....	46
20	Resumen de la excreción amoniaca.....	47
21	Balance energético de <i>C. quadricarinatus</i>	49
22	Sexo, Incremento en peso y tasa de crecimiento.....	52

Índice de Figuras

No.	Descripción	Pags.
1	Diagrama del estudio.....	9
2	Diagrama del sistema de mantenimiento.....	10
3	Patrón de medidas morfométricas.....	13
4	Sistema experimental.....	17
5	Detalle de las cámaras.....	18
6	Análisis de componentes principales. Datos originales...	34
7	Análisis de correspondencia. Datos filtrados.....	35
8	Análisis de correspondencia. Datos originales.....	36
9	Relación talla-peso de <i>Cherax quadricarinatus</i>	37
10	Relación porcentual entre las energías ingerida, perdida vía la producción de heces y asimilada	45
11	Relación porcentual de las pérdidas energéticas.....	47
12	Fracción porcentual de las tasas fisiológicas con relación a la energía ingerida y asimilada.....	48
13	Balance energético de <i>C. quadricarinatus</i>	50
14	Eficiencias de crecimiento, K_1 y K_2	51

RESUMEN

Cherax quadricarinatus, es un crustáceo decápodo de origen Australiano con amplio potencial de cultivo acuícola. Recientemente (1994) la especie ha sido introducida en nuestro país, por lo que resulta importante realizar estudios que permitan conocer su crecimiento y sus respuestas fisiológicas con respecto a variaciones en el medio ambiente. El presente estudio tuvo como objetivo determinar el crecimiento y la energía potencial del crecimiento de la especie, en condiciones experimentales, consideradas como óptimas para su cultivo. En la realización del estudio, fueron empleadas técnicas de análisis multivariado, con la finalidad de conocer el crecimiento relativo. Así mismo el empleo del modelo de crecimiento de von Bertalanfii, permitió conocer los parámetros del mismo para hembras y machos. Se describió el balance energético de la especie, con base en la integración de las tasas fisiológicas expresadas por los organismos, como respuesta a los requerimientos de factores medioambientales y nutricionales, a los que fueron sometidos. Los resultados obtenidos establecen diferencias en el crecimiento de los sexos. Desde el punto de vista energético la especie presenta altas eficiencias en cuanto a la transformación, uso y distribución de la energía adquirida vía la ingestión de alimento, describiendo un balance energético que favorece el campo de crecimiento, lo que podría sustentar el cultivo de *C. quadricarinatus* como una alternativa potencial en nuestro País.

INTRODUCCIÓN

Entre los grandes retos que enfrenta la población mundial, destacan el control de su crecimiento y la disponibilidad de alimento. En este último aspecto la acuicultura se ha situado en los últimos treinta años como la actividad generadora de alimento de mayor dinamismo, con un crecimiento anual del 12%, lo que ha favorecido un incremento en los índices de consumo de proteína de origen acuícola. En el ámbito de la acuicultura comercial, el cultivo de crustáceos representa el 4.1% de la producción total (FAO, 1995), aunque esta cifra es sustentada por unas cuantas especies, si se toma en cuenta que en los crustáceos se incluyen alrededor de 1,200 géneros y más de 10,000 especies, que de acuerdo con los ambientes acuáticos que colonizan pueden ser divididos de manera general en tres grupos: los marinos, los de ambientes estuarinos o salobres y los estrictamente dulceacuícolas. Comercialmente las especies de camarones marinos peneidos presentan la más alta producción, mundial con el 85.8%, seguido de las especies estuarinas con un 7.4% y por último, aquellos de agua dulce con un 6.8% (FAO, 1995).

Las familias cuyos representantes poseen la mayor relevancia para la explotación acuícola son: Penaeidae (Camarones), Palaemonidae (Langostinos), Astacidae, Cambaridae y Parastacidae (Acociles). Actualmente el cultivo de los acociles representa el 63.44% de la producción mundial de crustáceos de agua dulce (FAO, 1995). De las tres familias de acociles, las especies que sobresalen por su importancia acuícola en la Familia Astacidae son *Astacus astacus*, *A. leptodactylus* y *Pacifastacus leniusculus*; en la Familia Cambaridae, *Procambarus clarkii*, *P. zonangulus*, *P. acutus acutus* y *Orconectes immunis* y en la Familia Parastacidae, única familia en el Hemisferio Sur, *Cherax albidus-destroyer*, *C. tenuimanus* y *C.*

quadricarinatus.

De acuerdo a Huner (1994), para principios de los años noventa *Procambarus clarkii* representaba el 90% de la producción anual; a partir de este periodo se describe una reducción en su producción y aparentemente, otras especies dulceacuícolas han aumentado su producción FAO (1995).

En los últimos tres años el género *Cherax* y particularmente *C. quadricarinatus* ha despertado interés entre los productores de diferentes países debido a que entre otras características presenta, una alta tasa de crecimiento (Ackefors, 1994; Medley *et al.*, 1994; Kibria *et al.*, 1997; Romero, 1997). En México los acuacultores nacionales se han sumado a este interés; y en el año de 1994 se tiene el primer registro oficial de la introducción de *C. quadricarinatus* SEMARNAP (comunicación personal, 1998). Con lo que se da inicio a una polémica sobre los posibles impactos ecológicos que la introducción tenga sobre la fauna nativa de nuestro país, toda vez que esta pueden considerarse entre las más diversas del continente americano. Al respecto Romero (1997), establece que si bien la introducción de una nueva especie puede ayudar a la expansión de la acuicultura también puede ocasionar efectos negativos sobre la fauna y flora endémicas difíciles de predecir.

La introducción de *C. quadricarinatus* en México, ha sido fundamentada en las ventajas que presenta sobre otras especies de cultivo comercial (Tabla 1), y entre las que se destacan; **a**) un ciclo de vida completo en agua dulce; **b**) presenta solamente dos estadios larvales, los cuales se desarrollan adheridos a los pleópodos de la hembra, lo que permite la reducción de la mortalidad en esta fase (Observación personal); **c**) se pueden obtener hasta dos cosechas al año (Jones, 1990; King, 1993); **d**) el intervalo entre los desoves es de uno a dos meses (Sammy, 1988) y **e**) presenta un comportamiento

social, con un bajo grado de canibalismo y agresividad (Semple *et al*, 1995). Por lo anterior, el cultivo de *C. quadricarinatus* es una buena alternativa comercial en México, aunado al hecho de que las características geográficas y topográficas del país son idóneas para su cultivo.

En la tabla 1 se presenta una comparación de *C. quadricarinatus* con, *P. clarkii* y *Macrobrachium rosenbergii* ambas especies de importancia en cultivo comercial. Si bien *C. quadricarinatus* ha sido considerado un organismo libre de enfermedades; se conoce que durante los cultivos, una mala calidad del agua y condiciones de estrés del medio favorecen el desarrollo de infecciones (Tomasso, 1996). Entre las desventajas que la especie presenta en su cultivo, varios autores han señalado (Herbert, 1987; Anderson, 1990; Jiménez y Romero, 1998), la posibilidad de infección debida a virus, bacterias, hongos y protozoarios. Por otra parte Gu *et al.*, (1995), enfatizan la necesidad de realizar una mayor investigación en lo referente a la correlación entre la edad de maduración, la velocidad de crecimiento y la variabilidad genética de las poblaciones utilizadas en el cultivo, puesto que existen diferencias importantes en las tasas de crecimiento de las distintas poblaciones.

A pesar que *C. quadricarinatus* se cultiva comercialmente con cierto éxito (Medley, *et al.* 1994; Ackefors 1997; Romero 1997; Romero y Murillo 1997), es poco lo que se conoce sobre diversos aspectos de su fisiología.

En las actividades acuícolas, el análisis del crecimiento de las especies es de utilidad para conocer la tasa de crecimiento, expresada como ganancia en peso, y la longitud que la especie puede alcanzar en las condiciones específicas de cultivo. Ambos parámetros son de importancia ya que permiten estimar el rendimiento acuícola de la especie.

Tabla 1. Cuadro comparativo entre especies de cultivo comercial.

Característica	<i>Procambarus clarkii</i>	<i>Cherax quadricarinatus</i>	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>
Tipo de exoesqueleto	Grueso y muy duro Observación personal	Delgado y suave Observación personal	Delgado y suave Observación personal
Número de estadios larvales	4 fijos a la hembra * Mills y McCloud, 1983	2 fijos a la hembra Observación personal	11 de vida libre y con cambios metamórficos Observación personal
Cosechas por año	1 * Jones C, 1990	0.5 a 2 * Jones C, 1990	1 * Sokol, 1988
Número de huevecillos	100 a 700 * Sokol, 1988	150 a 600 * Jones C, 1990	80,000 * New, 1990
% de sobrevivencia en cultivo	47 a 88 * Mills y McCloud, 1983	50 a 94 * O'Sullivan, 1988	40 a 60 * New, 1990
Requerimientos para el cultivo (Tipo de agua y temp.)	Dulce de 14 a 23 °C * Wickins, 1982	Dulce de 23 a 29 °C * O'Sullivan, 1988	Dulce y salobre de 14 a 23 °C * Choudhury, 1970
Intervalo entre desoves	2 a 5 meses * Sokol, 1988	1 a 2 meses * Sammy, 1988	3 a 4 meses * New, 1990
Edad de maduración sexual	3 a 9 meses * Sokol, 1988	6 meses * Sammy, 1988	4 a 7 meses * New, 1990
Hábitos conductuales	Excavadores * Lee y Wickins, 1992	Sociales * Semple <i>et al.</i> , 1995	Agresivos y territoriales * Lee y Wickins, 1992

* Citados en: D.O'C. Lee and J.F. Wickins., 1992.

Sin embargo el crecimiento evaluado como el incremento de longitud o biomasa, puede limitar la interpretación del efecto de los factores ambientales o nutricionales sobre las respuestas fisiológicas del organismo. De tal manera que es más adecuado conocer de forma

integral el flujo de energía en el organismo, su incorporación, sus usos y sus pérdidas (Vanegas, 1992).

Los estudios de bioenergética, permiten valorar la capacidad de asimilación de energía, vía el alimento ingerido, que presentan los organismos, como un prerequisite del mantenimiento de las funciones metabólicas, incluidas la reproducción y el crecimiento (Adams y Breck, 1990). Estos estudios permiten cuantificar los intercambios y transformaciones, de energía y materia, que se llevan a cabo entre los organismos y su ambiente. (Beamish y Trippel, 1990). Al respecto, Warren y Davis (1967) señalan que la distribución de energía en un organismo es característica de cada especie y puede ser modificada por los factores ambientales, bióticos y abióticos.

ANTECEDENTES

El cultivo de los acociles en Australia, de donde es nativo el género *Cherax*, no es una actividad nueva ya que presenta sus inicios en los años sesenta; las especies del género son preferidas por las tallas que alcanzan y la calidad de su carne. El cultivo comercial está basado principalmente en tres especies, *Cherax tenuimanus* o marrón, *C. destructor* o "yabbie" y *C. quadricarinatus* o acocil de quelas rojas.

Veinticinco años después, en los Estados Unidos se iniciaron los primeros intentos con cultivos experimentales; en la actualidad la producción de los cultivos comerciales es tan incipiente que aún no se consignan en los compendios estadísticos mundiales, aunque existen empresas cuya actividad está basada en la venta de larvas y juveniles de diversas tallas. Otras regiones que destacan por su interés en el cultivo comercial de acociles del género *Cherax* son Europa: Inglaterra, España, Italia; Latinoamérica y el Caribe, Asia y

Africa (Medley *et al.*, 1994).

Es un interés generalizado para los acuacultores optimizar el crecimiento y desarrollo de las especies bajo condiciones de cultivo Capuzzo (1983), por lo tanto es importante considerar el funcionamiento de los organismos como un sistema abierto que presenta intercambios de energía y materia con el medio que lo rodea, la cuantificación de estos intercambios y sus transformaciones, son comprendidas mediante la elaboración de estudios bioenergéticos, es decir valorando las respuestas fisiológicas; como la eficiencia de asimilación, vía la cuantificación del alimento ingerido y la producción de heces, el fraccionamiento energético durante el mantenimiento de las funciones metabólicas incluidas la reproducción y el crecimiento, y las pérdidas debidas al uso de la energía dentro del sistema.

En el caso de peces u otros crustáceos estos estudios han sido utilizados para la valoración y estimación de: a) crecimiento y producción; b) tasas de consumo de alimento; c) relaciones depredador – presa; d) impacto de los factores del medio sobre los organismos y e) elaboración de modelos que permiten estimar, tanto la cantidad como la velocidad de incorporación, de algunos contaminantes presentes en el medio (Adams and Breck, 1990).

Mientras que para algunos crustáceos de importancia acuícola como los Peneidos, se tienen amplios antecedentes relacionados con aspectos de su biología, fisiología y nutrición, todos ellos encaminados a la optimización de su producción en sistemas de cultivo (Andrews, Sick y Baptist., 1972; Balazs y Ross., 1976; Bottino *et al.*, 1980; Colvin, 1976; Read, 1981; Venkataramiah, Lakshmi y Gunter., 1975). Para *C. quadricarinatus* el conocimiento de las respuestas fisiológicas en estas áreas presentan un amplio desconocimiento, por lo anterior el objetivo del presente estudio es:

Objetivo General

Determinar el crecimiento y la energía potencial de crecimiento de adultos *Cherax quadricarinatus* en condiciones de laboratorio.

Objetivos Específicos

- Determinar el crecimiento relativo de la especie, a través de su biometría.
- Determinar la relación talla-peso y los parámetros del crecimiento para cada sexo.
- Medir las tasas de ingestión, respiración, producción de heces, excreción amoniacal.
- Integrar dichos valores en la ecuación del balance energético.
- Calcular las tasas de asimilación, el campo de crecimiento y las eficiencias de crecimiento, bruta (K_1) y neta (K_2).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó a través de tres etapas, crecimiento relativo, crecimiento en longitud y análisis bioenergético (Fig.1). Es importante destacar que fue necesario desarrollar una fase previa para el mantenimiento de la población inicial constituida por 20 organismos adultos, en una proporción de sexos de 1:1.

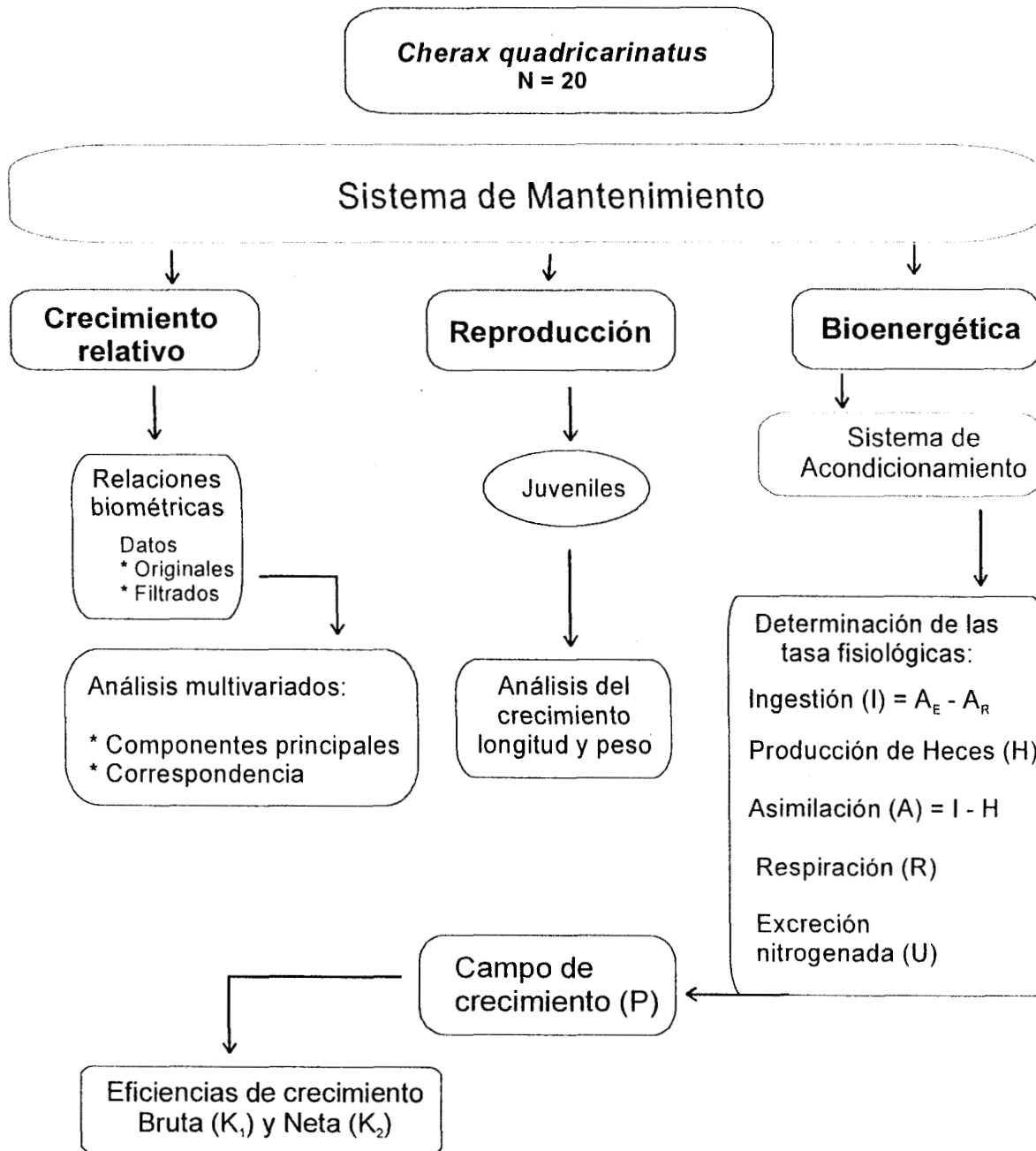


Figura 1. Diagrama del estudio.

Asimismo se formuló una nueva dieta que cubriera los requerimientos nutricionales de los organismos.

Sistema de Mantenimiento

El sistema utilizado fue del tipo cerrado con recirculación de agua, compuesto por dos estanques de fibra de vidrio de 600 L, con un volumen útil de 270 L. Ambos estanques tenían para la recirculación del agua bombas sumergibles (Litte Gigant de 1/40 HP), un filtro biológico formado por tres capas de arena de diferente calibre, un sistema para el control térmico constituido por una resistencia de 1,000 watts y 220 volts, conectada a un termostato (0 a 50 °C). Durante la fase experimental la temperatura se mantuvo en $28 \pm 1^\circ\text{C}$. El fotoperíodo se estableció de 12 horas de luz y se controló mediante un reloj eléctrico (Fig.2).

