



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

EFFECTO DE UNA DIETA CONTROLADA SOBRE EL CRECIMIENTO,  
DESEMPEÑO REPRODUCTIVO Y COMPOSICIÓN DEL TEJIDO DE  
CRÍAS DE ACOCIL *Cambarellus montezumae* (SAUSSURE, 1857)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

ROJAS PARRA FELIPE

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. José Román Latournerié Cervera

2012





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Hoja de Datos del Jurado**

### **1. Datos del alumno**

Rojas  
Parra  
Felipe  
56 83 90 57  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
408092227

### **2. Datos del tutor**

Dr.  
José Román  
Latournerié  
Cervera

### **3. Datos del sinodal 1**

Dr.  
René de Jesús  
Cárdenas  
Vázquez

### **4. Datos del sinodal 2**

Dr.  
José Jaime  
Zúñiga  
Vega

### **5. Datos del sinodal 3**

M. en C.  
Julio  
Prieto  
Sagrado

### **6. Datos del sinodal 4**

Econ.  
Alma Rosa  
Estrada  
Ortega

### **7. Datos del trabajo escrito**

Efecto de una dieta controlada sobre el crecimiento, desempeño reproductivo y composición del tejido de crías de acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure, 1857)  
64 p  
2012

## **DEDICATORIAS**

A mis papás, porque siempre estuvieron ahí y siempre lo estarán, apoyándome en todo lo que necesito y más.

A mi hermana Elena por estar siempre al pendiente y deseando lo mejor.

A mi familia entera, a todos mis tíos y primos por siempre preguntar y ser atentos con todo, sabiendo lo difícil que es esto de la titulación.

A mi novia Fátima por estar siempre a mi lado, apoyarme, criticarme, sostenerme y forzarme a ver hacia adelante. TE AMO CON TODO.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. José Román Latournerié Cervera por dirigir, asesorarme y empujarme para realizar y concluir esta tesis. Eterno agradecimiento por permitir formarme dentro de su laboratorio.

A la Bióloga y mejor amiga Gisela Marina García Padilla por todas las innumerables horas que pasamos juntos trabajando. Por todas las dificultades y pesares, al igual que todas las risas y buenos momentos, GRACIAS.

Al Dr. René Cárdenas por permitirme trabajar dentro del Laboratorio de Biología Experimental de la Facultad de Ciencias. Gracias por su apoyo y paciencia.

A la Economista Alma Rosa Estrada por su gran aportación a mi repertorio mental y conocimiento más allá de la biología.

A mis compañeras y amigas Erika Escalante Garnero y Silvia Hansen Bernal, por todo el apoyo y ayuda que proporcionaron para poder concluir este trabajo.

A los miembros del jurado Dr. José Jaime Zúñiga Vega y el M. en C. Julio Prieto Sagrado por sus comentarios y aportaciones a la revisión de este trabajo.

## RESUMEN

Se comparó el efecto de una dieta formulada con un contenido de 46% de proteína y 31% de lípidos contra camaronina comercial en crías de acocil *Cambarellus montezumae* (SAUSSURE, 1857) de aproximadamente 25 días de eclosionadas (Media  $\pm$  ES: 25.5  $\pm$  5mg de peso húmedo) considerando los siguientes indicadores: el crecimiento en un periodo de 150 días, el contenido energético del tejido al igual que su composición química, el éxito reproductivo mediante el índice de desove y los índices fisiológicos de consumo de oxígeno (QO<sub>2</sub>) y de excreción de nitrógeno (Q-NH<sub>4</sub>).

El análisis de crecimiento total mostró diferencias significativas en el peso húmedo (PH) para los organismos alimentados con camaronina, siendo las hembras las de mayor peso: PH. ( $\bar{x}$  = 0.41  $\pm$  0.02 g) mientras que los machos tuvieron uno menor: PH ( $\bar{x}$  = 0.36  $\pm$  0.017 g). Los organismos alimentados con la dieta formulada presentaron un peso de: PH ( $\bar{x}$  = 0.31  $\pm$  0.012 g) y PH:( $\bar{x}$  = 0.29 $\pm$  0.018 g) para hembras y machos respectivamente. Se encontraron diferencias significativas para las hembras alimentadas con camaronina (P<0.05).

El análisis de la composición del tejido indicó que no se encontraron diferencias significativas en los porcentajes promedio de proteínas, mientras que para el contenido de lípidos y de energía sí existieron para la interacción sexo vs tratamiento (P<0.05).

El desempeño reproductivo fue mayor para los organismos bajo la dieta formulada que aquellos alimentados con la dieta control, presentando un 19.8% en el índice de desove, aunque la tendencia no fue estadísticamente significativa.

Los índices fisiológicos QO<sub>2</sub> y Q-NH<sub>4</sub> presentaron valores promedio más altos para los organismos bajo la dieta control, sin embargo no presentaron diferencias significativas (p>0.05).

El análisis discriminante señaló que de los ocho indicadores evaluados, solo el contenido de lípidos y el contenido energético del tejido de los acociles, fueron determinantes en la discriminación de los tratamientos ensayados.

Se recomienda ahondar conocimientos en el nivel óptimo de los lípidos, así como en la incorporación de ingredientes vegetales en las dietas de maduración de los acociles.

## INTRODUCCIÓN

### *Acuacultura en México*

La situación de las pesquerías en México ha alcanzado los límites de explotación. El análisis de las diferentes pesquerías demuestra que actualmente, el 10% tiene potencial de desarrollo, 67% está siendo aprovechadas al máximo y 23% se encuentra en deterioro (Hernández y Kempton, 2003).

Por tal motivo, esta actividad económica se ha visto obligada a buscar otras opciones de producción para cubrir la demanda de productos del mercado al igual que conservar y producir empleos en la industria, siendo esta la acuacultura.

México se encuentra entre los 25 países con mayor producción acuícola. Esta actividad ha presentado una tasa de crecimiento promedio de 3.2% durante los últimos diez años y en volumen representa el 16.7% de la producción pesquera nacional para el año 2010, debido principalmente a la producción de camarón (CONAPESCA, 2010).

Los principales productos acuícolas en México son: el camarón, la mojarra, el ostión y la carpa. Pocos crustáceos son producidos en sistemas controlados, v.gr. el caso del langostino del género *Macrobrachium* el cual presenta poca demanda en el mercado nacional y no se ha realizado una producción comercial a gran escala (Idyll, 1974).

Sin embargo existen especies, que por sus características podrían emplearse en este tipo de prácticas y a las cuales se les ha puesto poca atención, tal es el

caso de los Cambáridos y Procambáridos de las cuales existen cincuenta y ocho especies en el país, entre las cuales destacan los géneros *Procambarus* y *Cambarellus* (Huner, 1985; Villalobos-Hiriart et al., 1993; Avault, 1996).

Para el desarrollo de un sistema de cultivo acuícola de alguna especie de interés se debe contar con un buen manejo de los parámetros fisicoquímicos del agua, conocimiento sobre los ciclos de vida, crecimiento y manejo de los organismos, entender a fondo los procesos de reproducción y la constante producción de crías por diversos métodos como puede ser una dieta formulada que favorezca el crecimiento y la reproducción de los organismos, al igual que el entendimiento de su mercado y costos de producción (Lucas & Southgate, 2003).

#### *Utilización de dietas formuladas*

Uno de los factores fundamentales en el desarrollo somático y reproductivo de cualquier organismo es la alimentación, además de que puede ser el principal costo de producción, por ejemplo el caso de la camaronicultura (Vega-Villasante, et al., 2000). El uso de dietas enriquecidas con proteínas, lípidos, vitaminas y minerales ha demostrado sus bondades al aumentar el desempeño reproductivo, al igual que el crecimiento de muchas especies de organismos acuáticos: peces, crustáceos y reptiles (Gutiérrez, 1990; Pérez, 2004; Espín, 2001).

En los últimos años la investigación para producir dietas formuladas ha aumentado junto con el auge de la industria acuícola, debido a que hay una

necesidad de optimizar los procesos de alimentación y por lo tanto reducir costos en los sistemas acuícolas; esto para asegurarse que las raciones de alimento suministradas tengan un contenido de energía adecuado y sean transformadas eficientemente en biomasa (Nelson *et al.*, 1997).