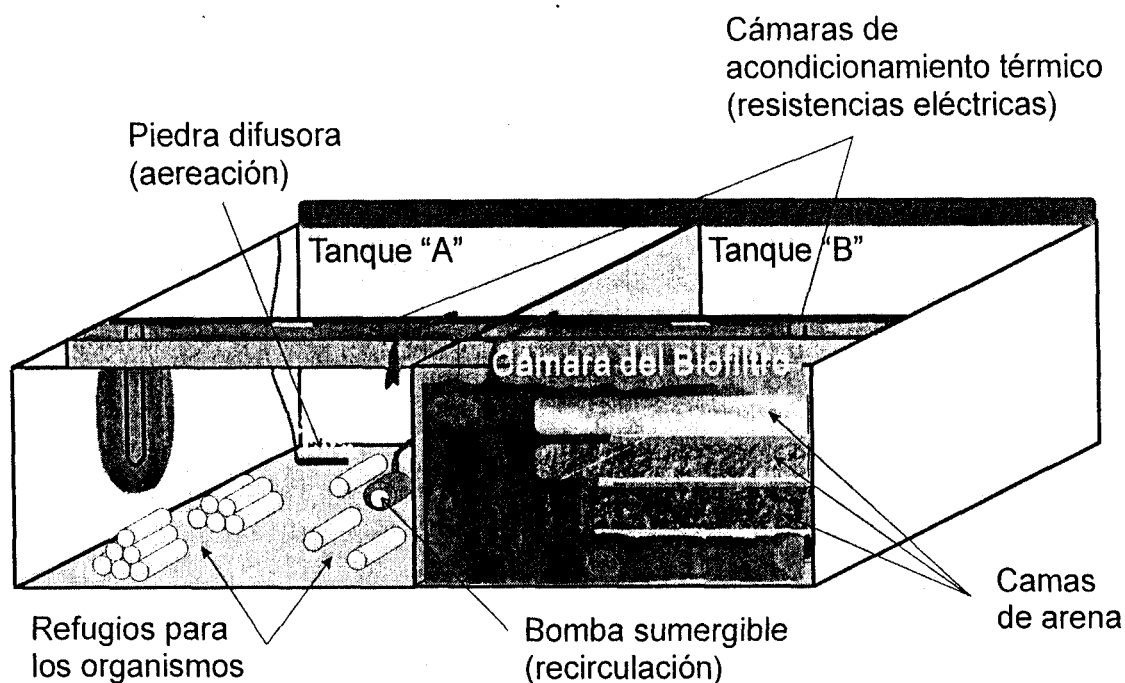


Figura 2. Diagrama del sistema de mantenimiento.

Durante el mantenimiento, los organismos adultos fueron aclimatados a nuestras instalaciones. La limpieza de los estanques (A y B) se llevó a cabo diariamente y posterior a la toma de muestras, se retiraron las heces y el alimento remanente por medio de un sifón, y enseguida se repusieron los niveles de agua. El registro de los parámetros fisicoquímicos como la temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$) y la concentración de oxígeno disuelto (OD, mg/L) se llevó a cabo diariamente con un oxímetro (YSI modelo 57; ± 1.0 $^{\circ}\text{C}$, 0.1mg/L); el pH se registró semanalmente mediante un potenciómetro (Beckman, ± 0.01). Cada catorce días se determinó la dureza y alcalinidad totales, nitrógeno amoniacal, nitrato, nitrito y fosfatos totales mediante un equipo analizador portátil (Hach modelo 2000).

Alimentación de los organismos

Los acociles se alimentaron al inicio, con alimento balanceado para camarón (Purina; camaronina 35% de proteína); la ración se suministró, diariamente al 3.0% de la biomasa total de los organismos, en peso húmedo, cerca del atardecer ya que se conoce que en este momento los organismos aumentan su actividad (Masser y Rouse, 1992).

Posteriormente, se modificó el tipo de alimento, debido a que con frecuencia se observó gran cantidad de alimento remanente y una escasa producción de heces, lo que se interpretó como una baja o nula aceptación del alimento por parte de los organismos, por lo que se optó por llevar a cabo un cambio del tipo de alimento.

El segundo tipo de alimento, utilizado durante el resto del estudio, consistió de una mezcla semi-húmeda elaborada con un tercio, de vegetales molidos, un tercio de Camaronina-35 previamente remojada en el jugo obtenido de la molienda de los vegetales y un tercio de

carne de pescado crudo. Todos los ingredientes se picaron y molieron finamente hasta formar una mezcla de consistencia homogénea, a la cual se le adicionó 200 g de harina de pescado y 250 ml de aceite de hígado de bacalao. La caracterización químico proximal de dicha dieta se realizó en los Laboratorios de Nutrición de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y cuyos resultados se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición químico proximal de la dieta utilizada.

Componente	B.H	BASE 90	BASE 100
Materia seca %	40.46	90.00	100.00
Humedad %	59.54	10.00	0.00
Proteína cruda % (nitrógeno 6.25)	14.48	32.21	35.78
Extracto etéreo %	4.76	10.60	11.78
Cenizas %	3.86	8.59	9.54
Fibra cruda %	1.35	2.99	3.33
Extracto libre de Nitrógeno %	16.01	35.61	39.57
T.N.D. %	35.59	79.16	87.96
Energía digerible Kcal / Kg	1568.95	3490.31	3878.12
Energía metabolizable Kcal / Kg	1286.40	2861.75	3179.73

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

- **Crecimiento relativo**

Durante el proceso de mantenimiento se registraron las medidas morfométricas de 20 organismos adultos, de acuerdo a la figura 3. Se determinó como la variable **1**, a la longitud total (**Lt**); variable **2**, a la longitud abdominal (**La**); variable **3**, a la longitud del cefalotórax (**Lc**); variable **4**, a la longitud del telson (**Lte**); variable **5**, a la amplitud del

cefalotórax (**Ac**); variable **6**, a la amplitud del abdomen (**Aa**); variable **7**, a la longitud de la quela (**Lq**) y variable **8**, a la amplitud de la quela (**Aq**) respectivamente. Las mediciones fueron realizadas mediante un vernier, (± 0.01 mm). La periodicidad de los registros fue de cada 30 días durante 19 meses, abarcando los meses de abril, junio a diciembre de 1996 y de enero a noviembre de 1997.

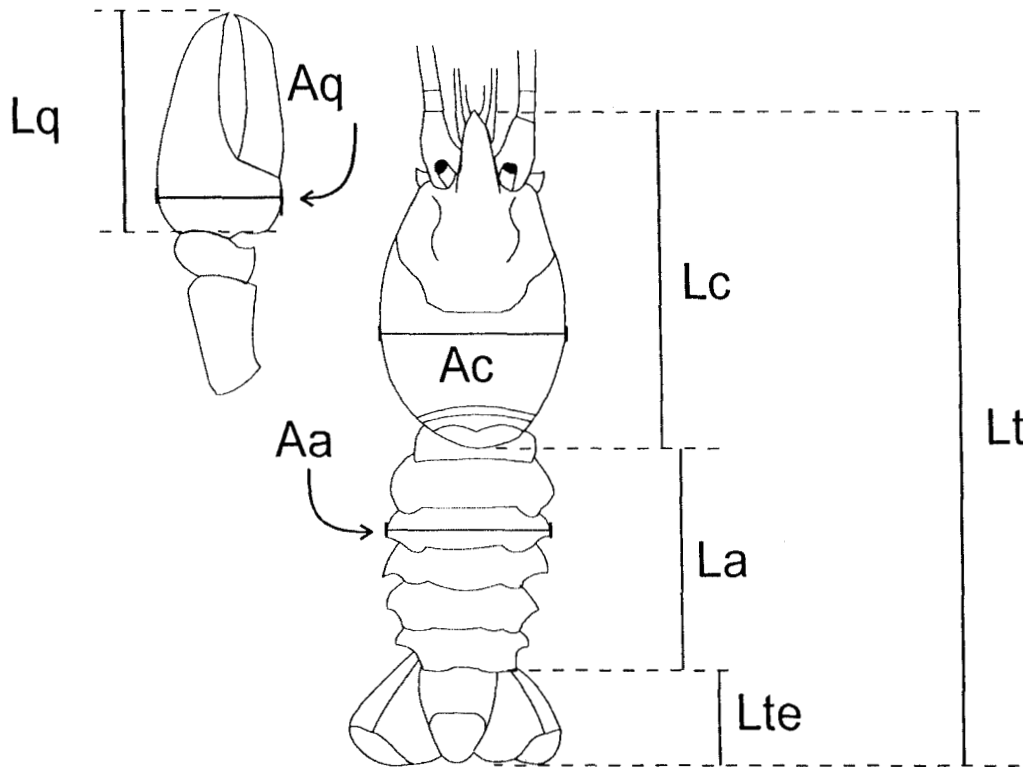


Figura 3. Medidas morfométricas de *Cherax quadricarinatus*. (Modificado de Rhodes y Holdich, 1979)

Se calcularon los parámetros de las relaciones alométricas entre la longitud total (Lt) tomada como variable independiente y cada una de las otras siete variables tomadas como variables dependientes de la forma:

$$Y_{ij} = a_i L_{tj}^{b_i}$$

donde: L_{tj} es la longitud total del individuo j , Y_{ij} es la variable i del individuo j y a_i y b_i son los parámetros de la relación alométrica entre la longitud total y la variable i (Hartnoll, 1978).

Los datos fueron organizados en dos matrices por sexo, cada una con ocho columnas (una por cada variable) y distinto número de renglones, uno por cada individuo muestreado, la matriz resultante se llamó **Datos Originales**. Con estos datos, y uniendo ambas matrices (hembras y machos) se procedió a realizar los análisis de componentes principales y de correspondencias.

Por otra parte, se realizó un filtrado de los datos, cuya finalidad fue evitar el efecto de la talla, mediante la aplicación de la fórmula propuesta por Lombarte y Leonart (1993) de la forma siguiente:

$$Z_{ij} = Y_{ij} [X_0 / X_j]^{b_i}$$

donde Z_{ij} es el valor que toma la variable Y_{ij} una vez transformada, y X_0 representa un valor de referencia de la talla a la cual se reducen o amplían todos los individuos. Dicho valor de referencia, en este estudio, fue establecido a 90 mm. Una consecuencia de este proceso es la pérdida de la primera columna (L_t) de los valores, al convertirse en X_0 en todas las filas. Estos datos fueron transformados de acuerdo con los parámetros de alometría calculados para cada sexo y luego agrupados en una sola matriz, a la que se llamo **Datos Filtrados**. De igual manera con esta matriz se realizaron los análisis de componentes principales y de correspondencia.

- **Crecimiento en longitud**

Durante la etapa de mantenimiento de la población inicial (20 organismos con una proporción de sexos 1:1), desovaron dos hembras, las cuales se colocaron en acuarios separados con el fin de realizar un seguimiento del desarrollo embrionario. Se obtuvo una cohorte de 100 organismos a la cual se le midió la longitud total y peso de Mayo de 1997 a Enero de 1998. Con las medidas promedio de longitud total (mm) y peso (mg) registradas mensualmente, se realizó un análisis de varianza verificando previamente los supuestos de homocedasticidad de varianzas para las variables longitud total y peso entre los sexos de *C. quadricarinatus*. Esto se efectuó con el objeto de determinar la existencia de diferencias significativas ($\alpha > 0.05$). Posteriormente se obtuvo la relación talla-peso de la forma: $W = a(Lt)^b$. Donde **W** es el peso húmedo (g) y **Lt** es la longitud total (mm), **a** y **b** son los parámetros del modelo. Previa verificación del crecimiento isométrico a través del modelo anterior, se obtuvieron los parámetros del crecimiento del modelo de von Bertalanffy, utilizando el método propuesto por Prager (1987).

Con el fin de verificar la existencia o no de diferencias entre los parámetros del crecimiento de las hembras y los machos se utilizó la prueba de T^2 de Hotelling (Bernard, 1981).

- **Respuestas fisiológicas**

Nueve organismos adultos provenientes del sistema de mantenimiento (Fig. 2) y en periodo de intermuda, fueron utilizados para el estudio fisiológico, el cual tuvo una duración de 39 días. Para



este estudio, se diseñó y construyó un sistema, constituido por 10 cámaras con una capacidad de 10 L y un volumen útil de 9 L. Cada cámara tenía una entrada de agua, una de aire conectada al final a una piedra difusora, y una salida tipo vertedero para mantener el nivel de agua (Fig. 5). El flujo se ajustó a 1 L/min. Todas las salidas de agua se conectaron a la red de drenado comunicada con la cisterna del filtro biológico y ésta se conectó a su vez, con la cisterna de almacenamiento. Desde dicha cisterna se bombeó al depósito de distribución superior mediante una bomba sumergible de 1/3 H.P. Posteriormente, el agua regresaba nuevamente hasta las cámaras de experimentación (Fig. 4). Con la finalidad de controlar la temperatura del agua, se instaló un enfriador (AquaChiller) con una bomba de 1/30 HP, conectado entre la cisterna del filtro biológico y la de almacenamiento. La temperatura se mantuvo con un valor promedio de 29.0 ± 0.5 °C.

En la figura 5 se muestra el detalle de una de las cámaras del sistema.


COORDINACION DE SERVICIOS
DOCUMENTALES - BIBLIOTECA

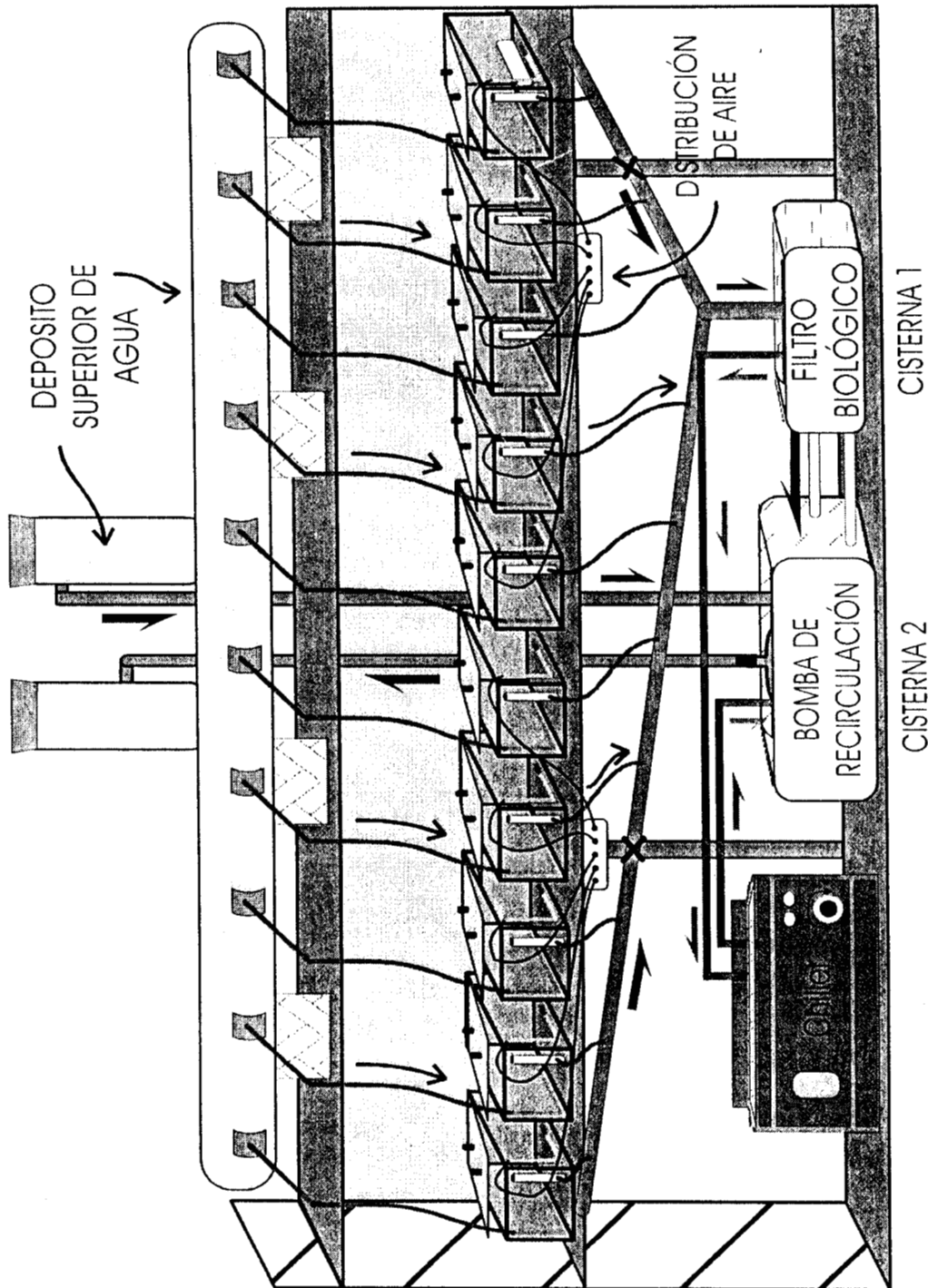


Figura 4. Sistema utilizado para la determinación de las respuestas fisiológicas

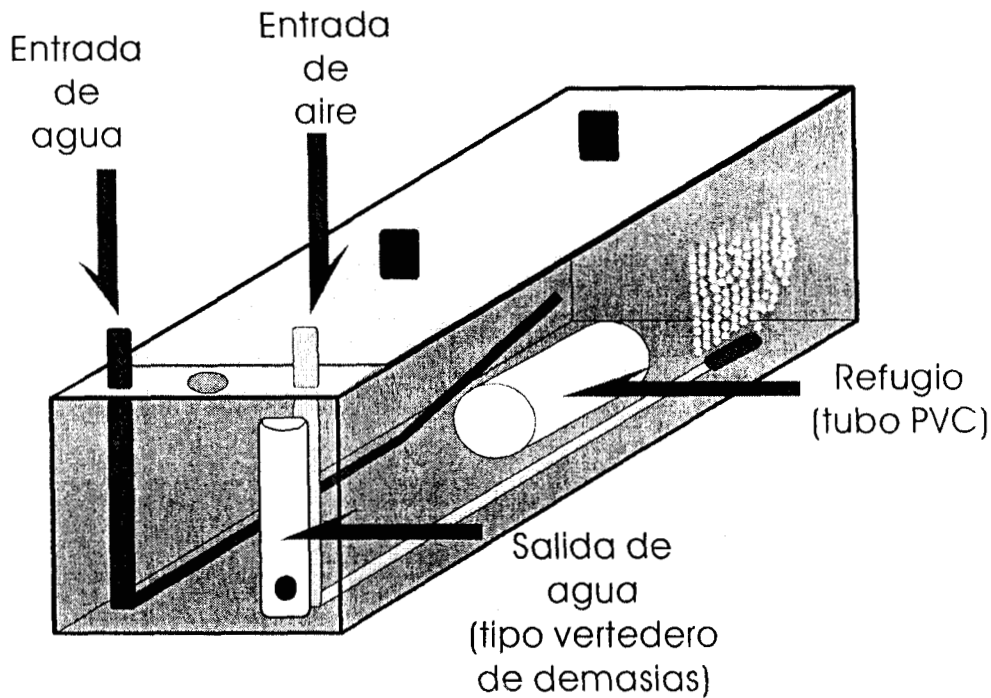


Figura 5. Detalle de las cámaras del sistema.

Fase de acondicionamiento y experimentación

Las cámaras se limpiaron diariamente al término del periodo de alimentación. Esta actividad, tuvo por objeto la recolecta de muestras de alimento remanente y de las heces producidas, como se explicará más adelante. Asimismo se realizó una segunda limpieza durante la mañana siguiente, con la finalidad de recolectar el resto de las heces producidas por cada organismo. El registro de la temperatura del agua se realizó de manera continua mediante un tele-termómetro (YSI modelo 44TD), cuyo sensor se colocó dentro del depósito de distribución superior. La concentración de oxígeno disuelto se midió

antes de la limpieza matutina mediante el oxímetro descrito anteriormente. También se tomaron muestras de 250 ml de agua para determinar la dureza y la alcalinidad (Hach 2000). Ambos parámetros sólo se evaluaron al principio y al final de esta etapa. El pH y la concentración de nitrógeno amoniacal total ($N-NH_4^+$) se evaluaron cada tercer día; el pH mediante un potenciómetro, el amonio, mediante la técnica del azul de indofenol (Lind, 1985). El porcentaje de amonio no-ionizado ($N-NH_3$) se calculó acorde a Emerson *et al.* (1975).

Determinación de las tasas fisiológicas

Las diferentes tasas fisiológicas se midieron inicialmente en nueve organismos adultos de ambos sexos, cinco hembras y cuatro machos, aclimatados a las condiciones de laboratorio y en periodo de intermuda. Este período se estableció en el lapso comprendido entre 1 a 3 días después de ocurrida la muda y 1 a 3 días antes de que ocurriera la siguiente muda. Posteriormente la evaluación fue realizada en ocho organismos, debido a que durante el período de experimentación un macho murió, el valor promedio de peso húmedo (PH) para las hembras fue de 44.9 ± 10.7 g, mientras que para los machos el valor fue de 44.1 ± 14.4 g, no existiendo diferencia significativa ($p > 0.05$).

Tasa de ingestión (I)

Con el fin de determinar la tasa de ingestión del alimento, se suministró éste (**As**) siempre a una misma hora, durante todo el periodo de experimentación. La ración se calculó en un 4.7% de la biomasa del organismo, en peso húmedo. Se empleó una cámara

testigo sin organismo, cuya ración fue el promedio de las nueve raciones suministradas a los especímenes. El periodo de alimentación fue de 3 horas, al cabo del cual y mediante el uso de un sifón, se recogió el alimento remanente (**Ar**) colocando al final del sifón pequeños lienzos de malla con una abertura de 0.05 mm, previamente pesados y marcados. Para la cámara testigo se empleó el mismo procedimiento. Los datos obtenidos se utilizaron para corregir los valores de ingestión debidos a la lixiviación del alimento dentro de las cámaras.

Las muestras recolectadas se deshidrataron a 60 °C hasta peso constante en un horno (Felisa). El peso seco del alimento suministrado y del remanente se obtuvo en una balanza analítica (Sartorius). Finalmente la tasa de ingestión (**I**), se calculó por diferencia entre el peso del alimento suministrado y el del alimento remanente ($I = A_s - A_r$), y los valores se expresaron en mg PS día⁻¹. (PS = peso seco).

Tasa de producción de heces (**H**)

Las heces producidas se recolectaron 24 horas después, utilizando el método del sifón anteriormente descrito, seguido del recambio de agua de los acuarios. La deshidratación de las muestras obtenidas se realizó de igual forma que las del alimento. Los valores se expresaron en mg PS día⁻¹.

Tasa de asimilación (**A**)

La tasa de asimilación se calculó por diferencia entre los valores de ingestión (**I**) y de producción de heces (**H**) y se expresó en mg PS día⁻¹.

Eficiencia de asimilación (Ef. A)

La eficiencia (%) de asimilación se calculó utilizando la fórmula: $(A / I) * 100$, previa transformación de los valores de las tasas de ingestión (I) y de asimilación (A) en sus correspondientes unidades calóricas.

Tasa de respiración (R)

222476

La tasa respiratoria se evaluó a través de la medición del metabolismo de rutina. El consumo de oxígeno se midió en un sistema de cámaras flexibles diseñada *ex profeso*, la cual tenía una entrada y una salida de agua y un cerrado hermético. Los organismos fueron colocados individualmente en cada cámara por un periodo de 30 min. Se tomó una muestra inicial (M_1) de agua, se desconectó el aire y al término del periodo de incubación (30 min), se tomó la muestra final (M_2). La tasa de consumo de oxígeno de los acociles se calculó por diferencia entre las concentraciones de M_1 y M_2 medidas con la utilización del oxímetro descrito anteriormente, y expresadas en $\text{mg O}_2 \text{ h}^{-1}$, posteriormente los organismos se pesaron (g, PH). El peso final se utilizó para la transformación de los valores del consumo de oxígeno a su equivalente de consumo peso específico ($\text{mg O}_2 \text{ día}^{-1} \text{g}^{-1} \text{PH}$). Los valores fueron corregidos por los obtenidos en la cámara testigo, sin organismo.

Tasa de extracción de oxígeno (TE; %)

La tasa de extracción de oxígeno de los organismos en estudio, se calculó utilizando la fórmula: $TE = \{(O_{2M1} - O_{2M2}) / O_{2M1}\} * 100$ donde O_{2M1} y O_{2M2} se refieren a la concentración de oxígeno disuelto (mg/L) de las muestras inicial y final. Esta tasa se define como la capacidad de los organismos para obtener una fracción del oxígeno disuelto en el medio que los rodea.

Tasa de excreción amoniaca (U)

La excreción nitrogenada se evaluó a partir de la medición del amonio total (N-NH_4^+) excretado, ya que es el principal producto de excreción en crustáceos acuáticos (Regnault, 1987). Dicha evaluación se realizó en las mismas muestras de agua (M_1 y M_2) que se emplearon para medir la concentración de oxígeno. La concentración se evaluó mediante la técnica del azul de indofenol (Lind, 1985).

La tasa de excreción se calculó por diferencia entre las concentraciones de $M_2 - M_1$. El valor de la excreción peso específica ($\text{mg N-NH}_4^+ \text{ día}^{-1} \text{g}^{-1}$) se obtuvo mediante la relación entre el peso final (g, PH) de los organismos y su correspondiente excreción amoniaca.

Tasa de muda (M)

La tasa de muda se determina mediante la relación del número de ecdisis durante un periodo definido de tiempo. En este estudio dicho periodo fue de 32 días. Para este estudio, la determinación de esta tasa no fue contemplada de inicio, ya que los organismos durante la evaluación se encontraban en periodo de intermuda.

Integración energética

Una vez obtenidos los valores en mg día^{-1} de todas las tasas fisiológicas, se procedió a transformarlos en su equivalente calórico.

El contenido calórico del alimento suministrado (As) y del remanente (Ar) así como el de las heces (H), fue determinado en el Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, mediante la combustión del material en una bomba calorimétrica, reportando los valores como

energía bruta (Kcal/g). Para determinar los valores calóricos de las tasas de consumo de oxígeno y de excreción amoniaca se utilizaron los equivalentes calóricos propuestos por Elliot y Davison (1975), de 3.32 y 5.94 cal/mg, para el oxígeno y el nitrógeno respectivamente, expresando finalmente todos los valores en unidades de energía / tiempo (cal día^{-1}). Una vez transformados los valores se integraron en la ecuación del balance energético propuesta por Warren y Davis (1967):

$$I = R + H + U + M + P$$

modificada para este estudio, ya que los organismos utilizados se encontraban en periodo de intermuda, de la forma:

$$I = R + H + U + P$$

finalmente para calcular la fracción de la energía canalizada al campo de crecimiento (**P**), la cual es el resultado de la energía adquirida menos la suma de las pérdidas, la ecuación se reestructuro de la siguiente manera:

$$P = I - (R + H + U)$$

El valor del campo de crecimiento (**P**) fue utilizado para calcular las eficiencias de crecimiento bruta (K_1) y neta (K_2). Ambas eficiencias se calcularon empleando las fórmulas propuestas por Klekowski y Duncan (1975):

- Eficiencia de crecimiento bruta = $K_1 = \{P/I\} \times 100$
- Eficiencia de crecimiento neta = $K_2 = \{P/A\} \times 100$

donde P es el valor del campo de crecimiento, A e I son los valores para las tasas de asimilación e ingestión, respectivamente.

RESULTADOS

Calidad del agua

Sistema de mantenimiento

En las Tablas 3 y 4 se muestran los valores de los parámetros: temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto (mg/L), pH, nitrógeno amoniacal total (N-NH_4^+) y amonio no-ionizado (N-NH_3), registrados en los estanques **a** y **b** durante el periodo de mantenimiento.

Tabla 3. Valores promedio mensuales (\pm desviación estándar), de los parámetros fisicoquímicos, registrados en el estanque "A" del sistema de mantenimiento.

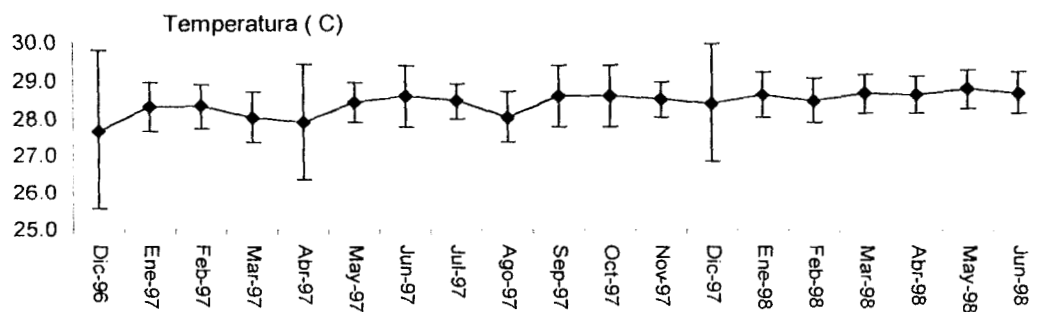
Estanque "A"					
Fecha	Temp. $^{\circ}\text{C}$	O_2 Disuelto mg/L	pH	N-NH_4^+ mg/L	N-NH_3 mg/L
Dic-96	27.7(± 2.12)	5.64(± 0.29)	8.8(± 0.14)	0.098(± 0.040)	0.022(± 0.010)
Ene-97	28.3(± 0.65)	5.79(± 0.15)	8.5(± 0.13)	0.069(± 0.042)	0.021(± 0.010)
Feb-97	28.3(± 0.60)	5.67(± 0.38)	8.7(± 0.14)	0.065(± 0.042)	0.014(± 0.011)
Mar-97	28.0(± 0.68)	5.74(± 0.14)	8.5(± 0.12)	0.154(± 0.041)	0.029(± 0.010)
Abr-97	27.9(± 1.54)	5.46(± 0.15)	8.6(± 0.14)	0.138(± 0.041)	0.031(± 0.011)
May-97	28.4(± 0.52)	5.56(± 0.24)	8.6(± 0.15)	0.086(± 0.037)	0.019(± 0.010)
Jun-97	28.6(± 0.81)	5.83(± 0.15)	8.7(± 0.11)	0.075(± 0.038)	0.017(± 0.011)
Jul-97	28.5(± 0.46)	5.40(± 0.14)	8.5(± 0.16)	0.091(± 0.038)	0.028(± 0.011)
Ago-97	28.0(± 0.68)	5.73(± 0.19)	8.6(± 0.12)	0.101(± 0.040)	0.021(± 0.011)
Sep-97	28.6(± 0.81)	5.74(± 0.16)	8.7(± 0.17)	0.088(± 0.041)	0.012(± 0.012)
Oct-97	28.6(± 0.81)	5.77(± 0.16)	8.2(± 0.18)	0.059(± 0.043)	0.012(± 0.012)
Nov-97	28.5(± 0.47)	5.66(± 0.15)	8.6(± 0.09)	0.147(± 0.040)	0.032(± 0.012)
Dic-97	28.4(± 0.95)	5.42(± 0.15)	8.5(± 0.10)	0.095(± 0.042)	0.020(± 0.012)
Ene-98	28.6(± 0.61)	5.20(± 0.30)	8.6(± 0.09)	0.086(± 0.044)	0.026(± 0.013)
Feb-98	28.5(± 0.58)	5.41(± 0.14)	8.7(± 0.10)	0.094(± 0.045)	0.020(± 0.014)
Mar-98	28.7(± 0.49)	5.43(± 0.14)	8.8(± 0.08)	0.189(± 0.047)	0.040(± 0.015)
Abr-98	28.6(± 0.49)	5.83(± 0.15)	8.7(± 0.09)	0.115(± 0.041)	0.025(± 0.017)
May-98	28.8(± 0.50)	5.73(± 0.18)	8.7(± 0.08)	0.167(± 0.057)	0.052(± 0.019)
Jun-98	28.7(± 0.54)	5.57(± 0.17)	8.7(± 0.10)	0.087(± 0.044)	0.018(± 0.018)

Tabla 4. Valores promedio mensuales (\pm desviación) estándar, de los parámetros fisicoquímicos, registrados en el estanque "B" del sistema de mantenimiento.

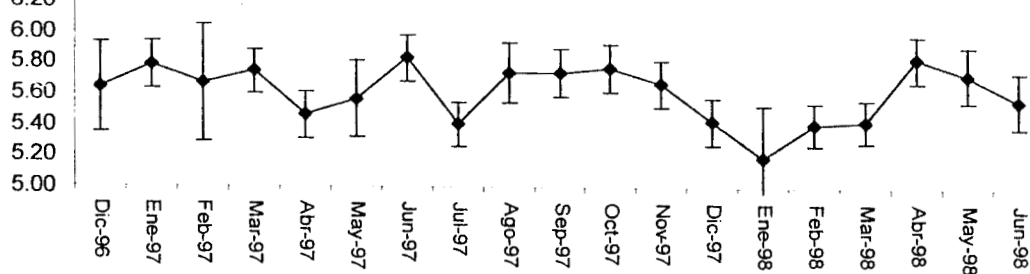
Estanque "B"					
Fecha	Temp. °C	O ₂ Disuelto mg/L	pH	N-NH ₄ ⁺ mg/L	N-NH ₃ mg/L
Dic-96	27.8(\pm 2.09)	5.65(\pm 0.34)	8.8(\pm 0.14)	0.098(\pm 0.040)	0.020(\pm 0.010)
Ene-97	28.3(\pm 0.65)	5.37(\pm 0.16)	8.5(\pm 0.13)	0.069(\pm 0.042)	0.023(\pm 0.010)
Feb-97	28.4(\pm 0.60)	5.69(\pm 0.35)	8.7(\pm 0.14)	0.065(\pm 0.042)	0.013(\pm 0.011)
Mar-97	28.1(\pm 0.66)	5.45(\pm 0.31)	8.5(\pm 0.14)	0.154(\pm 0.041)	0.029(\pm 0.010)
Abr-97	27.9(\pm 1.53)	5.42(\pm 0.18)	8.6(\pm 0.14)	0.187(\pm 0.039)	0.028(\pm 0.011)
May-97	28.4(\pm 0.51)	5.66(\pm 0.18)	8.6(\pm 0.15)	0.086(\pm 0.037)	0.020(\pm 0.010)
Jun-97	28.6(\pm 0.81)	5.62(\pm 0.20)	8.7(\pm 0.15)	0.075(\pm 0.038)	0.016(\pm 0.011)
Jul-97	28.5(\pm 0.46)	5.50(\pm 0.31)	8.5(\pm 0.16)	0.091(\pm 0.038)	0.025(\pm 0.011)
Ago-97	28.1(\pm 0.68)	5.60(\pm 0.27)	8.6(\pm 0.16)	0.103(\pm 0.040)	0.022(\pm 0.011)
Sep-97	28.7(\pm 0.91)	5.46(\pm 0.16)	8.7(\pm 0.17)	0.083(\pm 0.041)	0.010(\pm 0.012)
Oct-97	28.6(\pm 0.81)	5.48(\pm 0.19)	8.2(\pm 0.18)	0.054(\pm 0.043)	0.015(\pm 0.012)
Nov-97	28.5(\pm 0.46)	5.56(\pm 0.21)	8.6(\pm 0.09)	0.143(\pm 0.040)	0.027(\pm 0.012)
Dic-97	28.4(\pm 1.55)	5.48(\pm 0.17)	8.5(\pm 0.10)	0.095(\pm 0.042)	0.024(\pm 0.012)
Ene-98	28.6(\pm 0.60)	5.18(\pm 0.31)	8.6(\pm 0.06)	0.086(\pm 0.044)	0.029(\pm 0.013)
Feb-98	28.5(\pm 0.56)	5.53(\pm 0.18)	8.7(\pm 0.04)	0.094(\pm 0.043)	0.023(\pm 0.014)
Mar-98	28.6(\pm 0.48)	5.35(\pm 0.13)	8.8(\pm 0.05)	0.182(\pm 0.044)	0.039(\pm 0.015)
Abr-98	28.6(\pm 0.46)	5.46(\pm 0.19)	8.7(\pm 0.04)	0.115(\pm 0.041)	0.027(\pm 0.017)
May-98	28.8(\pm 0.47)	5.38(\pm 0.16)	8.7(\pm 0.04)	0.163(\pm 0.057)	0.047(\pm 0.019)
Jun-98	28.8(\pm 0.59)	5.55(\pm 0.20)	8.7(\pm 0.02)	0.087(\pm 0.041)	0.015(\pm 0.018)

A continuación se presentan las gráficas correspondientes a las tablas 3 y 4, para cada parámetro y por estanque.