Se ha realizado investigación sobre alimentación para obtener mejores resultados en el desempeño reproductivo de uno de los productos acuícolas más importantes del mundo: el camarón. Estas investigaciones establecen un rango determinado de lípidos totales (18 – 30%) en las dietas formuladas para camarón *Penaeus stylirostris* (Bray, et al. 1990). También se toma en cuenta un notorio incremento en el componente proteico (30 – 42%), en comparación con las de engorda (Cahu, 1995), al igual que el mejoramiento de su rendimiento reproductivo (Espín, 2001). El uso de dietas compuestas por alimento vivo presentan otra alternativa para aumentar la sobrevivencia de post larvas de estos organismos (Lista, 2003).

Asimismo, se ha estudiado el efecto de dietas balanceadas en el desempeño de juveniles de la especie *Cherax quadricarinatus*, al buscar sustitutos de origen vegetal para la harina de pescado e incluso productos de desecho animal como los que resultan al procesar calamar, ya que estos presentan una alternativa de alimento económico al no ser utilizadas para consumo humano (Martínez, 1999).

También se han utilizado diversas fuentes de proteína como el calamar, el hígado de res y los berros junto con un alimento comercial en diferentes ensayos con miras a la conservación de especies amenazadas como el acocil *Procambarus regiomontanus* y de esta manera aumentar el conocimiento de

ésta y tener un manejo adecuado de la misma para su potencial repoblación e incluso su aprovechamiento comercial (Montemayor-Leal et al., 2010).

En cuanto a la experimentación con dietas sobre el desempeño de *Cambarellus (C.) montezumae* se ha trabajado principalmente con dietas de plantas acuáticas como es *Egeria densa* al realizar un proceso de descomposición aeróbica (Nacif, 2004) y *Elodea densa* combinado con alimento balanceado (García, 1991) enfocados a mejorar la tasa de crecimiento.

**Especie de estudio: *Cambarellus (Cambarellus) montezumae*  
(Saussure: 1857)**

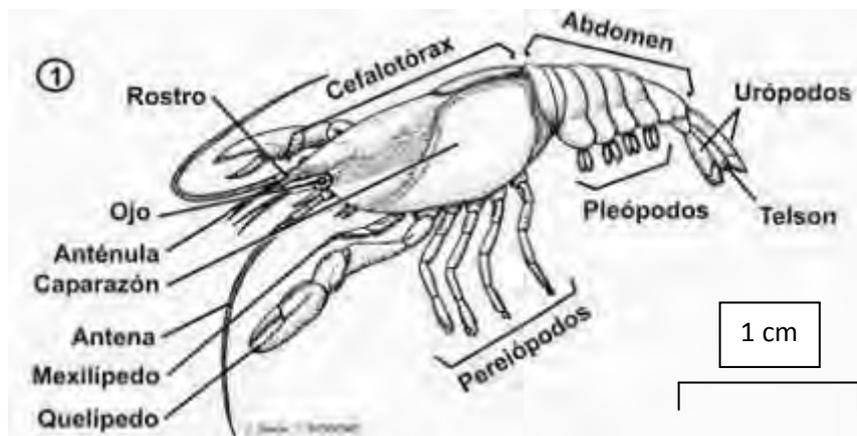


Figura 1. Diagrama del acocil *C. (C.) montezumae*.

### ***Especie de estudio***

El acocil *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* (Saussure, 1857) ha sido consumido en México desde épocas prehispánicas por las diversas culturas de la meseta central del país y es endémico de esta región (Villalobos, 1955). Actualmente su distribución está limitada a ciertos cuerpos de agua como son los lagos de Zumpango, Guadalupe, Texcoco, Xochimilco y el sistema del río Lerma-Chapala, en el centro occidente del país, abarcando los estados de Querétaro, Tlaxcala, Michoacán y Jalisco (Cornejo, 1991; Villalobos-Hiriart 1993), debido a diferentes factores de presión ambiental. Los factores antropogénicos como la agricultura, la urbanización y la pesca han disminuido las poblaciones naturales ya sea por contaminación de agroquímicos, pesticidas, residuos sólidos y aguas residuales al igual que desecación de los cuerpos de agua en los que habitan (García-Padilla, 2010).

#### *Ubicación taxonómica*

Reino	Animalia
Phylum	Arthropoda (Latreille 1829)
Subphylum	Crustacea (Brünnich 1772)
Clase	Malacostraca (Latreille 1802)
Orden	Decápoda (Latreille 1802)
Suborden	Astacidae (Latreille 1803)
Superfamilia	Astacoidea (De Haan 1841)
Familia	Cambaridae
Género	Cambarellus (Ortmann 1905)
Especie	<i>Cambarellus montezumae</i> (Saussure 1857)

### *Morfología y reproducción*

El acocil *C. montezumae* es un crustáceo decápodo dulceacuícola de hábitos nocturnos que habita en cuerpos de agua lóticos y lénticos. Presentan ojos bien desarrollados y el rostrum exhibe espinas o tubérculos marginales (Rojas, 2003). Los adultos tienen un exoesqueleto más fuerte que los jóvenes, compuesto por quitina. El proceso de muda, en el cual se renueva periódicamente este caparazón, tiene mayor frecuencia durante los primeros dos meses de vida (Santiago, 2001).

El cuerpo del acocil se divide en dos tagmas: el cefalotórax y el abdomen, donde el surco cervical marca la división entre éstos. Presentan cuatro pares de pereiópodos los cuales utilizan para desplazarse al no tener la capacidad de nado.

Las hembras presentan un mayor tamaño, abdomen más ancho y corto que los machos y en cada una de las somitas abdominales un par de pleópodos donde trasladan a los huevos hasta el momento de su eclosión, mientras que los machos presentan el primer y segundo par de estos quitinizados (FI: forma reproductora) para propósito de la cópula, donde estos actúan como vectores de transferencia de esperma. En la hembra la apertura del oviducto se encuentra en la base del segundo par de pereiópodos (Villalobos, 1955) donde el macho deposita el esperma después del cortejo: este es iniciado por los machos consistiendo en un acercamiento agresivo hacia las hembras donde al detenerlas con las quelas y lograr voltearlas sobre su dorso se deposita el esperma (Civera y Cruz, 1982), el cual endurece al contacto con el agua (Santiago, 2001). El tiempo que transcurre desde el término de la cópula hasta

que los huevos son depositados en el abdomen es de 6 a 9 horas, aunque en algunos casos puede tardar hasta dos o tres días (Civera y Cruz, 1982). Una vez en el abdomen de la hembra, suele moverse agitadamente para airear los huevos o bien agitar los pleópodos con el mismo propósito (Rosas, 1976). El desarrollo de los huevos dura de 35 a 40 días (Hofman, 1983).

#### *Hábitos alimenticios*

El acocil es omnívoro por naturaleza, con diferentes tendencias a través del ciclo de vida. En las primeras etapas hay preferencia por alimento vegetal mientras que los adultos tienden a la depredación e incluso canibalismo para la obtención de alimentos proteicos (Moctezuma, 1996). Generalmente se les encuentra en las orillas o donde existe poca profundidad y una gran cantidad de plantas acuáticas como *Lemna sp.*, *Nymphaea sp.*, *Potamogeton*, *Eichhornia*, etc. (Civera y Cruz, 1982). También se ha reportado que la composición del alimento ingerido varía con su disponibilidad y la estación del año. La materia vegetal puede constituir entre el 60 al 90% del total del contenido estomacal, siendo mayor en la época fría del año (García-Padilla et al., 2010).

#### *Importancia de la especie*

Los acociles tienen un papel medular dentro de las cadenas tróficas al ser organismos modificadores de la materia orgánica (Hobbs, 1991). De igual manera presentan una alta inmunidad a diversas familias de bacterias que se encuentran en ambientes con aguas reducidas como lo es el Canal de Cuemanco, Xochimilco, al igual que un procesamiento eficiente de metales

pesados y su incorporación al exoesqueleto que lo convierten en una especie altamente tolerante a condiciones degradadas. Son capaces de vivir con un alto nivel de materia orgánica en descomposición (Sánchez *et. al*, 2008).

Habitán dentro de la vegetación riparia, ya que este tipo de vegetación representa un hábitat de protección contra el estrés ambiental y posibles depredadores. En términos reproductivos esta especie posee un buen potencial de fecundidad lo cual es ventajoso para su posible cultivo (Civera y Cruz, 1992).

Pueden ser utilizados con diversos propósitos, desde investigación científica como modelo biológico en diversos laboratorios relacionados con aspectos de fisiología al igual que como carnada o en el acuarismo como especie ornamental (Vázquez, 2008), además de tener el potencial de ser un producto alimenticio alternativo debido a su alto contenido proteico (García, 1991).