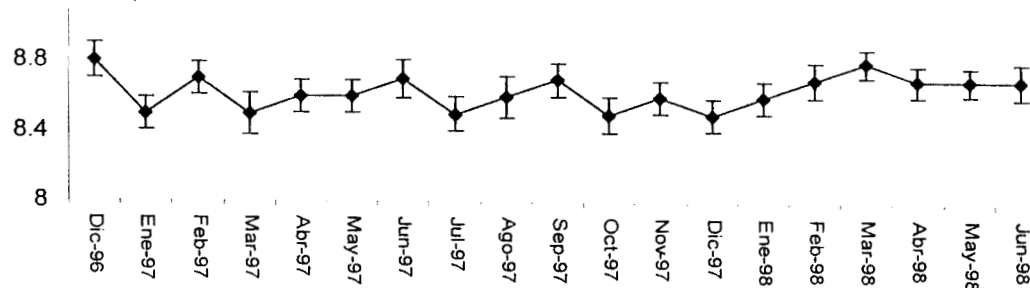
Resultados para el Estanque "A".



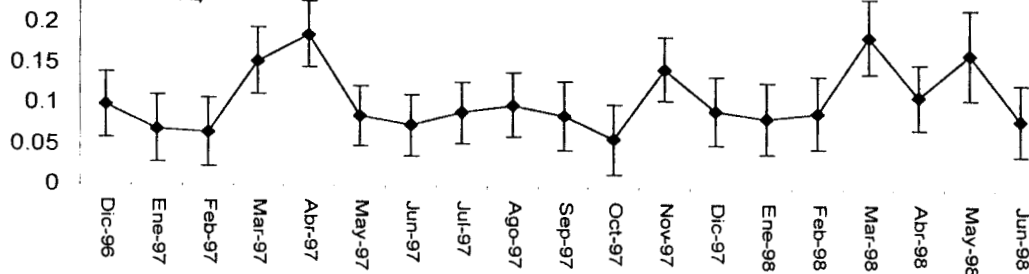
Oxígeno disuelto (mg/L)



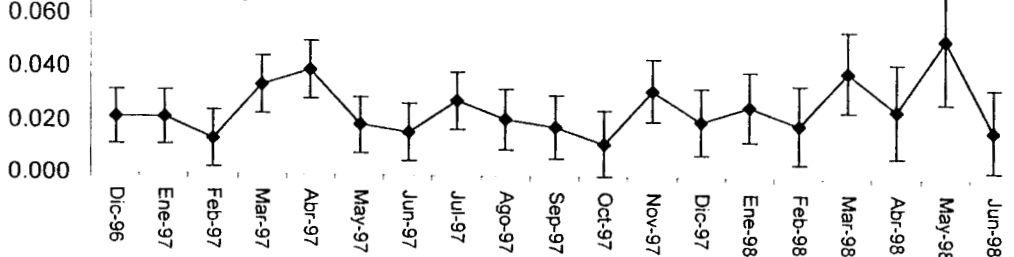
pH



N-NH₄⁺

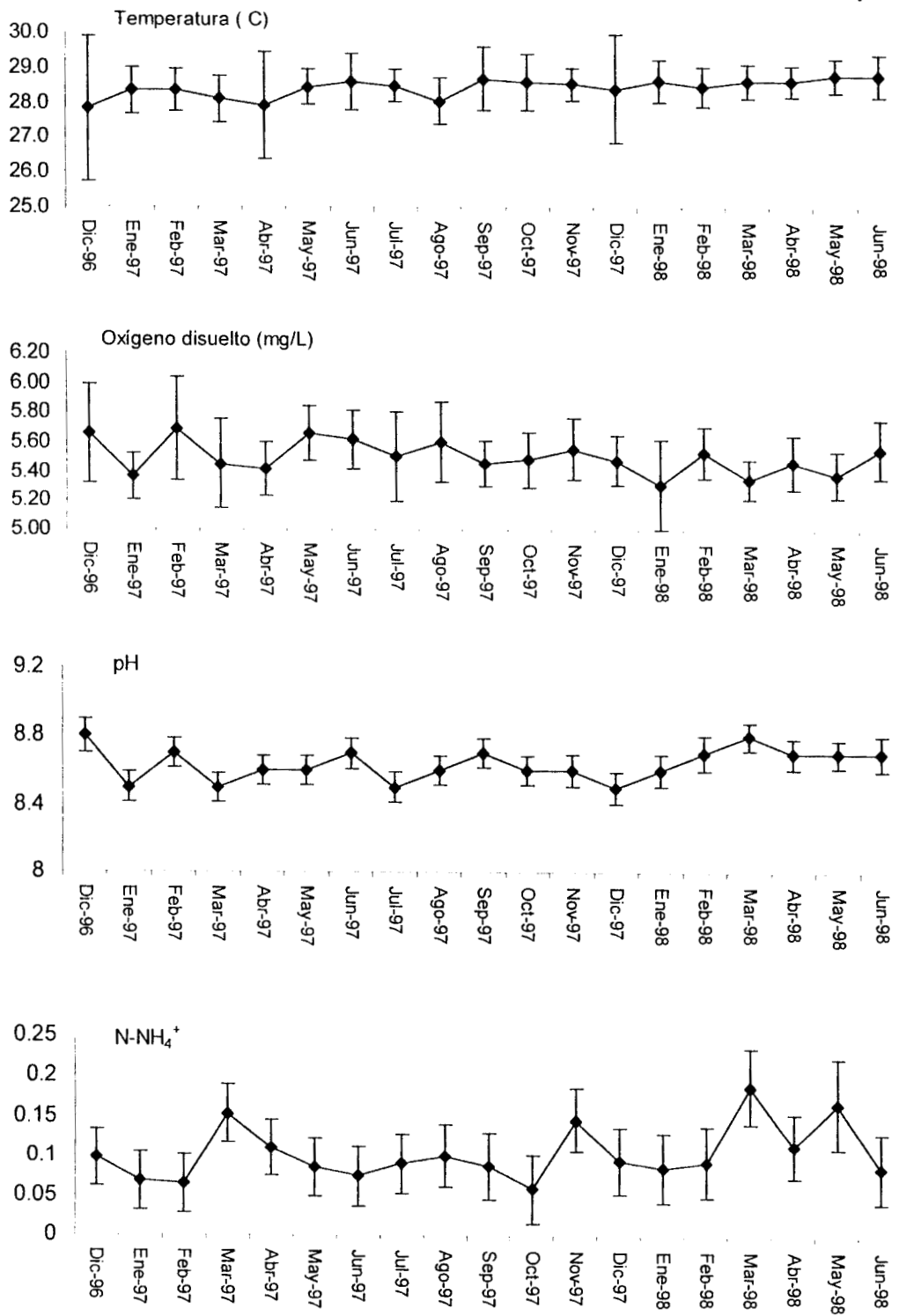


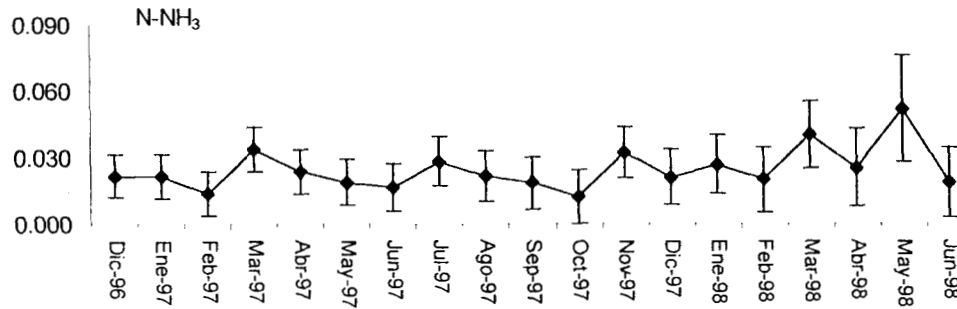
N-NH₃



SERVICIO DE DOCUMENTACIÓN DE SERVICIOS
 BIBLIOTECA

Resultados para el Estanque "B".





El análisis de las gráficas, muestra que en el caso de la temperatura del agua existió una mayor variación, en ambos estanques, durante los primeros meses de 1997, a partir del mes de septiembre los valores tienden a estabilizarse. Se realizó una prueba de hipótesis, con los valores promedio registrados, sin encontrar diferencias significativas a ($p > 0.05$), por lo tanto el valor promedio para ambos estanques fue de $28.42(\pm 0.29)$ °C. En el caso del oxígeno disuelto, el estanque B presenta una menor fluctuación, el valor promedio para ambos estanques fue de $5.55(\pm 0.15)$ mg/L. Los valores del pH presentan un comportamiento estable, manteniendo un carácter alcalino, con un valor promedio total de $8.61(\pm 0.14)$.

Finalmente el nitrógeno amoniacal total ($N-NH_4^+$) y el nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$), presentaron valores promedio durante el estudio, de $0.105(\pm 0.036)$ mg/L para el amonio, mientras que para el amoniaco ($N-NH_3$), el valor fue de $0.024 (\pm 0.009)$ mg/L.

Crecimiento relativo

La Tabla 5, muestra los valores promedio de longitud total utilizados para la determinación del crecimiento relativo, dichos valores son el resultado del seguimiento que por 19 meses, se realizó

con los organismos adultos del sistema de mantenimiento. El intervalo de talla así como el valor promedio en las hembras es mayor que en los machos, aunque al comparar el valor de la varianza entre sexos no se presentaron diferencia significativas ($p > 0.05$).

Tabla 5. Resultados de la evaluación morfométrica, durante 19 meses, de 20 organismos adultos de *C. quadricarinatus*.

Sexo	n	Promedio (mm)	Varianza	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
Hembras	92	100.61	637.41	44	140
Machos	95	95.35	655.06	42	135

Los resultados del cálculo de los parámetros de las relaciones alométricas se presentan en la tabla 6. Cabe hacer mención en este caso y para facilitar el análisis, las variables fueron designadas por sus números correspondientes. El valor del tipo de alometría (+ o -), se refiere a la relación entre el crecimiento de cada una de las variables con respecto a la longitud total.

Los valores registrados para las variables del crecimiento relativo no presentaron diferencias significativas entre los sexos ($p > 0.05$), la mayoría de las variables tienen un crecimiento alométrico positivo, a excepción de la longitud abdominal (Var.2) y la longitud del telson (Var.4). La prueba de t de student (t_s) empleada en la comparación entre los sexos fue significativa en todos los casos ($p < 0.05$).

Tabla 6. Comparación de los parámetros y relaciones alométricas entre los sexos.

Hembras						
Variable	b	r	V_b	t_b	Tipo de alometría	t_s
2	0.777	0.938	0.001	-2.44 E 02 *	-	75.5223 *
3	1.208	0.986	0.000	4.60 E 02 *	+	-2126.86 *
4	0.992	0.949	0.001	-6.67 E 00 *	-	1274.20 *
5	1.052	0.991	0.000	2.22 E 02 *	+	-7535.50 *
6	1.112	0.989	0.000	3.55 E 02 *	+	-1510.24 *
7	1.221	0.953	0.002	1.31 E 02 *	+	-5935.75 *
8	1.357	0.910	0.004	8.38 E 01 *	+	-3942.94 *
Machos						
2	0.776	0.969	0.000	-5.26 E 02 *	-	75.5223 *
3	1.228	0.987	0.000	5.48 E 02 *	+	-2126.86 *
4	0.951	0.920	0.002	-2.78 E 01 *	-	1274.20 *
5	1.102	0.986	0.000	2.67 E 02 *	+	-7535.50 *
6	1.126	0.981	0.001	2.31 E 02 *	+	-1510.24 *
7	1.467	0.957	0.002	2.17 E 02 *	+	-5935.75 *
8	1.792	0.923	0.006	1.33 E 02 *	+	-3942.94 *

Clave: Variable 2; Longitud abdominal, 3; longitud cefálica, 4; longitud del telson, 5; Amplitud cefálica, 6; Amplitud abdominal, 7; Longitud de la quela, 8; Amplitud de la quela. * ($p < 0.05$). b; pendiente, r; coeficiente de correlación, V_b; error estándar de b, t_b; t de student de b, t_s; t de student entre sexos.

Los resultados de los análisis multivariantes empleados (Tabla 7), muestran que en el caso del análisis de componentes principales con los valores originales, el porcentaje acumulado de la varianza en el primer y segundo ejes son muy elevados, debido a que existe un efecto de talla, lo cual se corrobora al observar los valores de la matriz de correlaciones entre las variables (Tabla 8), siendo estos altamente significativos, con todos los valores cercanos a la unidad y positivos, hecho que habla de variación en la talla y no en la forma (Cuadras, 1991).

Al graficar los valores obtenidos (Fig. 6) se observó en la región positiva de la gráfica, una clara separación de los sexos; los machos (triángulos negros) en la sección superior y las hembras (triángulos blancos) en la sección inferior, a diferencia de lo que se observa en

la región negativa del gráfico, mostrando una mezcla de los sexos. El segundo eje, que representa el 3.84% de la varianza, está explicado principalmente por la amplitud de la quela (Tabla 10), variable que diferencia a los sexos, cuando estos aumentan su talla.

Tabla 7. Valores del % acumulado de la varianza en los tres primeros ejes de los análisis de multivariados realizados.

CO correlación. CP componentes principales. **222476**

Tipo de análisis	Tipo de Datos	Eje 1	Eje 2	Eje 3
CO	Originales	78.09	86.16	92.63
CO	Filtrados	65.48	80.88	90.13
CP	Originales	92.43	96.27	97.92
CP	Filtrados	36.67	57.10	71.90

En oposición a los resultados anteriores, la matriz de correlación de los datos filtrados muestra valores con baja correlación y de diferente signo (Tabla 9). Hecho que nos habla de la diferencia en la forma (Cuadras, 1991).

Tabla 8. Matriz de correlación para los análisis con los datos originales.

Var	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1							
2	0.952	1						
3	0.983	0.925	1					
4	0.916	0.877	0.923	1				
5	0.984	0.949	0.982	0.919	1			
6	0.980	0.938	0.978	0.912	0.988	1		
7	0.931	0.882	0.944	0.878	0.943	0.919	1	
8	0.827	0.782	0.857	0.801	0.841	0.810	0.922	1

Clave: 1 Longitud total; 2 Longitud abdominal; 3 Longitud cefálica; 4 Longitud del telson; 5 Amplitud cefálica; 6 Amplitud abdominal; 7 Longitud de la quela; 8 Amplitud de la quela.

La tabla 9. Matriz de correlación para los análisis con los datos filtrados.

Var	2	3	4	5	6	7	8
2	1						
3	-0.227	1					
4	0.055	0.192	1				
5	0.282	0.388	0.126	1			
6	0.129	0.320	0.093	0.730	1		
7	0.013	0.364	0.123	0.405	0.188	1	
8	0.005	0.460	0.210	0.217	0.041	0.579	1

Clave: 2 Longitud abdominal; 3 Longitud cefálica; 4 Longitud del telson; 5 Amplitud cefálica; 6 Amplitud abdominal; 7 Longitud de la quela; 8 Amplitud de la quela.

Los valores obtenidos para la varianza en los dos primeros ejes, del análisis de componentes principales con los datos filtrados (36.67 y 20.42%) respectivamente, explican pobremente la variabilidad de los datos, lo que permite descartar este análisis (Tabla 7).

Para el análisis de correspondencia con el filtrado de los individuos de cada grupo, se explica satisfactoriamente la varianza en los dos primeros ejes (Tabla 7), lo que corrobora la existencia de diferencias entre los sexos (Fig. 7).

Tabla 10. Matriz factorial de los análisis multivariados de componentes principales realizados.

CP – Original					CP – Filtrado				
Var	#	Eje (x) 1	Eje (y) 2	Eje 3	Var	#	Eje (x) 1	Eje (y) 2	Eje 3
Lt	1	0.986	-0.105	-0.050					
La	2	0.950	-0.168	-0.129	La	2	0.114	0.634	0.674
Lc	3	0.988	-0.035	-0.004	Lc	3	0.702	-0.337	-0.340
Lte	4	0.940	-0.071	0.327	Lte	4	0.331	-0.136	0.416
Ac	5	0.990	-0.080	-0.043	Ac	5	0.793	0.485	-0.113
Aa	6	0.979	-0.135	-0.038	Aa	6	0.643	0.558	-0.367
Lq	7	0.964	0.187	-0.044	Lq	7	0.708	-0.293	0.204
Aq	8	0.887	0.448	-0.009	Aq	8	0.638	-0.513	0.322

Clave: Lt; longitud total, La; longitud abdominal, Lc; longitud cefálica, Lte; longitud del telson, Ac; amplitud cefálica, Aa; amplitud abdominal, Lq; longitud de la quela, Aq; amplitud de la quela.

La variable que influyó con mayor peso en la separación de los grupos fue la amplitud de la quela y en menor medida, la longitud abdominal (Tabla 11). Es importante resaltar la existencia de cuatro organismos machos (triángulos negros), que se separan claramente de los demás y se ubican en los cuadrantes negativos del gráfico (Fig. 7). Estos organismos perdieron la quela durante su crecimiento, requiriendo la regeneración de la misma, hecho que no les permitió alcanzar el desarrollo de la quela al igual que los demás organismos de su mismo sexo.

Así mismo, para el análisis de correspondencia con los datos originales fueron las variables amplitud de la quela y la longitud abdominal, las que influyeron con mayor peso en la explicación de la varianza (Tabla 11). En la figura 8, se puede observar una separación de los sexos, aunque esta separación no es similar a la mostrada en la figura 7, ya que la influencia del efecto de la talla sigue presente.

Tabla 11. Matriz factorial de los análisis multivariados de correspondencia realizados.

CO - Original					CO - Filtrado				
Var	#	Eje (x) 1	Eje (y) 2	Eje 3	Var	#	Eje (x) 1	Eje (y) 2	Eje 3
Lt	1	-0.035	-0.009	-0.006	La	2	-0.017	-0.004	-0.008
La	2	-0.037	-0.013	-0.010	Lc	3	-0.008	-0.001	-0.005
Lc	3	-0.006	0.002	0.003	Lte	4	-0.011	0.032	0.009
Lte	4	-0.004	0.030	-0.016	Ac	5	-0.013	-0.005	-0.003
Ac	5	-0.001	0.006	0.012	Aa	6	-0.016	-0.005	-0.006
Aa	6	0.001	0.011	0.017	Lq	7	0.010	-0.014	0.020
Lq	7	0.022	-0.009	0.013	Aq	8	0.074	0.004	-0.009
Aq	8	0.111	-0.008	-0.014					

Clave: 1 Longitud total; 2 Longitud abdominal; 3 Longitud cefálica; 4 Longitud del telson; 5 Amplitud cefálica; 6 Amplitud abdominal; 7 Longitud de la quela; 8 Amplitud de la quela.

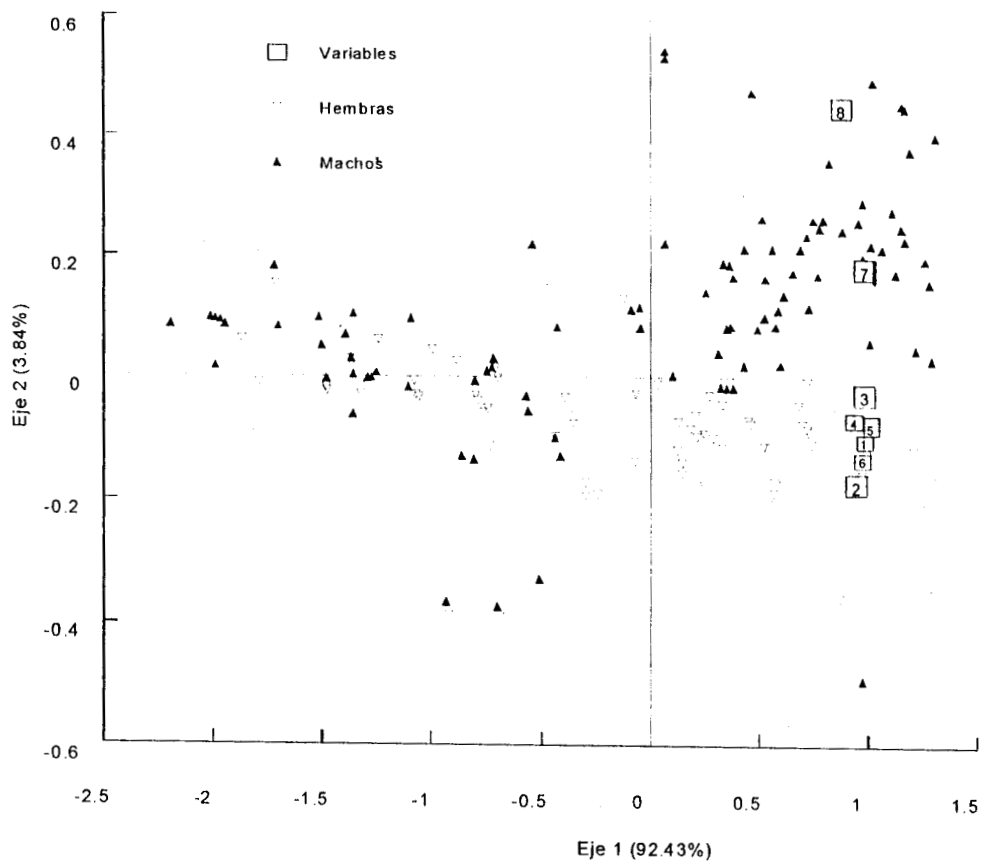


Figura 6. Análisis de componentes principales. Datos originales.

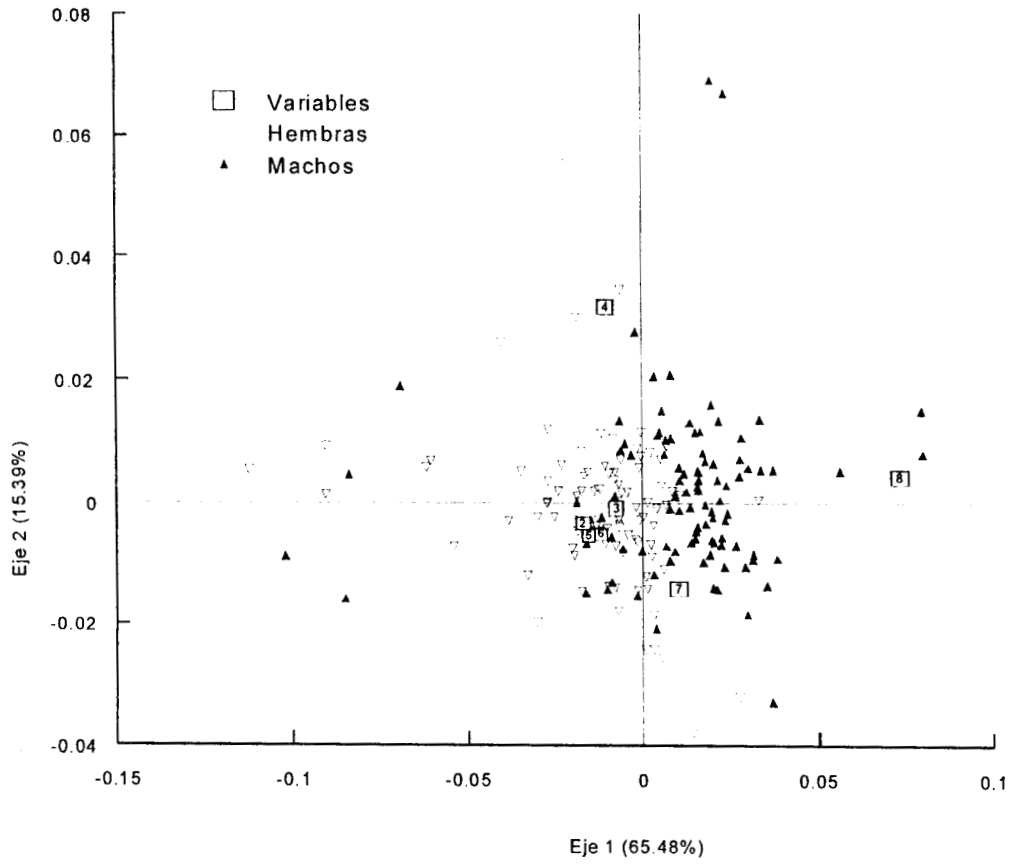


Figura 7. Análisis de correspondencia. Datos filtrados.

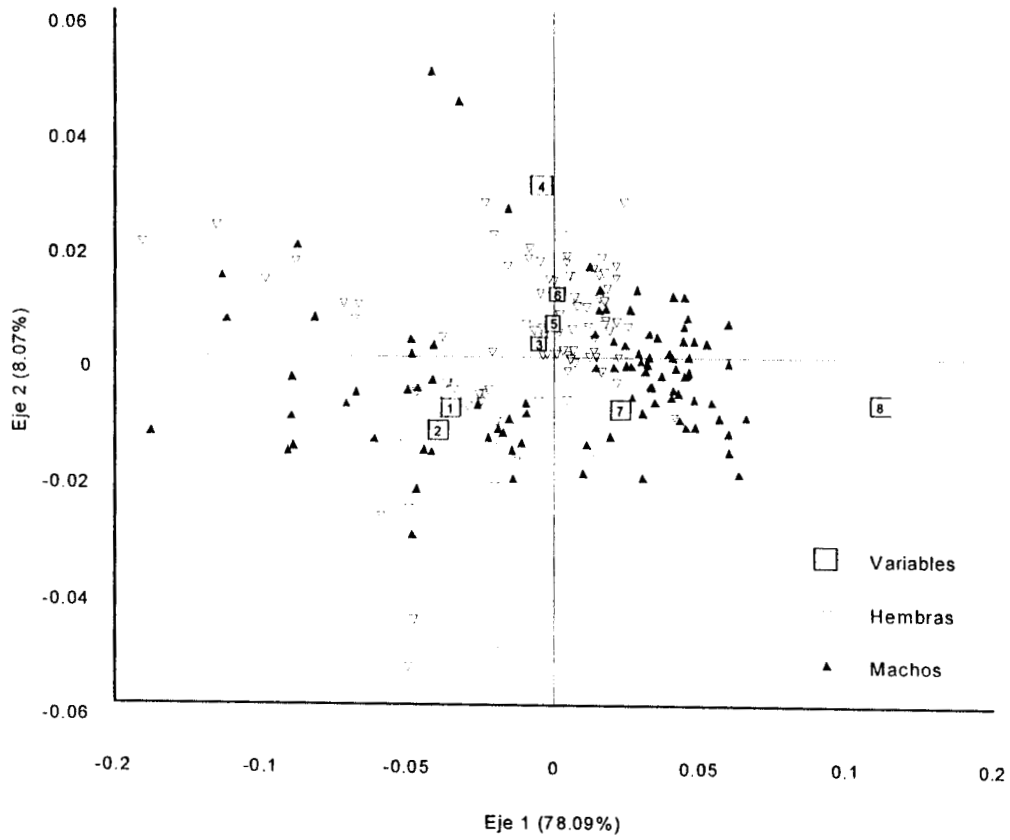


Figura 8. Análisis de correspondencia. Datos originales.

Crecimiento en longitud

Relación talla-peso

La relación talla-peso de *C. quadricarinatus* se describe por el modelo $W = a(Lt)^b$, donde:

$$a = 3.55 \times 10^{-5}$$

$$b = 2.9701$$

$$(n = 355; r^2 = 0.98)$$

y cuyo comportamiento se describe en la figura 9.

El valor de $b = 2.9701$, indica que el tipo de crecimiento descrito para los organismos es muy cercano a la isometría.

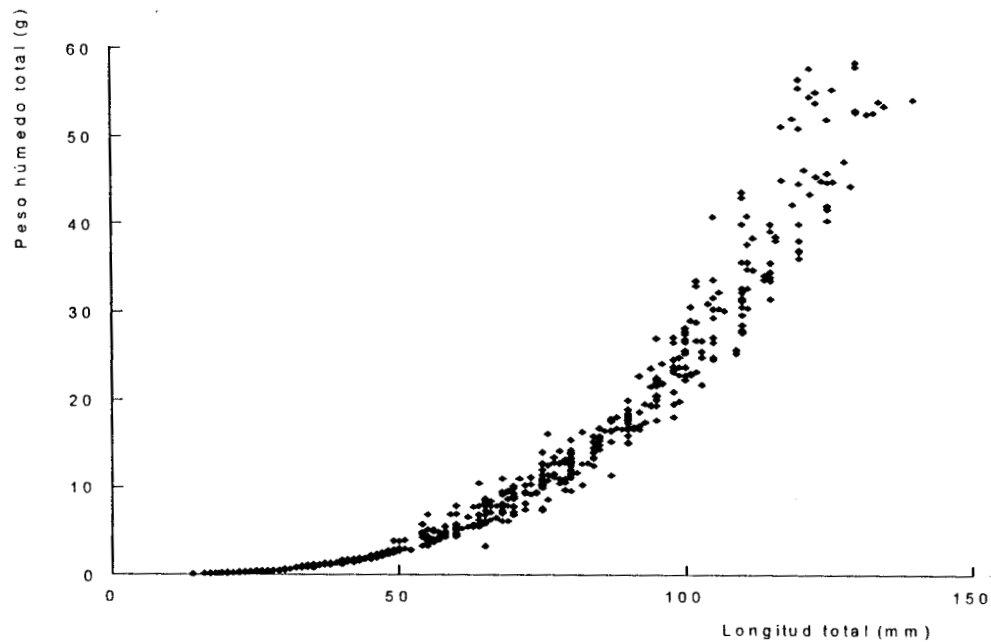


Figura 9. Relación talla-peso de *Cherax quadricarinatus*.

Una vez que se verificó que la especie presenta un crecimiento isométrico ($b \cong 3$), entre el peso y la talla, se utilizó el modelo de von Bertalanffy (1938). Los valores de las longitudes promedio registradas para cada grupo de edad (Tabla 12), fueron utilizadas para conocer los parámetros del modelo (L_{∞} ; k y t_0); los resultados se muestran en la tabla 13.

Los primeros 4 meses de registro no fue posible la diferenciación entre sexos, debido a que los organismos son pequeños y difíciles de sexar (Tabla 12).

Tabla 12. Valores promedio (\pm desviación estándar) de longitud total (Lt, mm) y peso húmedo (PH, g) de organismos juveniles de *Cherax quadricarinatus*, hembras (H) y machos (M).

Fecha	Edad meses	H (Lt mm)	M (Lt mm)	H (g, PH)	M (g, PH)
May-97	1	22.29(± 3.2)	22.29(± 3.2)	0.276(± 0.10)	0.276(± 0.10)
Jun-97	2	34.93(± 7.2)	34.93(± 7.2)	1.15(± 0.66)	1.15(± 0.66)
Jul-97	3	46.13(± 10.9)	46.13(± 10.9)	2.54(± 1.79)	2.54(± 1.79)
Ago-97	4	57.00(± 14.56)	57.00(± 14.56)	4.69(± 3.25)	4.69(± 3.25)
Sep-97	5	66.91(± 16.16)	62.04(± 14.27)	7.85(± 5.38)	6.37(± 4.66)
Oct-97	6	77.83(± 8.47)	70.40(± 9.15)	10.24(± 3.33)	8.34(± 2.97)
Nov-97	7	83.67(± 5.65)	75.80(± 11.69)	12.47(± 2.27)	10.55(± 4.89)
Dic-97	8	86.15(± 2.07)	76.04(± 6.96)	14.06(± 1.27)	11.32(± 3.12)
Ene-97	9	93.10(± 9.96)	81.68(± 14.35)	17.47(± 4.91)	14.29(± 7.11)

Tabla 13. Crecimiento en longitud de *Cherax quadricarinatus*.

Hembras	Machos
$L_{\infty} = 128.8$	$L_{\infty} = 96.44$
$k = 0.140$	$k = 0.199$
$t_0 = -0.308$	$t_0 = -0.332$

Al comparar los valores de L_{∞} (subinfinita) entre los sexos, el valor es mayor para las hembras, lo cual significa que estas pueden alcanzar una mayor talla. El valor de la tasa de crecimiento (k) es menor, lo que representa que los machos alcanzarán más rápidamente la talla asintótica (L_{∞}).

La tabla 14. resume los valores de la varianza calculada por el método de Prager (1987), de los parámetros (L_{∞} ; k y t_0). La prueba T^2 de Hotelling (Bernard, 1981) es considerablemente mayor que el valor tabulado para t ($p > 0.05$), indicando diferencias significativas entre los sexos, con relación a los diferentes parámetros del modelo de von Bertalanffy (Tabla 15).

Tabla 14. Resultados del ajuste de la ecuación del crecimiento propuesta por von Bertalanffy, para hembras y machos de *Cherax quadricarinatus*.

Hembras			Machos		
$L_{\infty} = 128.8$	$k = 0.140$	$t_0 = -0.308$	$L_{\infty} = 96.44$	$k = 0.199$	$t_0 = -0.332$
L_{∞}	k	t_0	L_{∞}	k	t_0
[1.09E + 02	-0.2317	-1.4993]	[1.67E + 01	-0.943E - 01	-0.466]
k	0.5038E - 03	0.352E - 02	k	0.570E - 03	0.31E - 02
t_0		0.331E - 01	t_0		0.23E - 01

Los valores incluyen los parámetros estimados y sus respectivas matrices de varianzas-covarianzas (S).

Tabla 15. Resultados de los análisis multivariados realizados con los valores del crecimiento para hembras y machos de *Cherax quadricarinatus*.

Hembras			Machos		
[0.62E + 02	-1.62E - 01	-0.974]	[7.55E - 02	24.538	2.91E - 01]
[5.38E - 03	3.33E - 03] = S	[14.94E + 03	9.186E + 02] = S ⁻¹
[2.82E - 02]	[1.341E + 02]
33	-0.07	-0.063 = [P _f - P _m]			
$T^2 = 1'720.119^{**}$	$T^2_{0.05, 3.64} \cong 11.8279$		$F_{0.05, 3.64} \cong 3.9$		

Los valores incluyen las matrices de varianza-covarianza (S), su inverso (S⁻¹), la T^2 calculada y los valores de tablas para F y T^2 .

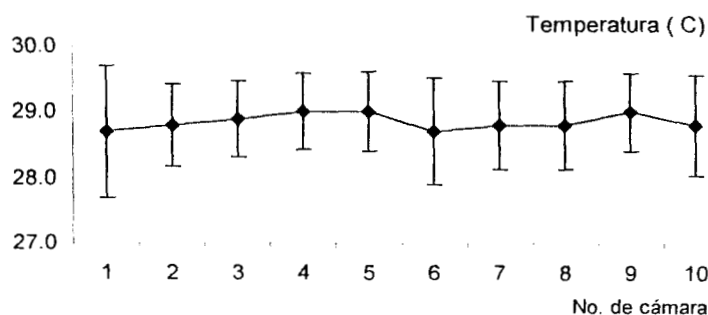
Balance energético

Sistema experimental

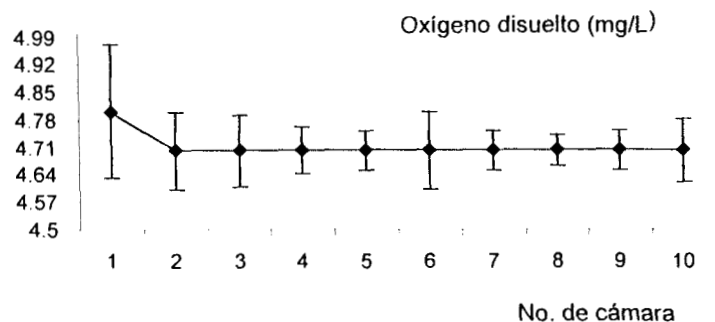
La Tabla 16. muestra cada uno de los parámetros fisicoquímicos evaluados durante el periodo experimental, así como su gráfica correspondiente, el registro es por cámara.

Tabla. 16. Valores de los parámetros fisico-químicos, mantenidos en el sistema de experimentación.