## **I. ANTECEDENTES**

Existen diversos estudios dedicados a enriquecer el conocimiento de esta especie endémica del país con diversos enfoques como la ecofisiología, biología poblacional y su dinámica, aspectos de crecimiento, densidad, alimentación, distribución, morfología, etc. Sin embargo el conocimiento y cotidianidad alimenticia de esta especie se ha mermado en las últimas décadas (Pérez-Rodríguez *et. al*, 1998).

Villalobos (1955) fue uno de los pioneros en describir aspectos morfológicos, taxonómicos y de distribución de esta especie en su trabajo sobre los

Cambarinos de la Fauna Mexicana (Crustacea: Decapoda). En 1959 Cantú publicó una tesis sobre la embriología de *Cambarellus montezumae*. Así mismo se han hecho bioensayos con los huevos de estos organismos para evaluar la fecundidad y éxito de eclosión bajo la influencia de incubadoras (Civera y Cruz 1982; Santiago, 2001).

Algunos de los datos reportados sobre crecimiento y reproducción en condiciones naturales son los referidos por Rangel (2009), donde establece el tiempo en que los organismos alcanzan la madurez sexual para ambos sexos. En cuanto a la fecundidad describe que las hembras exhiben una reproducción continua todo el año con diversos picos en diferentes épocas, enfatizando a la temperatura como un factor vital en este aspecto. También calcula la mortalidad poblacional mensual para la pista de Remo y Canotaje “Virgilio Uribe” ubicada en la zona de Xochimilco.

Además, se han estudiado otros factores que inciden en la disminución de las poblaciones de esta especie en su hábitat natural, v. gr. las relaciones que tienen con especies introducidas como *Cyprinus carpio* sin encontrar de forma concluyente que haya una depredación directa de los acociles, si no una merma en la población de la vegetación acuática de algunas plantas como *Potamogeton pectinatus* y *Cladophora glomerata* que son importantes componentes dentro del hábitat de *C. montezumae* (Hinojosa-Garro, 2004). También se han estudiado las relaciones depredador-presa con el ajolote mexicano *Ambystoma mexicanum* encontrando que se alimenta del acocil cuando se encuentra en forma juvenil y adulta. Sin embargo, se encontró que

el acocil también llega a alimentarse del ajolote cuando es juvenil (Cortés-Orellana, 2010).

El comportamiento del metabolismo energético de la especie en campo ha sido estudiado recientemente en el área de Xochimilco, y ha demostrado tener un mayor desempeño en época cálida (García-Padilla, 2010). De igual manera se ha reportado que la temperatura óptima para el desempeño de esta especie se encuentra en un rango de 20 a 25°C, canalizando una mayor fracción de energía para crecimiento dentro de este intervalo de temperatura, debido a que la influencia de este factor sobre la tasa metabólica está acompañada por modificaciones en las reservas de energía del organismo, lo cual se refleja en su composición corporal (Aguilar, 2011).

En cuanto a aspectos de reproducción se ha evaluado la viabilidad de esta especie en condiciones controladas con distintos estanques y recipientes (Arredondo-Figueroa, 2011). También se han realizado estudios sobre su ciclo de muda y la relación que existe con el fotoperiodo en diferentes lapsos de tiempo (Alonso, 2007).

El contenido de diversos componentes como proteína, lípidos, glucosa y triglicéridos en el tejido ha sido analizado recientemente por diversos autores (Nacif, 2004; García-Padilla, 2010; Aguilar, 2011), donde el índice más alto es de proteína con hasta un 44%, presentándose como una alternativa alimenticia para mejorar el estado de salud de la población (Santos, 2011).

Por otro lado se ha estudiado el efecto de la densidad sobre el crecimiento, el patrón de consumo de alimento y la supervivencia de *C. (C.) montezumae*

encontrando que una densidad baja (77 organismos/m<sup>2</sup>) presenta los mejores rendimientos. En un estudio reciente (Galicia-Gallardo, 2012), señala que la combinación cobertura – densidad de (144 organismos/m<sup>2</sup> en presencia de refugios), produce un crecimiento óptimo y máxima producción de tejido. En la especie *Procambarus llamasii*, se ha reportado que a menores densidades se obtienen mejores resultados (Rodríguez-Serna, 2000).

Existen también investigaciones que involucran la experimentación con dietas formuladas y comerciales con base vegetal para evaluar aspectos de sobrevivencia y crecimiento en estos organismos (García, 1991). Asimismo, se ha evaluado el proceso de descomposición de la macrófita *E. densa* presente en el hábitat de esta especie para su potencial uso como alimento (Nacif, 2004) como otra alternativa económica para la alimentación.

## **II. HIPÓTESIS**

Al aumentar el contenido proteico y lipídico de la dieta para acocil *C. montezumae* se espera que aumente el crecimiento en términos de peso húmedo y energía del tejido al igual que el número de huevos y desoves totales.

## **III. JUSTIFICACIÓN**

El uso de diferentes componentes proteicos y lípidos en dietas formuladas ha probado aumentar el crecimiento, acelerar la maduración sexual, incrementar la supervivencia y el éxito reproductivo en diversos organismos incluyendo crustáceos decápodos; dentro de este grupo de organismos se encuentra el acocil *C. montezumae* en el cual aún no se han realizado investigaciones con

miras a potencializar la maduración sexual y su éxito reproductivo, siendo ésta una de las bases para desarrollar el cultivo de esta especie, la cual tiene un gran potencial comercial y una importancia ecológica importante dentro de los cuerpos de agua en los que habita ya que desempeña un papel vital en los procesos de transformación y flujo de energía.

#### **IV. OBJETIVOS**

##### *Objetivo general*

- Comparar el efecto de una dieta formulada y una dieta de camarón comercial sobre la tasa de crecimiento, composición del tejido y desempeño reproductivo de crías de acocil *C. montezumae* en condiciones de laboratorio.

##### *Objetivos particulares*

- Evaluar el crecimiento de *C. montezumae* bajo la influencia de una dieta formulada.
- Analizar el efecto de la dieta formulada en la composición del tejido tomando en cuenta los índices de materia orgánica, minerales totales, proteínas, lípidos y contenido de energía.
- Evaluar el desempeño reproductivo de la especie mediante el índice de desove.

- Evaluar la relación oxígeno-nitrógeno (O:N) a partir de los índices fisiológicos de consumo de oxígeno (QO<sub>2</sub>) y excreción nitrogenada (VN-NH<sub>4</sub>).

## **V.MATERIALES Y MÉTODOS**

### *V.1 Área de estudio*

El presente estudio se llevó a cabo en la zona lacustre de la delegación Xochimilco, México, D.F., en específico en el canal de Cuemanco con coordenadas de 19° 09' latitud norte y 98° 58' y 99° 10' oeste. El clima en esta región está clasificado como C(w2)(w)b(i): templado, semi seco y sin estación invernal bien definida (UAM, 2001). La temperatura media anual de esta localidad varía entre 17° y 22°C, con temperaturas mínimas en diciembre y enero (12° a 13°C) mientras que las más altas se presentan en los meses de mayo a julio alcanzando los 25.5°C. El pH promedio es de alrededor de 8.5 ± 0.5 mientras que la concentración de oxígeno disuelto varía, dependiendo del estrato superficie-fondo, entre 4 y 9.5 mg/l (Flores, 2009). Esta zona está rodeada por chinampas donde se cultivan diferentes plantas y vegetales durante todo el año.

### *V.2 Colecta de organismos*

Se realizaron dos muestreos durante los meses de mayo y junio del 2011, en el canal de Cuemanco en el Lago de Xochimilco. Se extrajeron organismos de diferentes tallas por medio de una red de cuchara triangular con 1 mm de luz de malla. Estos se colocaron en recipientes con agua del medio y se

trasladaron al área de acuarios del laboratorio de Acuicultura y Producción acuática de la Facultad de Ciencias, UNAM.

Al encontrar hembras ovígeras durante el muestreo, se separaron del resto de los animales colectados y se colocaron en recipientes de plástico transparente de 1L de capacidad con tubería de PVC que actúa como refugio y aireación constante.

Los organismos se mantuvieron en condiciones de laboratorio a temperatura ambiente, sin divisiones por tamaño o sexo para promover el apareamiento, los organismos fueron depositados en un reservorio de 120 litros con aireación constante por un periodo de 15 días. Si durante este periodo se encontraron hembras ovígeras dentro del reservorio, se realizó el mismo procedimiento de manejo que las hembras encontradas en el hábitat durante el muestreo y se monitoreo cada hembra hasta la liberación de las crías.

### V.3 *Formulación de la dieta.*

Para la formulación de la dieta se utilizaron los siguientes ingredientes:

- Calamar seco 47%
- Camaronina 47%
- Aceite hígado de bacalao 6%

Se utilizó todo el cuerpo de calamar americano, el cual se secó en una estufa a 60° C por 48 horas para eliminar el agua en el tejido. Una vez seco se procedió a tritararlo en un molino para obtener una harina. 300 g de esta harina se mezclaron con 300 g de camaronina y se utilizó un mortero y pistilo para hacer

un homogenado de los dos. Posteriormente se le agregaron y mezclaron 30 ml de aceite de bacalao para finalmente secar la mezcla en una estufa a 60°C por un periodo de 24 hrs.

#### V.4 *Análisis proximal de las dietas.*

Este análisis se llevo a cabo en el Laboratorio de Análisis Químicos para Alimentos, del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM; de acuerdo a los métodos Oficiales de Análisis de la Asociación 21 de Química Analítica (AOAC, 1990).

Tabla 1. Análisis proximal de las dietas experimentales (%).

	<b>Alimento formulado</b>	<b>Alimento comercial</b>
<b>Materia seca</b>	98.1	94.7
<b>Humedad</b>	1.8	5.2
<b>Proteína cruda</b>	46.4	26.2
<b>Extracto etéreo</b>	31.5	12.2
<b>Minerales totales</b>	6.9	10.4
<b>Fibra cruda</b>	2.0	1.7
<b>Extracto libre de nitrógeno</b>	11.2	43.6
<b>Contenido de energía, (cal/g PS)</b>	5,591	4,265

\*Los resultados se expresan en base húmeda

## V.5 *Diseño experimental*

El experimento consistió en comparar el efecto de una dieta formulada y una dieta control (alimento comercial camaronina PURINA 40 % de proteína) en el crecimiento, composición del tejido, el desempeño reproductivo y los índices fisiológicos de *C. montezumae*.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones: los factores de contraste fueron tipo de alimento (Camaronina = Alimento Control y Acocilina = Alimento Formulado), y el sexo (Hembra, Macho).

Los organismos se asignaron al bloque de manera aleatoria en acuarios de 10 litros con un peso inicial de 25.5 ( $\pm$  5 mg) y a una densidad de 10 organismos, con un total de 4 réplicas por tratamiento. Los acociles utilizados para el experimento fueron los obtenidos de desoves de hembras provenientes del medio natural (de aproximadamente 25 días de edad), antes de la asignación a las unidades experimentales se registró el sexo y el peso húmedo con una balanza ( $\pm$  0.01 g) Ohaus, Scout.

Se colocó tubería de PVC de 5 cm de longitud y 3 cm de diámetro para que actuara como refugio, además se colocó aireación y un calentador de 5W para mantener la temperatura en un rango de  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  debido a lo reportado en estudios previos por Santiago (2001) y Aguilar (2011), los cuales señalan una temperatura óptima entre 20 y  $25^\circ\text{C}$  para potencializar el crecimiento y sobrevivencia de estos organismos.

Se realizaron biometrías de peso húmedo (PH), longitud total (LT) y longitud cefalotorácica (LCT) quincenalmente con una balanza ( $\pm$  0.01 g) Ohaus, Scout

Pro y un vernier digital Caliper ( $\pm 0.01$  mm) respectivamente, a todos los organismos dentro de los bloques durante 60 días. Para llevar a cabo el análisis de crecimiento se realizó un MANOVA de mediciones repetidas con los registros de PH de los especímenes de las cuatro biometrías, se exploró los efectos de tipo de alimento, bloque, sexo, y sus interacciones. Posteriormente se realizó la concatenación de las variables (tratamiento-sexo), para visualizar su efecto conjunto. Posterior a los 60 días de tratamiento se alimentó a los organismos durante un periodo adicional de 90 días bajo las mismas condiciones. Al finalizar esta etapa se sacrificaron a los acociles por medio de shock hipotérmico y se mantuvieron a  $-20^{\circ}\text{C}$  previo a las mediciones de: materia orgánica, minerales totales, proteína, lípidos y contenido de energía en el tejido.

Al concluir la fase experimental, se realizó un análisis discriminante múltiple que consistió en determinar las diferencias entre grupos en función de las características merísticas determinadas (PH, LT, LCT) y los diferentes indicadores del tejido, todos los análisis se efectuaron con el paquete estadístico JMP Ver. 8.

#### *V.6 Análisis de calidad del agua*

Se monitorearon los parámetros fisicoquímicos: temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), potencial de hidrógeno (pH) y concentración de oxígeno disuelto en el agua ( $\text{O}_2$  mg/l) dos veces por semana a 3 acuarios al azar por cada tratamiento. Se realizaron recambios de agua del 35% semanal.

## V.7 *Determinación de la composición del tejido*

### *Peso seco*

Una vez finalizada la fase experimental (150 días), se sacrificó a los organismos con shock hipotérmico a -20°C, por 3 horas. Después de su congelación, los organismos fueron secados a 60° C por 48 horas para obtener sus valores de peso seco.

### *Materia orgánica y minerales totales.*

De igual manera se efectuó la incineración de los mismos organismos para obtener valores de materia orgánica (MO) y minerales totales (MT) en un horno de alta temperatura (Thermolyne) a 550° C durante 5 horas.

### *Contenido de energía (CE).*

Se realizó la medición de contenido de energía (CE) mediante una bomba calorimétrica (Parr), previamente estandarizada con ácido benzoico.

### *Lípidos y proteínas*

Para las determinaciones de lípidos y proteínas en los acociles se realizó un homogenizado de cada uno de estos organismos en un homogenizador DOUNCE de vidrio de 7 ml con 2 ml de buffer de lisis, manteniendo el homogenizador en un recipiente con hielo para evitar la degradación del contenido del tejido.

En cuanto a la cuantificación de lípidos, se realizó por el método de fosfovainillina descrito por Barnes y Blastock (1973) donde se tomaron 100 µl

de homogenado a los cuales se les agregó 1 ml de cloroformo, 500 µl de metanol y 500 µl de solución salina dentro del tubo eppendor de 2 ml. Se agitó en vortex por 1 minuto y se centrifugó a 3000 rpm por 5 minutos en una centrifuga Spectrafuge 16 M Labnet a 4°C. Se tomaron 100 µl de extracto clorofórmico, se pusieron en tubos de ensayo de 10 ml y se evaporó en una estufa a 100 °C. Posteriormente se agregaron 100 µl H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para digerir a 100°C por 15 minutos y se dejó enfriar. Finalmente se agregaron 2.4 ml de reactivo de fosfovainillina y se realizó la lectura de las muestras en un espectrofotómetro Beckman DU 640 a 490 nm. Se preparó un blanco de reactivo con buffer de lisis y una curva patrón con un estándar secundario de 10 mg de aceite de maíz en 10 ml de acetona.

Para la cuantificación de proteínas como nitrógeno total se tomaron muestras de 15 µl del homogenado inicial y el resto de agua destilada para 2 ml de muestra que requiere el método. Se utilizó un equipo HACH DR/780 y el reactor DRB 200, para realizar el método de Silicato 10023 para las determinaciones de nitrógeno total. Se utilizó un blanco de reactivo con 15 µl de buffer de lisis para determinar la interferencia causada por éste y se le restó al valor final de las lecturas para cada una de las muestras. Este valor se multiplicó por el factor 6.25 de acuerdo a lo referido en el método Número 976.06 de la AOAC Analysis Methods (1995) para determinar la cantidad de proteína total en el tejido de estos organismos.

### V.8 *Desempeño reproductivo.*

El desempeño reproductivo se evaluó por medio del índice de desove, a partir del número total de desoves y el número total de hembras al inicio de la fase experimental donde:

$$\text{Índice de desove} = \frac{\text{No. total de desoves}}{\text{No. total de hembras}}$$

### *Índices fisiológicos*

#### V.9 *Tasa metabólica (R)*

Este índice fisiológico se evaluó a través del consumo de oxígeno ( $QO_2$ ) de rutina expresado como una tasa,  $\text{mg O}_2\text{g}^{-1} \text{PS día}^{-1}$  en los organismos bajo condiciones de ayuno, en periodo de intermuda.

El consumo de oxígeno se midió en cámaras respirométricas de 120 ml de capacidad con un individuo por cámara. Se emplearon 18 cámaras para estas mediciones: 9 para la dieta formulada, 8 para la dieta comercial, y sus respectivas cámaras control. Todas fueron sumergidas en un contenedor de 50 litros con un termostato marca Sunny de 100 W el cual actuó como baño maría y permitió conservar la temperatura a  $23 \pm 1$  ° C. La medición del oxígeno se efectuó con un oxímetro YSI 51B ( $\pm 0.05$  mg  $O_2/L$ ). Se tomaron las lecturas iniciales de todas las cámaras, previo a su cierre hermético y después de un periodo de 3 horas se abrieron secuencialmente para registrar su concentración de oxígeno final.