Parámetro	Núm. de cámara	n	X	Desv. Est.	% Error	C.V. %
Temperatura (°C)	1	40	28.7	1.01	0.56	3.52
	2	40	28.8	0.63	0.34	2.17
	3	40	28.9	0.58	0.32	2.00
	4	40	29.0	0.58	0.32	2.02
	5	40	29.0	0.60	0.33	2.08
	6	40	28.7	0.81	0.44	2.81
	7	40	28.8	0.67	0.37	2.31
	8	40	28.8	0.67	0.37	2.31
	9	40	29.0	0.59	0.32	2.05
	10	40	28.8	0.76	0.42	2.64

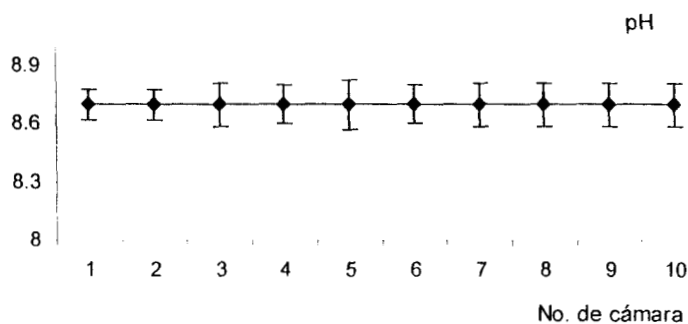


Parámetro	Núm. de cámara	n	X	Desv. Est.	% Error	C.V. %
Oxígeno disuelto (mg/L)	1	40	4.8	0.17	0.57	3.57
	2	40	4.7	0.10	0.33	2.07
	3	40	4.7	0.09	0.29	1.83
	4	40	4.7	0.06	0.21	1.35
	5	40	4.7	0.05	0.19	1.17
	6	40	4.7	0.10	0.32	2.04
	7	40	4.7	0.05	0.16	1.01
	8	40	4.7	0.04	0.14	0.92
	9	40	4.7	0.05	0.16	1.04
	10	40	4.7	0.08	0.27	1.72

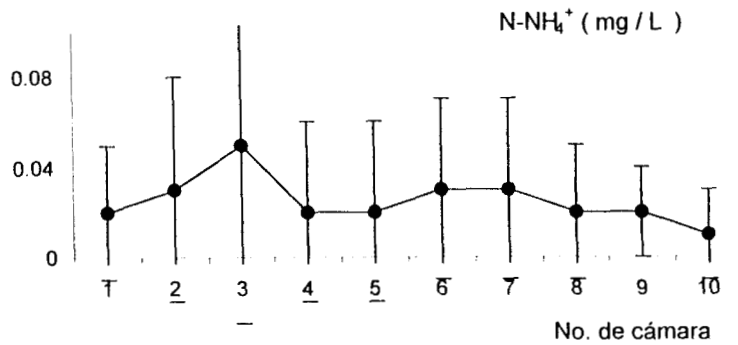


222476

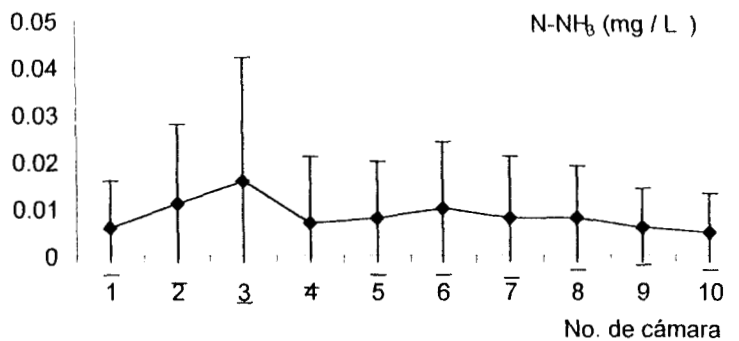
Parámetro	Núm. de cámara	n	X	Desv. Est.	% Error	C.V. %
pH	1	40	8.7	0.08	0.26	0.87
	2	40	8.7	0.08	0.29	0.95
	3	40	8.7	0.11	0.38	1.27
	4	40	8.7	0.10	0.36	1.19
	5	40	8.7	0.13	0.46	1.52
	6	40	8.7	0.10	0.36	1.21
	7	40	8.7	0.11	0.40	1.31
	8	40	8.7	0.11	0.38	1.24
	9	40	8.7	0.11	0.37	1.22
	10	40	8.7	0.11	0.38	1.27



Parámetro	Núm. de cámara	n	X	Desv. Est.	% Error	C.V. %
N-NH ₄ ⁺ (mg / L)	1	40	0.02	0.03	0.57	1.60
	2	40	0.03	0.05	0.42	1.40
	3	40	0.05	0.08	0.47	1.57
	4	40	0.02	0.04	0.59	1.96
	5	40	0.02	0.04	0.44	1.46
	6	40	0.03	0.04	0.41	1.36
	7	40	0.03	0.04	0.44	1.47
	8	40	0.02	0.03	0.39	1.28
	9	40	0.02	0.02	0.37	1.24
	10	40	0.01	0.02	0.48	1.58



Parámetro	Núm. de cámara	n	X	Desv. Est.	% Error	C.V. %
N-NH ₃ (mg / L)	1	40	0.006	0.010	0.57	1.61
	2	40	0.011	0.017	0.53	1.49
	3	40	0.016	0.026	0.57	1.63
	4	40	0.007	0.014	0.69	1.96
	5	40	0.008	0.012	0.53	1.50
	6	40	0.010	0.014	0.49	1.39
	7	40	0.008	0.013	0.52	1.48
	8	40	0.008	0.011	0.48	1.36
	9	40	0.006	0.008	0.46	1.31
	10	40	0.005	0.008	0.58	1.64



Las variaciones en la temperatura fueron pequeñas manteniendo un promedio, para las 10 cámaras, de $29(\pm 0.11)$ °C. El oxígeno disuelto se mantuvo con un valor promedio de $4.7(\pm 0.032)$ mg/L día, valor por debajo del punto de saturación (5.76 mg/L), considerando la altura de la Ciudad de México y la temperatura del agua del sistema.

El pH se mantuvo constante con un promedio de 8.7 unidades. La concentración de nitrógeno amoniacal total (N-NH_4^+), fue $0.025(\pm 0.011)$ mg/L, y la del amonio no-ionizado (N-NH_3) fue un 24.22% del valor anterior, lo que representa en promedio $0.01(\pm 0.003)$ mg/L.

Tasas fisiológicas

Durante el período experimental, murió un macho, es por ello que se reportan los resultados evaluados en ocho organismos (Tabla 17), 5 hembras con un valor promedio de 44.93 g, peso húmedo (PH), y 3 machos con 44.12 g de peso húmedo promedio. Mediante un análisis de hipótesis no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$), entre hembras y machos.

Tabla 17. Peso inicial y sexo de los organismos adultos, utilizados en la fase experimental.

No. de la cámara	Sexo	Peso Inicial (g, PH)	No. de la cámara	Sexo	Peso Inicial (g, PH)
1	H	35.61	5	H	39.17
2	H	59.32	6	M	38.20
3	H	53.47	7	H	37.07
4	M	60.50	8	M	33.65

Los resultados valorados para las tasas de ingestión, producción de heces y asimilación expresadas en mg día^{-1} de peso seco (PS) y su equivalente calórico (cal día^{-1}), al cabo de 39 días de experimentación, se muestran por grupo de sexo en la tabla 18.

Tabla 18. Tasas de ingestión (I), producción de heces (H) y asimilación (A) de *Cherax quadricarinatus*. Valores promedio de 39 días (\pm desviación estándar). Ambos sexos

Sexo	Ingestión (mg día ⁻¹ PS)	I cal día ⁻¹	Heces (mg día ⁻¹ PS)	H cal día ⁻¹	Asimilación cal día ⁻¹
H	648(\pm 73)	3773(\pm 423)	46(\pm 27)	207(\pm 120)	3566(\pm 303)
H	896(\pm 284)	5215(\pm 1653)	54(\pm 33)	241(\pm 146)	4974(\pm 1507)
H	689(\pm 205)	4015(\pm 1195)	48(\pm 27)	238(\pm 132)	3777(\pm 1063)
H	565(\pm 171)	3288(\pm 996)	42(\pm 21)	183(\pm 93)	3105(\pm 903)
H	622(\pm 229)	3624(\pm 1335)	48(\pm 26)	210(\pm 114)	3413(\pm 1221)
Prom	684(\pm127)	3983(\pm738)	48(\pm5)	216(\pm24)	3767(\pm714)
M	839(\pm 230)	4887(\pm 1341)	45(\pm 23)	194(\pm 99)	4693(\pm 1242)
M	600(\pm 184)	3492(\pm 1072)	34(\pm 21)	156(\pm 100)	3336(\pm 972)
M	595(\pm 244)	3465(\pm 1422)	43(\pm 26)	180(\pm 109)	3286(\pm 1312)
Prom	678(\pm140)	3948(\pm813)	41(\pm6)	177(\pm19)	3771(\pm794)
Prom Tot.	682(\pm121)	3970(\pm707)	45(\pm6)	201(\pm29)	3769(\pm690)

Clave: H= hembras; M= machos; Prom= Valor promedio; Prom Tot.= Valor promedio total (ambos grupos H y M).

Los valores promedio para cada grupo, no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), lo que permitió establecer una distribución de la energía para el total de los organismos utilizados.

Asumiendo el valor calórico promedio registrado para la ingestión (I) de 3970 cal día⁻¹, como el 100% del ingreso de energía al organismo, la canalización de energía hacia la formación de heces (H, cal día⁻¹) y el resto (energía asimilada, A cal día⁻¹) se muestra en la figura 10.

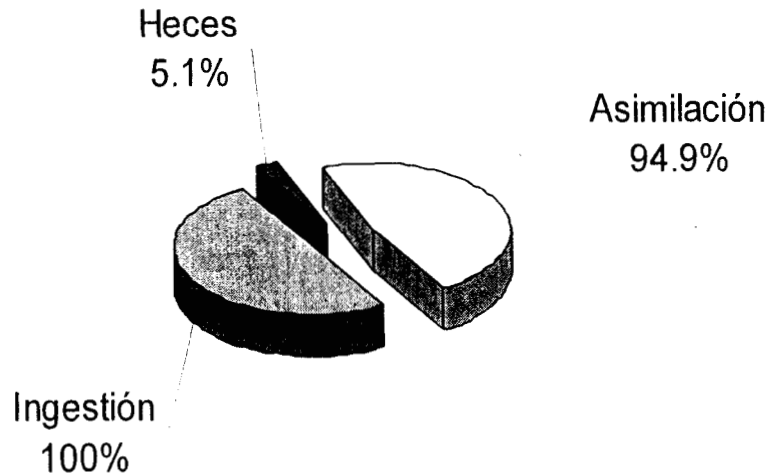


Figura 10. Relación porcentual entre la energía perdida vía la producción de heces y la energía asimilada, con respecto a la energía ingerida vía la ingestión de alimento, en organismos adultos de *Cherax quadricarinatus*.

En la tabla 19, se resumen los valores del metabolismo aeróbico, evaluado de manera indirecta a través del consumo de oxígeno (R) y la tasa de extracción de oxígeno, definida como la capacidad de los organismos para obtener una fracción del oxígeno disuelto en el medio que los rodea. Al igual que las tasas anteriores los resultados no presentaron diferencias significativas entre los sexos ($p > 0.05$). El valor promedio total fue de $131(\pm 53.6)$ $\text{mgO}_2 \text{ día}^{-1}$, con un equivalente calórico correspondiente de $435(\pm 178)$ cal día^{-1} .

Tabla 19. Tasas de consumo de oxígeno (VO_2 , $mg\ día^{-1}$), consumo de oxígeno peso específico (VO_2 , $mg\ día^{-1}g^{-1} PH$), eficiencia de extracción de oxígeno (TE, %), equivalente calórico correspondiente ($cal\ día^{-1}$). Valores promedio (\pm desviación estandar).

Sexo	Peso final $mg^{-1} PH$	R $mg\ O_2\ día^{-1}$	R $mg\ O_2\ día^{-1}g^{-1}$ PH	TE %	R $cal\ día^{-1}$
H	36780	82.8	0.00225	43.18	274.9
H	60930	144.0	0.00236	81.40	478.1
H	57960	195.1	0.00337	77.78	647.8
H	41180	127.4	0.00309	65.96	423.1
H	38870	136.1	0.00350	70.83	451.2
Prom	47144		0.00292	67.83	
($\pm d.e.$)	(± 11385)	137(± 40.17)	(± 0.000575)	(± 15.03)	455(± 133)
M	63590	195.1	0.00307	70.73	648.0
M	39870	119.3	0.00299	56.86	396.0
M	41290	48.0	0.00116	25.53	158.4
Prom	48250		0.00195	51.04	
($\pm d.e.$)	(± 13304)	121(± 73.56)	(± 0.00127)	(± 23.16)	401(± 245)
Prom			0.000114	61.53	
Tot.	682(± 121)	131(± 53.66)	(± 0.0000326)	(± 18.15)	435(± 178)

Clave: H= hembras; M= machos; Prom= Valor promedio; Prom Tot.= Valor promedio de ambos grupos (H y M).

En la tabla 20, se resumen los valores de la excreción nitrogenada (U), producto del catabolismo de las proteínas y su correspondiente equivalente calórico ($cal\ día^{-1}$). Al igual que las anteriores tasas no se presentaron diferencias significativas entre los sexos ($p > 0.05$). El valor promedio fue de $16.41(\pm 13.08) mg\ N-NH_4^+$ $día^{-1}$, con un equivalente calórico correspondiente de $97.48(\pm 77.69) cal\ día^{-1}$.

Tabla 20. Tasas de excreción amoniacal ($\text{mg N-NH}_4^+ \text{ día}^{-1}$), excreción amoniacal peso específico (U, $\text{mg día}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ PH}$) y el equivalente calórico (cal día^{-1}). Valores promedio (\pm desviación estandar).

Sexo	Peso final $\text{mg}^{-1} \text{ PH}$	U		
		U $\text{mg N-NH}_4 \text{ día}^{-1}$	$\text{mg N-NH}_4 \text{ día}^{-1} \text{ g}^{-1}$ PH	U cal día^{-1}
H	36780	3.84	0.0001	22.81
H	60930	29.28	0.0005	173.92
H	57960	30.72	0.0005	182.48
H	41180	10.08	0.0002	59.88
H	38870	14.64	0.0004	86.96
Prom	47144		0.0003	
(\pm d.e.)	(± 11385)	17.71(± 11.87)	(± 0.00018)	105(± 70.48)
M	63590	30.72	0.0005	182.48
M	39870	11.28	0.0003	67.00
M	41290	0.72	0.00002	4.28
Prom	48250		0.00027	
(\pm d.e.)	(± 13304)	14.24(± 15.22)	(± 0.00024)	85(± 90.3)
Prom Tot.	682	16.41	0.000315	97.48
(\pm d.e.)	(± 121)	(± 13.08)	(± 0.000203)	(± 77.69)

Clave: H= hembras; M= machos; Prom= Valor promedio; Prom Tot.= Valor promedio de ambos grupos (H y M).

La relación porcentual de la energía perdida (cal día^{-1}), vía las tasas fisiológicas de H, U y R, se muestra en la figura 11.

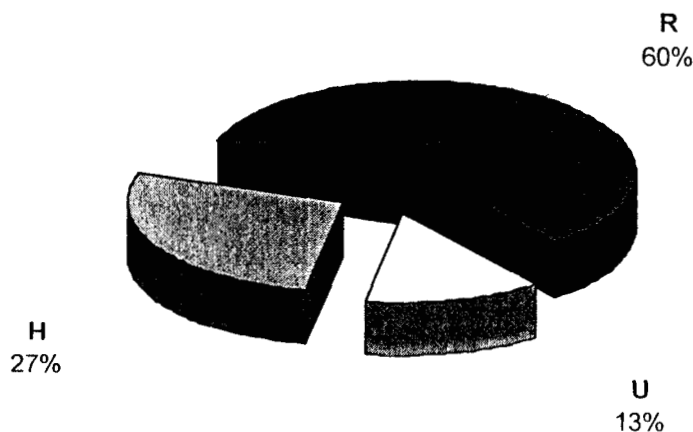


Figura 11. Relación porcentual de las pérdidas energéticas, (cal día^{-1}).

La mayor fracción de energía 60% del total (435 calorías), fue canalizada hacia el metabolismo aeróbico, mientras que el 27% (201 calorías) fue la fracción canalizada hacia la producción de heces, el resto 97 calorías (13%) fue la fracción destinada a la excreción nitrogenada.

La integración de las diferentes tasas fisiológicas, establece el esquema de uso y distribución de energía dentro del organismo, a partir del total adquirido vía la ingestión de alimento y del total asimilado. El valor relativo (%) de cada tasa con respecto a los valores antes mencionados así como su distribución, se presenta en la figura 12.

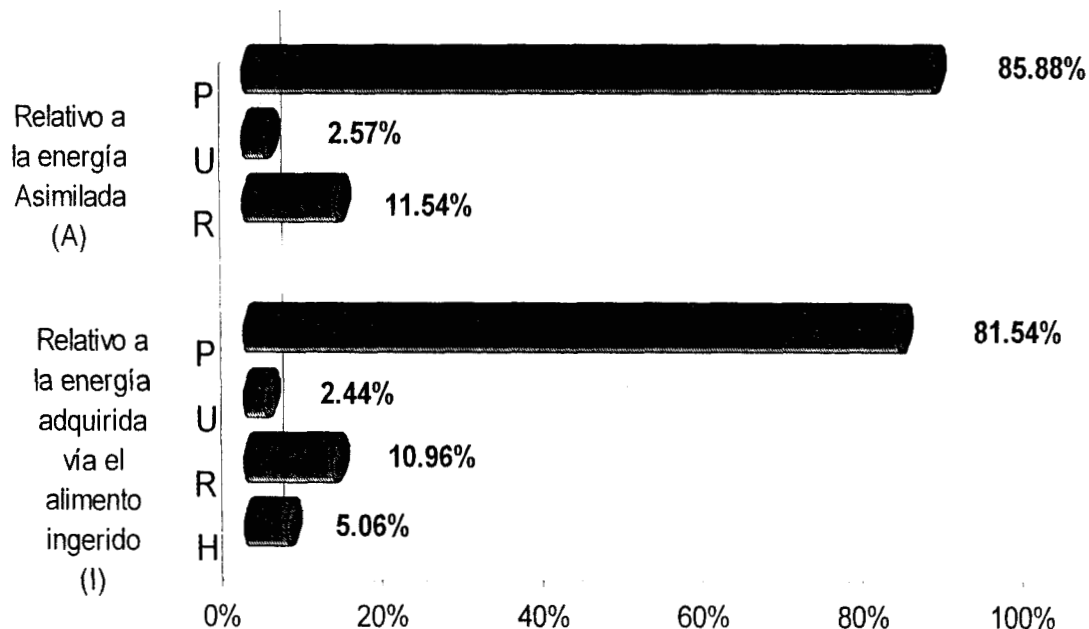


Figura 12. Relación porcentual entre las tasas fisiológicas (P campo de crecimiento), (U excreción nitrogenada), (H producción de heces) y (R respiración) con relación a la energía contenida en el alimento ingerido (I) y en la energía asimilada (A).

Para calcular la fracción de energía canalizada al campo de crecimiento (P), de los organismos adultos de *Cherax quadricarinatus* en condiciones de laboratorio, se sustituyeron los valores promedio de las tasas fisiológicas obtenidas (Tabla 21), en la ecuación del balance energético modificada ($P=I-(H+R+U)$); los valores se expresan en calorías per día (cal día^{-1}).