#### V.10 *Excreción nitrogenada (U).*

Las pérdidas por excreción de nitrógeno fueron evaluadas en las mismas muestras en las que se midió el oxígeno consumido, empleando alícuotas de 25 ml de c/u de ellas, la determinación de nitrógeno amoniacal se realizó mediante el método de Azul de Indofenol (Rodier, 1981), donde la intensidad de este compuesto leído a 640 nm con un espectrofotómetro, es directamente proporcional a la concentración de amonio, la cual fue expresada como  $\text{mg N-NH}_4\text{g}^{-1} \text{PS h}^{-1}$ . Estos datos de absorbancia fueron transformados a valores de concentración por medio de una curva patrón con estándares de concentración conocido de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  calculando la ecuación de regresión entre absorbancia (Abs) vs concentración del estándar, con un modelo lineal ( $\text{Abs} = B_0 + B_1 [\text{estándar}]$ ).

#### V.11 *Relación atómica oxígeno nitrógeno (O: N).*

Se calculó la relación atómica (O: N) para estimar las cantidades relativas de proteínas, lípidos y carbohidratos oxidados por los organismos (Mayzaud & Conover, 1988).

#### V.12 *Análisis estadístico*

Se analizaron estadísticamente los resultados entre el la dieta control y la dieta de maduración, al igual que por género, sobre las diferentes variables mediante ANOVAs y contraste múltiple de medias de Tukey utilizando el paquete estadístico SPSS ver. 16. También se realizó un análisis discriminante con todas las variables y posteriormente uno de modelo reducido con las variables de lípidos y contenido de energía con el paquete estadístico JMP ver. 8.

## VI. RESULTADOS

### VI.1 *Análisis de calidad del agua*

Se registraron los parámetros fisicoquímicos: temperatura (°C), potencial de hidrógeno (pH) y concentración de oxígeno disuelto en el agua (O<sub>2</sub> mg/l) cada tercer día a 3 acuarios al azar. Se obtuvieron los promedios de los registros de estos parámetros los cuales se muestran en la tabla 2. Se llevo a cabo un análisis de varianza para determinar si existían variaciones significativas de estos parámetros entre los tratamientos y a lo largo del tiempo. No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) para ninguno de los parámetros monitoreados.

TABLA 2. Parámetros fisicoquímicos registrados durante la fase experimental.

Tratamiento	T°C	O <sub>2</sub>	pH
<b>Dieta control</b>	23.4 ± 0.2	6.0 ± 0.1	8.4 ± 0.1
<b>Dieta formulada</b>	23.5 ± 0.1	5.9 ± 0.1	8.4 ± 0.1

\* Media ± Error estándar

### VI.2 *Crecimiento*

El peso húmedo promedio para las hembras de la dieta control ( $\bar{x} = 0.41$  g), fue el mayor valor obtenido después de la primera fase experimental. De igual manera los machos de la misma dieta presentaron el segundo valor más alto ( $\bar{x} = 0.36$  g). En cuanto a los organismos bajo la dieta formulada se obtuvieron los valores promedios de (0.31 y 0.29 g, para machos y hembras

respectivamente), al término de los primeros 60 días de experimentación; el contraste múltiple de medias de Tukey, indicó diferencias significativas para el tratamiento Camaronina–H ( $F=7.5$ ,  $P<0.006$ ), los demás tratamientos no difirieron significativamente entre sí. En la Tabla 3, se indican los valores señalados, así como el contraste múltiple de medias efectuado (letras diferentes entre paréntesis, indican medias distintas entre tratamientos). La Fig. 2 señala la tendencia del crecimiento entre los tratamientos referidos.

Tabla 3. Peso húmedo promedio por tratamiento y sexo al término de 60 días de experimentación.

<b>Tratamiento</b>	<b>Sexo</b>	<b>Peso húmedo (g)</b>
Dieta Formulada (Acocilina)	Hembras	$0.29 \pm 0.012$ (b)
	Machos	$0.31 \pm 0.018$ (b)
Dieta Control (Camaronina)	Hembras	$0.41 \pm 0.02$ (a)
	Machos	$0.36 \pm 0.017$ (a,b)

\*Media  $\pm$  Error estándar

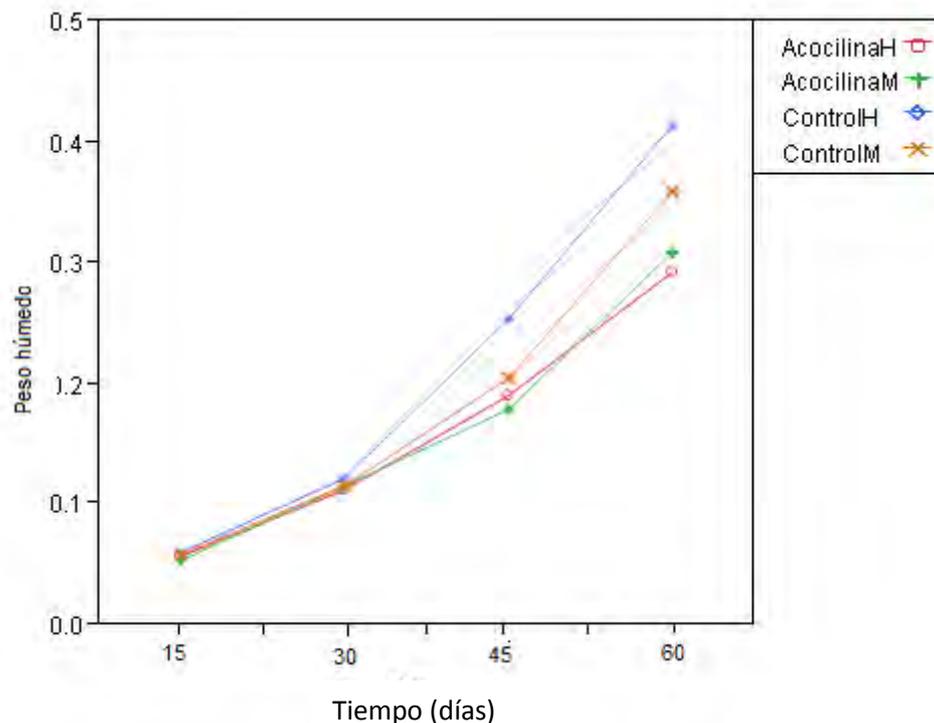


Figura 2. Valores promedio de peso húmedo (g) por tratamiento al término de 60 días de experimentación.

### VI.3 Análisis químico proximal del tejido

#### *Materia orgánica y minerales totales.*

La MO de los organismos alimentados con la dieta control presentaron valores uniformes con 71.8 % y 71.2 % para hembras y machos respectivamente. Sin embargo los organismos bajo la dieta formulada son contrastantes: las hembras bajo la dieta formulada presentan un mayor porcentaje, con 73.3% y los machos presentan el menor valor de todos, con 67.4% ( $F=1.0121$ ,  $P>0.4364$ ) Contrastando con el porcentaje de minerales totales, donde los machos bajo la dieta formulada presentan el mayor porcentaje con 32.4% y las hembras bajo este tratamiento el menor de todos con 26.2%. Los organismos bajo la dieta control obtuvieron registros de 28% y 31.7% para hembras y

machos respectivamente ( $F=1.2053$ ,  $P>0.3683$ ). No se encontraron diferencias significativas para ambos factores ( $p>0.05$ ) al realizar el ANOVA (Ver Tabla 4).

#### *Contenido de energía.*

Los resultados del análisis del contenido de energía del tejido muestran que los organismos alimentados con la dieta formulada presentan un valor mayor las hembras ( $6,294 \text{ cal}^{-1} \text{ g PS}$ ) que los machos ( $5,784 \text{ cal g}^{-1} \text{ PS}$ ). Sin embargo los machos alimentados con la dieta control presentaron un valor mayor que los machos bajo la dieta formulada con  $5,827 \text{ cal g}^{-1} \text{ PS}$ , mientras que las hembras presentaron el menor valor de todos con  $5,553 \text{ cal/g PS}$  (Tabla 5). Al realizar el ANOVA se encontraron diferencias significativas para el contenido energético en las hembras alimentadas con la dieta formulada ( $F = 16.2$ ,  $P<0.0009$ , Ver Tabla 4).