Tabla 21. Valores promedios de las tasas fisiológicas de los organismos adultos de *Cherax quadricarinatus* registradas durante 39 días en condiciones de laboratorio. (cal día^{-1}).

Sexo	I cal día^{-1}	H cal día^{-1}	A cal día^{-1}	R cal día^{-1}	U cal día^{-1}	P cal día^{-1}
H	3773	207	3566	276	23	3267
H	5215	241	4974	478	174	4322
H	4015	238	3777	648	182	2947
H	3288	183	3105	422	60	2623
H	3624	210	3414	451	87	2876
M	4887	194	4693	648	182	3863
M	3492	156	3336	396	67	2873
M	3465	180	3285	158	4	3123

Prom

Tot. 3970(± 707) 201(± 29) 3769(± 690) 435(± 168) 97(± 73) 3237(± 574)

Clave: H= hembras; M= machos;

I= ingestión; H= heces; A= asimilación; R= respiración; U= excreción nitrogenada y P= campo de crecimiento.

En la figura 13. se muestra el balance bioenergético (cal día^{-1}) de los ocho organismos del estudio, es decir la distribución de energía que los organismos llevaron a cabo en las condiciones ambientales del estudio.

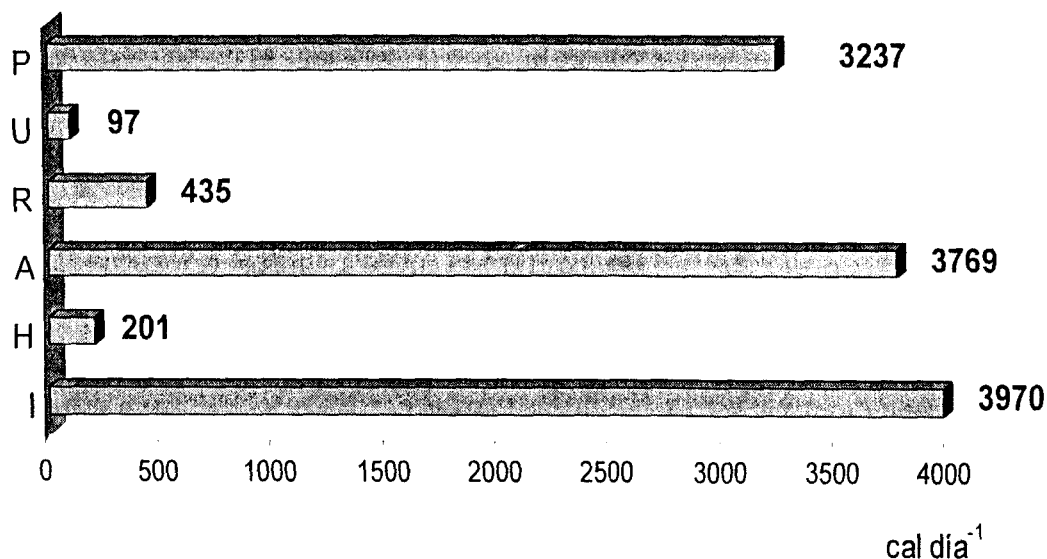


Figura 13. Balance energético, valores promedio (cal día⁻¹) de los 8 organismos adultos de *Cherax quadricarinatus* en condiciones de laboratorio.

Al analizar la distribución de la energía adquirida vía el alimento ingerido (I 100%), hacia las diferentes respuestas fisiológicas evaluadas, se observa que un 5% fue canalizado hacia la producción de heces (H), por lo tanto el 95% restante se destinó hacia la asimilación (A); la fracción correspondiente al metabolismo aeróbico (R), fue de un 11%; la fracción destinada a la excreción nitrogenada (U) fue de un 2%, mientras que la mayor fracción 82% correspondió a la producción ó campo de crecimiento (P).

Los valores de las eficiencias de crecimiento bruta (K_1) y neta (K_2), calculadas a partir de la relación entre el campo de crecimiento (P) y las tasas de ingestión (I) y asimilación (A) respectivamente (Tabla 21). En la figura 14, se muestran estas relaciones. Los valores

promedio resultado fueron de 81.53% para K_1 y del 85.88% para K_2 .

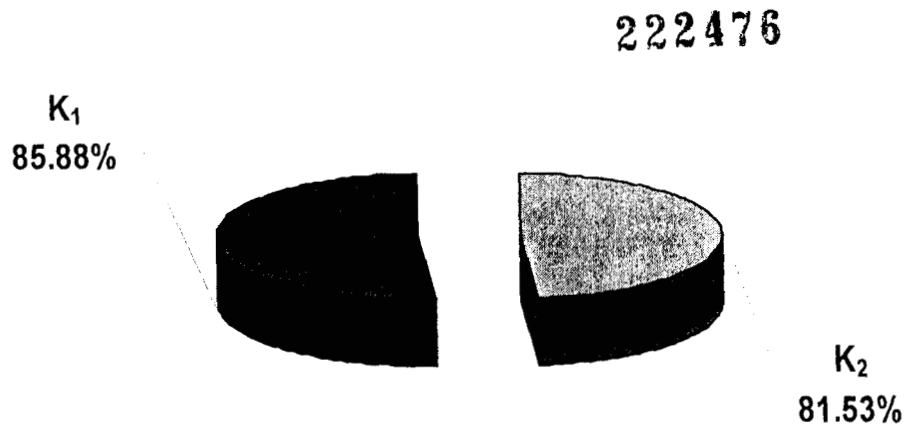


Figura 14. Eficiencias de crecimiento (%) relativas a la energía contenida en el alimento ingerido (K_1) y el asimilado (K_2).

Finalmente en la tabla 22, se señalan los valores del peso inicial, peso final e incremento en peso (g, PH), crecimiento (g PH día⁻¹) de los ocho organismos de *Cherax quadricarinatus* bajo estudio. Los organismos 3 y 8 presentaron un mayor incremento en peso 4.49 y 7.64 g respectivamente, debido a que llevaron a cabo la muda, días antes de finalizar el estudio. Los valores registrados para el crecimiento (C), de estos organismos 0.12 y 0.20 para los organismos 3 y 8 respectivamente, no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$), con los obtenidos para el parámetro (k); mediante la aplicación del modelo de von Bertalanffy (Tabla 13).

Tabla 22. Sexo, incremento en peso (g) y tasa de crecimiento (C, g día⁻¹) de *Cherax quadricarinatus*.

No. Org.	Sexo	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Incremento en Peso (g)	C g día ⁻¹
1	H	35.61	36.78	1.17	0.03
2	H	59.32	60.93	1.61	0.04
3	H	53.47	57.96	4.49	0.12*
4	M	60.50	63.59	3.09	0.08
5	H	39.17	41.18	2.01	0.05
6	M	38.20	39.87	1.67	0.04
7	H	37.07	38.87	1.80	0.05
8	M	33.65	41.29	7.64	0.20*

Clave: * Organismos que mudaron.

Discusión

Calidad del agua

Ackefors (1994), reporta que *Cherax quadricarinatus*, es una especie del trópico australiano, con amplia tolerancia a diversos ambientes acuáticos, que resiste una concentración de oxígeno disuelto menor a los 2.0 mg/L, y cuyos valores de temperatura abarcan un intervalo desde los 5 a los 42 °C, anotando que la tasa de crecimiento es menor por debajo de los 20 °C. En experimentos de toxicidad se evaluó la LC₅₀ a 96 horas, para el amonio total (N-NH₄⁺) y amonio no-ionizado (N-NH₃), siendo estos valores de 16.8 mg/L, para el primero y 2.9 mg/L para el segundo. Lo anterior demuestra que a esta especie se adapta mejor a diversas condiciones

ambientales, en comparación con el acocil rojo *Procambarus clarkii* y otras especies de crustáceos decápodos.

Para Medley *et al.* (1994), las características de cultivo para la especie indican una amplia tolerancia a la temperatura con valores límites mínimo y máximo de 12 y 37 °C, con una tasa de crecimiento cercana al 70% para un intervalo de 23 a 31 °C. Además, la especie tolera concentración de oxígeno disuelto, por debajo de 1 mg/L, para las concentraciones de nitrógeno amoniacal no-ionizado (N-NH₃) los valores tolerados son mayores de 1 mg/L. Así mismo, *Cherax quadricarinatus* puede vivir y reproducirse en aguas cuyos valores de dureza total, abarca de los 20 a los 300 mg/L de CaCO₃. Finalmente, los valores tolerables para el pH oscilan entre las 6.0 y 9.5 unidades. Kibria *et al.*, (1997), reportan que el cultivo de la especie, se encuentra fuertemente influenciado por la temperatura, tolerando valores altos cercanos a los 32 °C, presentando la mayor tasa de crecimiento cuando se tiene un valor de 28 °C, tolerando concentraciones de oxígeno disuelto cercanas a los 5 mg/L. Para Jones y Barlow (1992), las tolerancias fisiológicas de *Cherax quadricarinatus* involucran un amplio intervalo de temperatura, presentando las mayores tasas de crecimiento cuando los valores se encuentran entre los 26 y 28°C.

En el presente estudio, el comportamiento para cada uno de los parámetros fisicoquímicos del agua, fueron registrados en las tablas 3 y 4 para el sistema de mantenimiento y en la tabla 16 para el sistema de experimentación.

En el caso de la temperatura, del sistema de mantenimiento, las variaciones fueron mayores durante los primeros meses del año 1997, a partir del mes de septiembre las variaciones disminuyeron. La modificación en la fluctuación, se debió a que inicialmente el control

de este parámetro en los estanques A y B, se realizó mediante termostatos (Aquarama) de 200 w de potencia y cuya sensibilidad es reducida. A partir del mes de septiembre, se instaló el sistema de control constituido por resistencias descrito anteriormente y cuya sensibilidad es $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ aproximadamente. El valor promedio registrado para ambos estanques, fue de $28.42(\pm 0.29)^{\circ}\text{C}$. Para el sistema de experimentación, las variaciones en este parámetro fueron pequeñas, con un valor promedio para las 10 cámaras de $28.85(\pm 0.12)^{\circ}\text{C}$, los valores mencionados anteriormente se encuentran dentro del intervalo propuesto para el cultivo de la especie, por Ackefors, 1994; Jones, 1992; Kibria et al., 1997; Medley et al., 1994; y Romero, 1997.

El análisis de la concentración de oxígeno disuelto, mostró para el sistema de mantenimiento mayor variación, en comparación con lo sucedido con el sistema de experimentación, pero en ningún caso se alcanzó el valor mínimo (1 mg/L) tolerado por la especie (Ackefors, 1994; Jones, 1992; Medley, 1994).

El comportamiento de los valores del pH, para ambos sistemas, fue estable, con una tendencia alcalina, y dentro del intervalo de tolerancia para *C. quadricarinatus*.

Finalmente, los valores para la excreción de nitrógeno amoniacal total (N-NH_4^+), en ningún caso excedieron la concentración de 1.03 mg/L, reportada como tóxica en juveniles de *C. quadricarinatus* (Rouse et al., 1995), mientras que para el amonio no-ionizado (N-NH_3), el valor no alcanzó los 1.77 mg/L considerado como tóxico (Medley et al., 1994). Una comparación entre los valores promedio registrados para cada parámetro evaluado en cada sistema, y los reportados por los autores citados, permitió establecer la calidad de agua como óptima para el cultivo de la especie.

Crecimiento relativo

Los resultados del análisis del crecimiento relativo indicaron diferencias entre los sexos. Hasta qué punto los sexos divergen morfométricamente, fue ilustrado a través del análisis de correspondencia utilizando el filtrado de los datos mediante el filtro propuesto por Lombarte y Leonart (1993), lo que permitió caracterizar dichas diferencias en la forma entre los sexos.

Las variables amplitud y longitud de la quela (A_q y L_q , respectivamente), fueron las medidas de mayor peso en la separación de los grupos, seguida por la longitud abdominal. En la sección negativa de la figura 7, destacan cuatro machos (triángulos negros) que corresponden a organismos que regeneraron la quela durante el estudio, hecho que demuestra que esta medida, junto con la longitud abdominal, diferencia a los grupos. Estas diferencias en la forma entre los sexos de algunas especies de crustáceos decápodos ya habían sido reportadas. Rhodes y Holdich (1979 y 1984), señalan que para *Austropotamobius pallipes* existen diferencias en la producción del músculo en la quela para el macho, y en el abdomen para las hembras. En estudios realizados con *Austropotamobius pallipes* (Rhodes y Holdich, 1979, 1984) y *Astacus astacus* y *Procambarus clarkii* (Hunter *et al.*, 1988), se reportan marcadas diferencias tanto en la producción de músculo como en el análisis proximal de su composición entre los sexos, favoreciéndose en el caso de las hembras el crecimiento en longitud y amplitud del abdomen, mientras que para los machos dicho crecimiento se encuentra dirigido hacia las quelas. Un comportamiento similar fue encontrado en este estudio y su significado puede ser atribuido a que en el caso de las hembras, en el abdomen se prepara la cámara de incubación de los huevecillos, mientras que en el caso de los machos son las quelas los órganos

especializados que juegan un papel importante en la defensa y el cortejo.

Este comportamiento en el crecimiento relativo entre hembras y machos se ha podido demostrar en los estudios previamente mencionados, a pesar de que en cada uno de ellos son utilizadas metodologías distintas y, es posible que sea una estrategia frecuente entre los acociles. La ventaja de las técnicas empleadas en este estudio, es que no son de tipo invasivo (es decir no se requiere de sacrificar a los organismos) a diferencia de aquellas que requieren del sacrificio de los organismos (Rhodes y Holdich, 1984). El empleo del filtrado de los datos en este estudio y en otros (Ibañez y Lleonart, 1996 y Lombarte y Lleonart, 1993) ha demostrado su utilidad en la separación de los grupos.

En la literatura no se han encontrado estudios que muestren diferencias en la forma de los sexos de *Cherax quadricarinatus*, ésta comúnmente se refiere a variaciones en el crecimiento y a aspectos productivos de la especie (Gu *et al.*, 1995; Austin, 1992; Jones y Barlow, 1992; O' Sullivan, 1991; Geddes y Smallridge, 1993; King, 1993; Jones, 1995; Evans y Jussila, 1997; Kibria *et al.*, 1997). En este estudio se muestra fundamentalmente que existen diferencias en la forma de los sexos de *Cherax quadricarinatus*.

Crecimiento en longitud

Jones y Barlow (1992), reportan que el crecimiento de *C. quadricarinatus* esta influenciado por las condiciones del medio de cultivo y por factores de tipo nutricional; en el primer caso el parámetro de mayor influencia es la temperatura, y en el segundo caso son la cantidad y la calidad del alimento los factores de mayor

relevancia. De igual manera reportan para la especie una talla entre 60 y 120 g al final del primer año de cultivo, ($\approx 7.5 \text{ g mes}^{-1}$). Rouse (1994), reporta información generada en Australia, indicando que la expectativa de crecimiento, expresada como ganancia en peso, para la especie es de 35 a 45 g durante los primeros seis meses de cultivo, y de 85 a 105 g para un año de cultivo. Medley *et al.*, (1994), reportan un crecimiento de 8.39 g mes^{-1} , para la especie. Los resultados obtenidos durante este estudio, establecen para las hembras un intervalo de crecimiento de 7.83 a 13.94 g, y para los machos de 6.61 a 11.48 g para un periodo de cultivo de nueve meses. Con un crecimiento promedio de 7.83 y 6.61 g mes^{-1} , para las hembras y machos respectivamente, lo que no difiere significativamente de lo reportado en la literatura.

Balance energético

La magnitud del crecimiento de los crustáceos acuáticos, depende en gran medida de la capacidad de los mismos para responder a las variaciones ambientales, así como a su habilidad en la captación de energía del medio, vía la ingestión de alimento. Involucra además el fraccionamiento y distribución interno de dicha energía. Esta distribución dentro del organismo puede ser conocida, mediante la evaluación de las respuestas fisiológicas (tasas), de los organismos en periodos de cultivo.

La integración de las tasas fisiológicas, evaluadas en los organismos, mediante la aplicación de la fórmula propuesta por Warren y Davis (1967), permite establecer el balance energético como el resultado de la incorporación, transformación, uso y pérdida de la energía.

En los organismos acuáticos, el crecimiento (**P**) ha sido considerado un indicador, que refleja el efecto neto de las condiciones ambientales, incluido el alimento, sobre las respuestas fisiológicas de los organismos (Beamish *et al.*, 1975).

En el presente estudio, el valor de la incorporación de energía, vía el alimento, fue de 3,970 calorías, es importante resaltar que el valor obtenido para la tasa de producción de heces fue de 201 calorías, representando el 5.1% del total incorporado, éste valor esta relacionado con la digestibilidad del alimento, ya que como se mencionó en la metodología, es la fracción no digerible del alimento la canalizada hacia esta tasa, por lo tanto los valores de asimilación son altos (94.9 %). Esta relación permiten suponer que el tipo de alimento suministrado, esta acorde con el paquete enzimático de los organismos.

Una manera adecuada de conocer la capacidad de los organismos para convertir la energía asimilada en energía fisiológicamente útil, es a través de la eficiencia de asimilación del alimento (Beamish *et al.*, 1975). En el presente estudio, dicha eficiencia (Ef.A %) fue calculada utilizando la fórmula $(A / I) * 100$, previa transformación de los valores de las tasas **A** e **I** en unidades calóricas. El valor resultante fue de 94.9 %, semejante al reportado por Foreman (1983), para juveniles de *Penaeus setiferus*, (94-96 %) y para *Palaemon serratus* (95.1 %), Forster y Gabot (1971). Mientras que dicho valor es superior a los reportados por Nelson *et al.*, (1977) en juveniles de *Macrobrachium rosembergii*, (86.4 %).

La energía metabolizable, es decir aquella que es canalizada por el organismo para realizar entre otras actividades, el metabolismo basal, actividad motora y el campo de crecimiento (**P**) (Beamish, *et al.*, 1975), esta representada por la diferencia entre la energía

contenida en el alimento ingerido y la suma de las energías perdidas, es decir, aquellas contenidas en las heces (**H**), los productos nitrogenados (**U**) y el metabolismo aeróbico (**R**). El uso de la energía asimilada, se lleva a cabo principalmente por la oxidación de los substratos alimenticios y está influenciado por varios factores entre los cuáles se incluyen, el tamaño del organismo, la velocidad de vaciado del tracto digestivo, la temperatura del medio y la actividad propia del organismo, por lo tanto la liberación de energía se encuentra estrechamente relacionada con el metabolismo aeróbico o tasa de respiración (**R**), involucrando el catabolismo de las proteínas asimiladas, y la consecuente liberación de compuestos nitrogenados (**U**) (Schmit-Nielsen, 1984).