#### *Lípidos y proteínas*

En cuanto al análisis de proteína los organismos bajo la dieta formulada presentan un mayor porcentaje promedio con 43.2% y 48.1% para machos y hembras respectivamente, siendo las hembras de este tratamiento las que tienen el mayor porcentaje dentro de esta investigación. Los organismos bajo la dieta control presentan porcentajes de 44.5% y 44.6% para hembras y machos respectivamente ( $F=1.4243$ ,  $P>0.3056$ ). Al realizar el ANOVA no se encontraron diferencias significativas para el contenido de proteínas ( $F=1.4243$ ,  $P>0.3056$ ).

Los resultados para el análisis de lípidos presentan a los organismos alimentados con la dieta control con porcentajes de 10.2% y 19.7% para

hembras y machos respectivamente, siendo este último el mayor porcentaje dentro del análisis. En cuanto a los organismos bajo la dieta formulada las hembras presentaron 18.6% de contenido lipídico mientras que los machos 15%. Al realizar el ANOVA y la prueba de Tukey se encontraron diferencias significativas para este factor en la interacción del sexo y tratamiento ( $F = 17.7$ ,  $P < 0.0007$ , ver Tabla 4).

TABLA 4. Indicadores finales de la composición corporal, crecimiento y contenido energético del acocil *Cambarellus montezumae* sometidos a diversos tratamientos de tipo de dieta y sexo.

Media  $\pm$  ES

Trat-Sexo	n	PH, g	LT, mm	LCT, mm	MO %	MT %	Proteína %	Lípidos %	CE cal/gPS
Cam-M	3	0.46 $\pm$ 0.04	26.6 $\pm$ 0.71	12.71 $\pm$ 0.8	71 $\pm$ 5.7	28 $\pm$ 5.7	45 $\pm$ 1.4	19.7 $\pm$ 1.02 <sup>(a)</sup>	5827.0 $\pm$ 78.7 <sup>(b)</sup>
Cam-H	3	0.44 $\pm$ 0.04	26.1 $\pm$ 0.27	11.7 $\pm$ 0.37	70 $\pm$ 6.1	29 $\pm$ 6.1	43 $\pm$ 2.9	10.2 $\pm$ 1.02 <sup>(c)</sup>	5533.5 $\pm$ 78.5 <sup>(b)</sup>
Ac-M	3	0.39 $\pm$ 0.04	26.3 $\pm$ 0.08	12.9 $\pm$ 0.09	67 $\pm$ 2.6	32 $\pm$ 2.6	43 $\pm$ 2	15.0 $\pm$ 1.02 <sup>(b)</sup>	5784.1 $\pm$ 78.7 <sup>(b)</sup>
Ac-H	3	0.43 $\pm$ 0.04	26.6 $\pm$ 0.19	11.7 $\pm$ 0.04	73 $\pm$ 2.4	26 $\pm$ 2.4	48 $\pm$ 6.6	18.6 $\pm$ 1.02 <sup>(a,b)</sup>	6294.3 $\pm$ 78.7 <sup>(a)</sup>

Notación: Cam=Camaronina, Ac= Acocilina, M=Macho, H=Hembra. Letras distintas como superíndices, indican diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ). \*Media  $\pm$  Error estándar

Análisis discriminante modelo completo.

Al término de la fase experimental (150 días) se realizó un análisis discriminante con las variables: PH, LT, LCT, proteína, lípidos, MO, MT y CE para los dos tratamientos y su división por sexo. Los resultados muestran que existen diferencias significativas ( $F=104.21$ ,  $P < 0.001$ ) para la interacción del tratamiento y el sexo siendo las hembras las más influenciadas por la

alimentación; encontrándose un mayor efecto en los parámetros lípidos y contenido de energía del tejido (Tabla 5).

Tabla 5. Valores promedio de los diversos indicadores considerados en el análisis discriminante.

TRAT	n	PH.	LT.	LCT.	Prot.	Lip.	MO	MT	CE
SEXO		(g)	(mm)	(mm)	%	%	%	%	
DF. H	3	0.427	21.54	16.02	48.1	18.6	73.3	26.2	6294.3
DF. M	3	0.390	21.34	16.29	43.2	15.0	67.4	32.4	5784.1
DC. H	3	0.44	25.78	11.98	42.2	10.2	71.8	28.0	5533.5
DC. M	3	0.46	27.49	12.88	44.6	19.7	71.2	31.7	5827.0
Todo	12	0.43	24.04	14.29	44.5	15.9	70.9	29.6	5859.7

DF= Dieta formulada, DC= Dieta Control, H= Hembra, M= Macho. \* cal/g OS.  
\*Media ± Error estándar

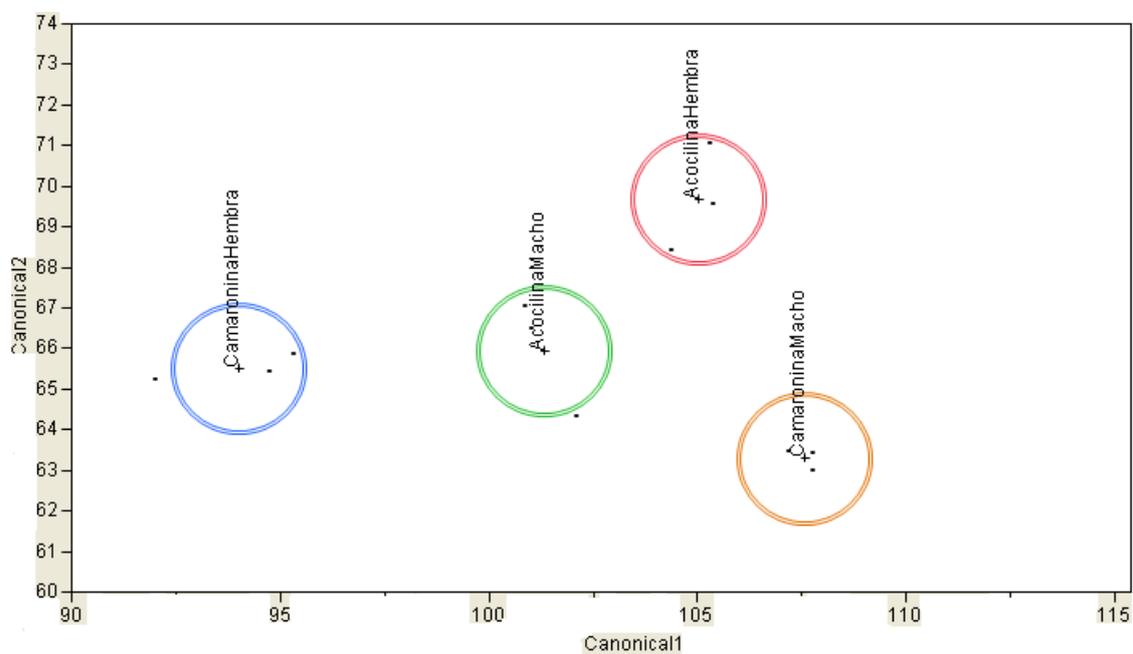


Fig. 3 Gráfico de análisis discriminante modelo completo: PH, LT, LCT, Proteína %, Lípidos %, MO %, MT % y CE (cal/gPs)

## Análisis discriminante modelo reducido: Lípidos y CE

Con base en el análisis discriminante del modelo completo se decidió realizar un ajuste al modelo anterior, con las variables de mayor peso (lípidos y contenido de energía en el tejido), su nivel de significancia en el análisis fue: ( $F = 21.12$ ,  $P < 0.0004$ ) para la interacción sexo contra tratamiento. La Fig. 4 presenta los cuatro grupos totalmente discriminados.

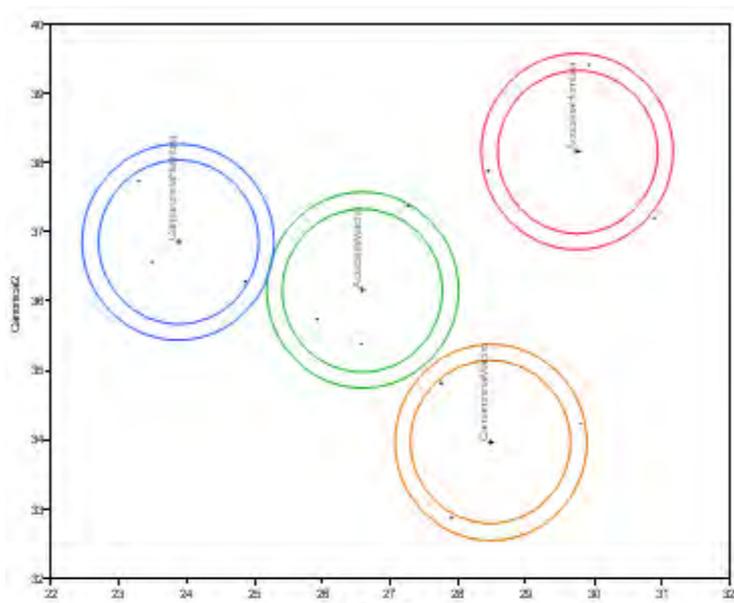


Fig. 4 Gráfico de análisis discriminante modelo reducido: Lípidos % y Contenido de energía (cal/gPs)

### VI.5 Desempeño reproductivo

Los resultados para el índice de desove presentan un porcentaje mayor para la dieta formulada que para la dieta control con un 19.8% y 15.3% respectivamente. De igual manera se presentó una mayor cantidad de hembras cargadas (21) y huevos (571) para la dieta formulada que para la dieta control (Tabla 6).

TABLA 6. Número total de hembras, número total de desoves, número total de huevos e índice de desove.

Tratamiento	Hembras totales	No. de desoves	No. de huevos totales	Índice de desove %	Promedio de huevos/hembra
<b>Dieta control</b>	118	18	495	15.3	28
<b>Dieta formulada</b>	106	21	571	19.8	27

### V.7 Índices fisiológicos

#### *Tasa Metabólica de Rutina (QO<sub>2</sub>).*

La tasa metabólica (QO<sub>2</sub> mg O<sub>2</sub> h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> PS) fue determinada en un lapso de 3 horas en laboratorio, al término de la fase experimental (150 días). Los valores promedios de esta tasa fueron convertidos a cal día<sup>-1</sup> PS utilizando un Q<sub>ox</sub> =3.2 cal/mg O<sub>2</sub> (Bradfield & Solomon, 1972).

No se encontraron diferencias significativas en el gasto de energía por metabolismo respiratorio (p>0.05) entre la dieta formulada y la control (F=1.681, P>0.241). El valor promedio para la dieta control fue de 730.5 cal por organismo por día, en contraste con el de la dieta formulada con 630.8 cal por organismo por día. El porcentaje de energía destinado a respiración es de 10.4% para los organismos alimentados con la dieta formulada y 13.5% para los sometidos a la dieta control (Tabla 7 y Figura 5).

TABLA 7. Consumo de oxígeno promedio para un organismo tipo de cada tratamiento, así como los valores de  $QO_2$  y los valores transformados a calorías. (Media  $\pm$  EE)

Tratamiento	Consumo de oxígeno $QO_2$	$QO_2$ (cal por organismo PS por día)	% de energía destinada a la respiración
<b>Dieta formulada</b>	190.6 $\pm$ 0.57	630.8 $\pm$ 1.04	10.4
<b>Dieta control</b>	221.9 $\pm$ 0.77	730.5 $\pm$ 1.40	13.5

\*Media  $\pm$  Error estándar

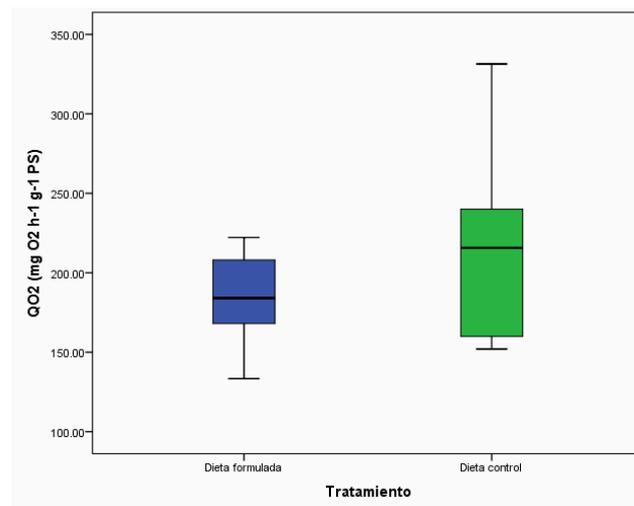


Figura 5. Diagrama de caja donde se muestra la tasa de consumo de oxígeno ( $QO_2$  mg  $O_2$   $h^{-1}$   $g^{-1}$  PS)

*Tasa de excreción de nitrógeno (QNH<sub>4</sub>).*

Se calculó la tasa de excreción nitrogenada promedio para los organismos sometidos a la dieta formulada y la de control en un lapso de 3 horas en laboratorio al término de la fase experimental (150 días). Posteriormente se realizaron los cálculos para obtener datos correspondientes a un ciclo de 24 horas.

Los organismos que fueron sometidos a la dieta formulada presentaron una menor tasa de excreción nitrogenada,  $5.18 \pm 0.15 \text{ mg N NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ PS día}^{-1}$ , mientras que para los de la dieta control fue mayor ( $7.00 \pm 0.21 \text{ mg N NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ PS día}^{-1}$ ).

Tabla 8. Valores excreción nitrogenada promedio para un organismo tipo de cada tratamiento experimental con su error estándar, así como los valores transformados a calorías.

Tratamiento	QNH <sub>4</sub> (mg N NH <sub>4</sub> /g PS día <sup>-1</sup> )	Gasto de energía por excreción (cal/ej. PS día <sup>-1</sup> )	% de energía destinada a la excreción
<b>Dieta formulada</b>	5.2 ± 0.15	21.0 ± 0.31	0.3
<b>Dieta control</b>	7.0 ± 0.21	28.4 ± 0.42	0.5

\*Media ± Error estándar

Se realizaron las equivalencias calóricas de este índice utilizando el coeficiente nitrocalórico  $Q_{ex}$  de 4.05 (cal/mg  $NH_4^+$ ), usado por Bradfield & Solomon (1972) y Kay & Bradfield (1973) para los organismos en ambos tratamientos. Se obtuvo un mayor gasto de energía por excreción para los organismos alimentados con la dieta control ( $28.5 \pm 0.4$  cal/ej. PS día<sup>-1</sup>) que para los de la dieta formulada ( $21.0 \pm 0.3$  cal/ej. PS día<sup>-1</sup>). Al realizar la prueba de análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas en este rubro ( $F=2.532$ ,  $P>0.132$ ), (Tabla 8 y Figura 6).

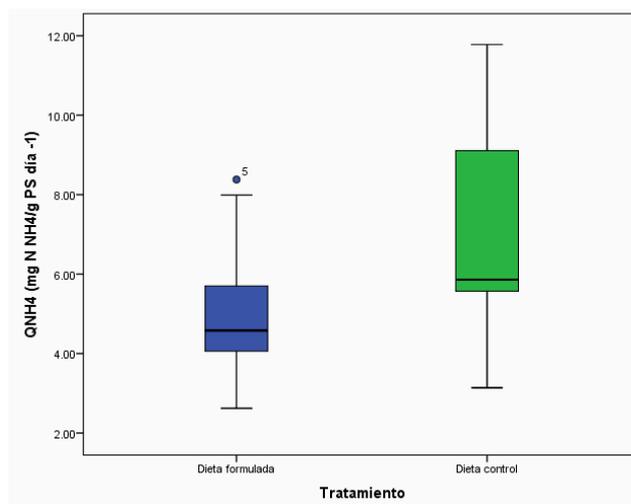


Figura 6. Diagrama de caja donde se muestra la tasa de excreción de nitrógeno ( $QN_{H_4}$  mg N  $NH_4/g$  PS día<sup>-1</sup>) para la dieta formulada y la dieta control.

### VI.7 Relación O: N

La relación atómica O:N es un índice que permite determinar el tipo de sustrato metabólico que es utilizado por los organismos acuáticos como fuente de energía ante variaciones de algunos parámetros ambientales como la temperatura y la salinidad (Mayzaud & Conover, 1988, Díaz, *et al*, 1999; Medina-Romo, 2005). Para esta investigación se toma en cuenta que los

valores de la relación O:N entre 3 – 50 indican oxidación proteica, entre 50 – 60 una proporción igual de proteínas y lípidos mientras que valores mayores a 60 un catabolismo de carbohidratos según lo reportado por Mayzaud & Conover (1988).

Los resultados para los organismos alimentados con la dieta formulada presentan un índice de relación O:N de 29.19, mientras que para los sometidos a la dieta control de 25.02. En ambos casos denotan una oxidación de proteína, pero en la dieta formulada el valor es mayor.