En el presente estudio el metabolismo aeróbico fue evaluado de manera indirecta a través del consumo de oxígeno, el valor calórico asociado fue de 435 calorías, representando un 60 % del total de la energía perdida. Por otro lado el 13 % de la energía perdida esta asociado a la excreción nitrogenada (97.48 calorías).

En los estudios sobre balance energético de los crustáceos, frecuentemente no se considera la energía asociada con los procesos de excreción nitrogenada, o se supone que este valor es mínimo (Vanegas, 1992). Los valores son comparables con los obtenidos en este estudio, ya que el valor asociado con la excreción nitrogenada fue de 2.57 % de la energía asimilada. En contraste Kurmaly *et al.*, (1989) señala que para invertebrados acuáticos, y dependiendo de los valores de salinidad, la fracción de energía canalizada hacia esta respuesta puede llegar a representar hasta el 35 % de la energía asimilada. De igual manera Anger (1990), reporta en larvas de cangrejos braquiuros, que las pérdidas nitrogenadas tienen un valor entre el 30 al 40 % de la energía asimilada.

La distribución de la energía hacia cada uno de los procesos

fisiológicos de los organismos, proporciona una mayor información sobre la eficiencia de utilización ante las condiciones ambientales. (Vanegas, 1992).

Las proporciones de energía descritas en el balance energético de los organismos hembras y machos de *C. quadricarinatus* utilizados, y para las condiciones antes mencionadas, permitieron calcular las fracciones distribuidas a partir del total de energía incorporada (3,970 calorías), hacia la asimilación (3,769 calorías) y el campo de crecimiento (3,237 calorías), estos valores representan el 95 y 82 % respectivamente. Valores superiores a los reportados para *Callinectes rathbunae* por Rosas *et al.*, (1993) y para larvas de *Carcinus maenas* Dawirs, (1983).

Estas proporciones de energía tienen utilidad para conocer y predecir la producción, en términos de biomasa o energía, de una población en su ecosistema o en sistemas de cultivo. La mayor cantidad de información de los procesos fisiológicos, se obtiene cuando se expresa la distribución de energía a través de las eficiencias de crecimiento tanto bruta como neta (Klekovsky y Duncan, 1975). Para este estudio los valores de las eficiencias bruta y neta fueron de 82 y 86 % respectivamente, valores considerablemente mayores a los reportados para *P. aztecus* (Vanegas, 1992), *Carcinus maenas* (Dawirs, R.R., 1983) y *Callinectes rathbunae* (Rosas *et al.*, 1993).

Finalmente, es importante resaltar la no existencia de diferencias significativas ($p > 0.05$), entre los valores calculados para hembras y machos mediante el modelo de von Bertalanffi y los obtenidos para la hembra (0.12 g día^{-1}) y el macho (0.20 g día^{-1}) que mudaron al final del periodo de experimentación.

La información obtenida en este estudio, permitió establecer el fraccionamiento y distribución de energía a los diferentes procesos fisiológicos de *C. quadricarinatus* en condiciones de laboratorio, con un carácter predictivo, permitiendo determinar que la energía potencial de crecimiento para la especie, en las condiciones fisicoquímicas establecidas es amplia. ¿Hasta que punto estas respuestas pueden ser modificadas?, esto dependerá de los cambios en los factores bióticos y abióticos, como son la temperatura del agua y la cantidad y calidad del alimento.

222476

Conclusiones

- La información registrada para la calidad del agua, comparada con los reportes de la literatura, establecen que durante este estudio la calidad del agua fue óptima.
- Existen diferencias en la forma para cada sexo de *C. quadricarinatus*.
- Durante este estudio quedó demostrada la utilidad en el uso de técnicas de estudio denominadas “no invasivas”, cuyos resultados son comparables con aquellas técnicas que requieren el sacrificio de los especímenes.
- El crecimiento mostrado por la especie en estudio, no difiere significativamente del reportado en la literatura.



- El tipo y cantidad de alimento suministrado a los organismos, cumplen con los requerimientos nutricionales de *C. quadricarinatus*.
- La especie se comparte desde el punto de vista bioenergético, con una alta eficiencia en la adquisición, transformación y uso de la energía.
- El fraccionamiento y distribución de la energía dentro del organismo, para las condiciones del estudio, describe a la especie como un sistema bastante eficiente.
- El esquema energético describe las respuestas fisiológicas mediante las cuáles los organismos responden a las exigencias del medio.

LITERATURA CITADA

Ackefors H., 1994. Recent progress in Australian crayfish culture. *World Aquaculture* 25(4):14-19.

Ackefors H., 1998. The Culture and Capture Crayfish Fisheries in Europe. *World Aquaculture* Vol. 29 No. 2. 18-68.

Adams, S.M. and J.E. Breck, 1990. Bioenergetics, p. 389-415. In: C.B. Schreck and P.B. Moyle (Eds.), **Methods for Fish Biology**, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

Anderson, I.G., 1990. Diseases – what type and how to prevent them. *Aquaculture special: redclaw. Australian Fisheries* 49(11):32-34.

Andrews, J.W., L.V. Sick y G.P. Baptist., 1972. The influence of dietary protein and energy levels on growth and survival of penaeid shrimp. *Aquaculture* 1:341-347.

Anger, A., 1991. Developmental changes in the bioenergetics of decapod larvae. *Mem. Queensl. Mus.* 31:289-308.

Austin, M.C., 1992. Preliminary pond production of the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*, in the central United State. *Journal of Applied Aquaculture*, 1(4): 93-102.

Balazs, G.H. y E. Ross., 1976. Effects of protein source and level on growth and performance of the captive freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture* 7:299-313.

Beamish, F.W.H; A.J. Niimi and P.F.K.P. Lett., 1975. Bioenergetics of teleost fishes: Environmental influences. In: *Comparative Physiology-Functional Aspect of Structural Materials*. Eds. L. Bolis, H.P. Maddrell and K. Schmidt-Nielsen. North-Holland Publishing Company –1975- Amsterdam. p. 187-209.

Beamish, F.W.H; y E. A. Tripple., 1990. Heat Increment: A static or Dinamic Dimension in Bioenergetics Models?. *Transactions of the American Fisheries Society* 119:649-661.

Bernard, D.R. 1981. Multivariate analysis as a means of comparing grow in fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38:233-236.



Casa Abierta al Tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

RODRÍGUEZ CANTO A., 1998

Bertalanffy, L. Von., 1938. Human Biology. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II) Vol. 10 No. 2.

Bottino, N.R., J. Gennity, M.L. Lilly, E. Simmons, y G. Finne., 1980. Seasonal and nutritional effects of the fatty acids of three species of shrimp *Penaeus setiferus*, *P. aztecus* and *P. duorarum*. *Aquaculture* 19:139-148.

Capuzzo M. Judith, 1983. Crustacean bioenergetics: The role of environmental variables and dietary levels of macronutrientes on energetic efficiencies, p. 71-86. In G.D. Pruder, C.J. Langdon and D.E. Conklin (Eds). *Proceedings in the Second International Conference on Aquaculture Nutrition: Biochemical and Physiological Approaches to Shellfish Nutrition*. Oct. 27-29, 1981, Lewes/Rehoboth Beach, Delaware. Louisiana State University. Division of Continuing Education. Baton Rouge, Louisiana.

Colvin, P.M. 1976. Nutritional studies on penaeid prawn: Protein requirements in compounded diets for juvenile *Penaeus indicus*. *Aquaculture* 7:315-326.

Cuadras, C.M., 1991. *Métodos de Análisis Multivariante: Promociones y Publicaciones Universitarias*, Barcelona, 664 pp.

Choudhury P.C., 1970. In: **Crustacean Farming**, 1992. D.O'C. Lee and J.F. Wickins (Eds). Chapter 4 and 5. pp. 53-104.

Dawirs, R.R., 1983. Respiration, Energy Balance and Development during growth and starvation of *Carcinus maenas* L. Larvae (Decapoda:Portunidae) *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 69 105-128.

Elliot J.M. In: W. Davison, 1975. Equivalent of oxygen consumption in animal energetics. *OEcología* No. 19, p 195-201.

Emerson, K., R.C. Russo, R.E. Lund and R.V. Thurston., 1975. Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *J. Fish. Res. Board Can.* 32:2379-2383. In: *Freshwater Aquaculture Manual*, 1993. HACH.

Evans, H.L. and Jussila, J., 1997. Freshwater crayfish growth under culture conditions: Proposition for a standard reporting approach. *Journal of the World Aquaculture Society*, 28 (1): 11-19.

INSTITUTO DE SERVICIOS
EDUCACIONALES - PIELICIA

Foreman, V.E., 1983. The ecology of (*Penaeus setiferus*): Habitat selection, carbon and nitrogen metabolism, and simulation modeling. Ph D. Thesis University of Georgia. 151p.

Forster, J.R.M. y P.A. Gabbott, 1971. The assimilation of nutrients from compounded diets by the praw *Palaemon serratus* and *Pandalus platyceros*. *J. Mar. Biol.* 51:943-961.

FAO, 1995. ESTADÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN DE ACUICULTURA. Servicio de Información, Datos y Estadística de Pesca. Departamento de Pesca, FAO.

Geddes, C.M. and Smallridge, M., 1993. Survival, growth and yield of the Australian freshwater crayfish *Cherax destructor* in extensive aquaculture ponds. *Aquaculture*, 114:51-70.

Gu, H., Mather, B.P. and Capra, F.M., 1995. Juvenile growth performance among stocks and families of red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens). *Aquaculture*, 134:29-36.

Hartnoll, R.G., 1978. The determination of relative growth in crustacea. *Crustaceana*, 34 (3): 281- 293.

Huner V.J., 1994. Freshwater Crawfish Cultural Methods: An Overview. *World Aquaculture*, 25(3):38-40.

Huner V.J., Ossi, V.L. and Kônönen, H., 1988. Comparison of morphology and edible tissues of two important commercial crayfishes, the noble crayfish, *Astacus astacus* Linné, and the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard) (Decapoda, Astacidae and Cambaridae). *Aquaculture*, 68:45-57.

Herbert, B., 1987. Notes on diseases and epibionts of *Cherax quadricarinatus* and *C. tenuimanus* (Decapoda: Parastacidae). *Aquaculture* 64:165-173.

Ibañez, A.L. and Leonart, J., 1996. Relative growth and comparative morphometrics of *Mugil cephalus* L. and *M. curema* V. in the Gulf of Mexico. *Scientia Marina*, 60 (2-3):361-368.

Jiménez R. and X. Romero., 1998. Diseases in redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, cultured in Ecuador. p. 274. In: Books of Abstracts-Aquaculture'98. The Triennial Conference and Exposition of the World Aquaculture Society. Las Vegas, Nevada, U.S.A.



Jones, C.M., 1990. In: **Crustacean Farming**, 1992. D.O'C. Lee and J.F. Wickins (Eds). Chapter 4 and 5. pp. 53-104.

Jones, C.M., 1995. Production of juvenile redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda, Parastacidae). I. Development of hatchery and nursery procedures. *Aquaculture*, 138: 221-238.

Jones, C.M., 1995. Production of juvenile redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda, Parastacidae). III. Managed pond production trials. *Aquaculture*, 138: 247-255.

Jones, C.M. and Barlow, Ch., 1992. The australian redclaw—a rosy outlook. *Infofish Int.*, No.2: 44-47.

Kibria, G., Lam, P., Fairclough, R. and Nugegoda, D., 1997. Australian native freshwater fish and crustaceans: Environmental role and aquaculture potential. *World Aquaculture*, 28 (4):56-62.

King, C., 1993. Potential fecundity of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* von Martens, in culture. *Aquaculture*, 114:237-241.

Klekowski, R.Z. y A. Duncan. In: IBP Handbook No. 24. **Methods for Ecological Bioenergetics**, 1975. Physiological Approach to Ecological Energetics. 15-64. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 367 pp.

Kurmaly, K.A.B. Yule y D.A. Jones., 1989. An energy budget for the larvae of *Penaeus monodon* (Fabricius). *Aquaculture* 81:13-25.

Lind, O., 1985. **Handbook of Common Methods in Limnology**. Kendal/Hunt. USA, 199p.

Lee, D.O'C. and J.F. Wickins., 1992. **Crustacean Farming**. John Wiley & Sons, Inc., New York, 392 p.

Lombarte, A. and Leonart, J., 1993. Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature. *Env. Biol. Fish.*, 37: 297-306.

Masser, N.P. and D.P. Rouse., 1992. **Production of Australian red claw crayfish**. The Alabama Cooperative Extension Service. Auburn University.

- Medley, B.P., Jones, M.C and Avault, J.W., 1994. A global perspective of the culture of Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*: production, economics and marketing. *World Aquaculture*, 25(4):6-13.
- Mills B.J. & McCloud P.I., 1983. In: **Crustacean Farming**, 1992. D.O'C. Lee and J.F. Wickins (Eds). Chapter 4 and 5. pp. 53-104.
- New M.B., 1990. In: **Crustacean Farming**, 1992. D.O'C. Lee and J.F. Wickins (Eds). Chapter 4 and 5. pp. 53-104.
- O'Sullivan., 1988. In: **Crustacean Farming**, 1992. D.O'C. Lee and J.F. Wickins (Eds). Chapter 4 and 5. pp. 53-104.
- O'Sullivan, D.D., 1991. Freshwater crayfish aquaculture in Australia. *Infofish. Int.*, 3: 40-44.
- Prager, M.H.; 1987. Nonlinear Parameter Estimation for Fisheries (Fishparm) Version 2.15.
- Pinto, F.G. and Rouse, D.B., 1996. Growth and survival of the Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* at three densities in earthen ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27(2): 187-193.
- Randal, E.B. and Alon, N.C., 1994. Polyculture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in earthen pond. *Aquaculture*, 122: 47-54.
- Read, G.H.L., 1981. The response of *Penaeus indicus* (Crustacea: Penaeidea) to purified and compounded diets of varying fatty acid composition. *Aquaculture* 24:245-256.
- Regnault, M., 1987. Nitrogen excretion in marine and freshwater crustacea. *Biol Rev.* 62:1-27.
- Rhodes, C.P. and Holdich, D.M., 1979. On size and sexual dimorphism in *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). A step in assessing the commercial exploitation potential of the native british freshwater crayfish. *Aquaculture*, 17:345-358.
- Rhodes, C.P. and Holdich, D.M., 1984. Length-weight relationship, muscle production and proximate composition of the freshwater

crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). *Aquaculture*, 37:107-123.

Ricker, W.E., 1975. **Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations**. Department of the Environment Fisheries and Marine Service. Ottawa. 382 p.

Romero, X.M., 1997. Production of redclaw crayfish in Ecuador. *World Aquaculture*, 28 (2): 5-10.

Romero, X.M., 1997. Redclaw Crayfish Aquaculture in Ecuador: The New Boom?. NAGA, The ICLARM Quarterly. (January-March 1997), p. 18-21.

Romero, X.M. and P. Murillo., 1997. Production of juvenile redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*, in open ponds in Ecuador. *World Aquaculture'97*. The Annual International Conference and Exposition of the World Aquaculture Society. Seattle, Washington, U.S.A., Abs: p. 399.

Rosas, C., Vanegas C., Tabares I., y Ramirez J., 1993. Energy Balance of *Callinectes rathbunae* Contreras 1930 in Floating Cages in a Tropical Coastal Lagoon. *J. World Aquaculture Soc.* Vol. 24 No. 1 71-79.

Rouse B.D., 1994. A new species for Ecuador?. Technical Report *World Aquaculture* 25(3): 51

Rouse B.D., R. J. Kastner y K. S. Reddy 1995. Toxicity of ammonia and nitrite to hatchling redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*. *Freshwater Crayfish* 10:298-303

Sammy, N., 1988. In: **Crustacean Farming**, 1992. D.O'C. Lee and J.F. Wickins (Eds). Chapter 4 and 5. pp. 53-104.

Schmidt-Nielsen, K., 1984. Fisiología animal. ADAPTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. Ediciones Omega, S.A. 499 p.

Semple, G.P., D.B. Rouse and K.R. McLain. 1995. *Cherax destructor*, *C. tenuimanus* and *C. quadricarinatus*: A comparative review of aquaculture potential. *Freshwater Crayfish* VIII. Louisiana State University Agricultural Center, Baton Rouge, Louisiana.

Sokol A., 1988. In: **Crustacean Farming**, 1992. D.O'C. Lee and J.F. Wickins (Eds). Chapter 4 and 5. pp. 53-104.

Tomasso JR., 1996. Environmental requirements of aquaculture animals-a conceptual summary. *World Aquaculture*, 27(2)27-31.

Vanegas P. C., 1992. Efecto de la salinidad y de la temperatura sobre el balance energético de juveniles del camarón café *Penaeus aztecus* Ives (Crustacea, Decapoda). *Tesis de grado*.

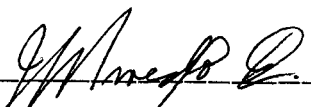
Venkataramiah, A., G.J. Lakshmi and G. Gunter., 1975. Effect of protein level and vegetable matter on growth and food conversion efficiency of brown shrimp. *Aquaculture* 6:115-125.

Villarreal H., 1991. A partial energy budget for the Australian Crayfish *Cherax tenuimanus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, Vol. 22, No. 4: 252-259.

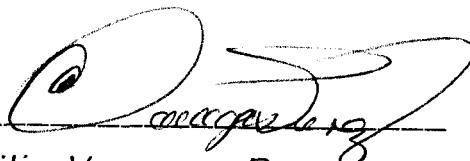
Warren, C.E., and G.E. Davis., 1967. Laboratory studies on the feeding, bioenergetics, and growth of fish. Pages 175-214. In: S.D. Gerking, editor. *The biological basis of freshwater fish production*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, England. In: Adams, S.M. and J.E. Breck, 1990. Bioenergetics, p. 389-415. In: C.B. Schreck and P.B. Moyle (Eds.), **Methods for Fish Biology**, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

Wickins J.F., 1982. In: **Crustacean Farming**, 1992. D.O'C. Lee and J.F. Wickins (Eds). Chapter 4 and 5. pp. 53-104.

El jurado designado por la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, aprobó la presente tesis el 18 de Diciembre de 1998.

Tutor 
Dr. José Luis Arredondo F.
P R E S I D E N T E

Asesor _____
Dra. Ana Laura Ibáñez A.
S E C R E T A R I O

Asesor 
Dra. Cecilia Vanegas P.
V O C A L