## **VII. DISCUSIÓN**

### *Calidad del agua*

El control de los parámetros fisicoquímicos (temperatura, O<sub>2</sub> disuelto y pH) son de vital importancia para el manejo de especies acuáticas y el control de factores de confusión en el diseño experimental, ya que deben permanecer constantes durante el tiempo de experimentación para que no presenten influencia sobre el efecto que puedan tener las dietas administradas sobre los organismos. Al realizar las pruebas de análisis de varianza para cada uno de estos parámetros no se obtuvieron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), (Tabla 2).

Los valores de temperatura (°C) para la dieta formulada (23.4) y la dieta control (23.5) se encuentran en el rango ideal de temperatura para maximizar el crecimiento y el desempeño fisiológico, previamente reportado por Santiago (2001) y Aguilar (2011) donde establecen un rango entre 22-24°C y 20-25°C respectivamente, para esta especie en condiciones de laboratorio. De igual

manera García-Padilla (2010) reporta que las variaciones de temperatura en el Lago de Xochimilco afectan la abundancia de esta especie, señalando que durante la época cálida del año, existe una mayor abundancia de organismos, dato que es apoyado por Vásquez (2009), que a su vez reporta una mayor cantidad de organismos de talla pequeñas lo que indica que existen condiciones propicias para la reproducción. También se reporta una mayor canalización de energía hacia el crecimiento durante la época cálida lo cual indicaría que este rango de temperatura es propicio para potencializar su crecimiento y reproducción. Sin embargo, (Rodríguez-Serna, 2002) empleando alimento vegetal (*E. densa*) determinó que la mayor eficiencia de alimentación y tasa de ingesta para *C. montezumae* ocurre alrededor de los 17°C

En cuanto a los valores de pH (8.4) para la dieta formulada y la control, se encuentran dentro del rango de tolerancia de la especie ya que se ha observado que los acociles pueden proliferar dentro de un amplio intervalo de este factor sin que existan efectos negativos (Bautista, 1998; Holdich 2002). De igual manera se han reportado valores de pH alrededor de 9 en el lago de Xochimilco. Las concentraciones de O<sub>2</sub> disuelto entre 6.0 y 5.9 mg/l mantenidas durante la fase experimental para las dietas formulada y control, se encuentran dentro del rango de preferencia de esta especie en su hábitat natural. (Rangel, 2009; García-Padilla, 2010).

#### *Crecimiento.*

La nutrición se aboca principalmente al aprovechamiento de los nutrientes, manteniendo el equilibrio homeostático del organismo a nivel molecular y macro-sistémico con la finalidad de asegurar un mantenimiento y desarrollo

óptimo, logrando una salud adecuada y previniendo enfermedades. En todas las formas de cultivo animal, se busca proveer con una cantidad de nutrientes suficientes para cubrir los requerimientos de crecimiento de los organismos y así llegar a un punto eficiente de producción y por lo tanto maximizar la derrama económica que genere esta actividad. En términos del mecanismo de ingestión del alimento, este depende de la forma en que es suministrado. En el caso de los crustáceos los cuales generalmente manipulan el alimento con sus quelípedos, es necesario que el alimento tenga un tamaño apropiado a la talla de los organismos en cuestión (Lucas & Southgate, 2003). El alimento suministrado en el experimento estaba en forma de harina gruesa, sin embargo el tamaño de la partícula podía variar.

El crecimiento en términos de peso húmedo, promedió valores mayores para la dieta control que los alcanzados con la dieta formulada al final del tiempo experimental. En el caso de la dieta control los organismos superaron los 430 mg de peso húmedo, siendo los machos los que tuvieron mayor peso promedio 460 mg, siendo significativamente diferentes de las hembras. En cuanto a la dieta formulada los organismos presentaron menor peso, con ambos sexos con un peso promedio de 430 y 390 mg para hembras y machos respectivamente. No existieron diferencias significativas entre las dietas en este rubro a pesar de que había un 20% más de proteína total y extracto etéreo en el alimento formulado. Cabe resaltar que ninguna de las dos dietas empleadas, formulada y control, presentan algún tipo de contenido vegetal el cual se ha observado que promueve el crecimiento (Latournerié et al, 2006) y no se consideró dentro de la formulación de la dieta.

En comparación con organismos del género *Cherax*, los cuales han sido más estudiados por su alta tolerancia al estrés, rápido crecimiento y alta capacidad reproductiva, se ha visto que dietas formuladas con una composición cercana ó superior al 40% de proteína resultaron en tasas de crecimiento más altas (Morrissy, 1989; Villarreal, 1995). Pérez (2004) reporta que valores entre 30 y 35 % de proteína en la dieta suministrada a esta especie es la que tiene mejor rendimiento en sus etapas juveniles. De igual manera se ha visto que la frecuencia de alimentación en *C. quadricarinatus*, optimiza el crecimiento al alimentar cada 6 horas (Cortéz-Jacinto et al, 2003). En el presente estudio, *C. montezumae* fue alimentado cada tercer día a saciedad, y en todos los casos siempre hubo alimento disponible para el consumo de los organismos.

También se ha observado que al incluir calamar en las dietas se ha mejorado el crecimiento en algunas especies de camarón: *Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris* (Martínez-Vega; Akiyama, 1991). Green *et al* (1998) evaluaron dietas con 20 y 30% de proteína cruda en la producción de *L. vannamei*, sin encontrar diferencias significativas en el crecimiento. De igual manera, no se ha estudiado el porcentaje óptimo de proteína en la dieta para *C. montezumae*, por lo que podría señalarse que la cantidad de proteína en la dieta formulada podría haber estado en exceso del nivel requerido por los organismos, y pudo no haber sido canalizada por completo hacia crecimiento.

En cuanto al contenido lipídico Teshima & Kanazawa (1984) estudiaron el requerimiento dietético de éste en larvas de *Penaeus japonicus* y mencionan que con niveles entre 6.5-16.5% no observaron diferencias significativas en el crecimiento y la supervivencia. De igual manera Briggs *et al.* (1994) señala que

niveles excesivos de lípidos en las dietas de crustáceos tienen efectos adversos en su crecimiento y supervivencia.

*Composición del tejido: MO, MT, CE, proteínas y lípidos*

El menor valor promedio de MO durante este experimento fue de los machos bajo la dieta formulada con 67.4% mientras que las hembras de este tratamiento tuvieron el mayor valor con 73.3%. En cuanto a los organismos alimentados con la dieta control registró 71%. Estos datos concuerdan con los encontrados por García-Padilla (2010) donde en los muestreos de *C. montezumae* realizados en Xochimilco, durante un ciclo anual reporta valores de MO de alrededor de  $72 \pm 6$  %.

De igual manera el contenido de MT concuerda con lo encontrado por el mismo autor en organismos en el hábitat natural, ya que sus valores se ubican en el rango de  $27 \pm 6$  %. Los valores encontrados en esta investigación fueron mayores para los machos en ambos tratamientos con 32.4% y 31.7 % para la dieta formulada y la control respectivamente. Sin embargo las hembras presentan valores de 26.2 % y 28 % para las dietas formulada y control.

La composición del tejido en términos de contenido energético presentó mayor valor para las hembras alimentadas con la dieta formulada, siendo de 6294.3cal/g PS, el valor más alto del experimento, mientras que el valor para los machos bajo la misma dieta fue de 5784.0 cal/g PS (Tabla 5). En cuanto a los organismos alimentados con la dieta control los machos presentaron un mayor contenido energético con 5837.01 cal/g PS mientras que las hembras presentan el menor valor de todos con 5533.5 cal/g PS.

Este efecto de la dieta formulada sobre la composición del tejido es significativamente diferente con un intervalo de confianza de 95% por lo que existe influencia directa en el contenido energético de los organismos. Estos valores indican que existe un mayor contenido de energía que los del medio natural que en promedio tienen valores de 2700 cal/ej con un peso de 386 mg (García-Padilla, 2010) lo cual señala que la dieta tuvo un efecto enriquecedor en la incorporación de energía al tejido.

Aguilar (2011) obtuvo 3,049 cal/g Ps, menor cantidad en comparación de los obtenidos con la dieta formulada. Sin embargo, la edad de los organismos en este tratamiento fue más avanzada y por tanto señala que la incorporación energética al tejido del organismo puede variar con este factor (Griffiths, 1977).

En cuanto al contenido proteico en el tejido de los organismos se obtuvo el mayor porcentaje en los organismos alimentados con la dieta formulada (45.9%) mientras que los alimentados con la dieta control 43.5%, sin encontrar diferencias significativas entre ellas. Al comparar con datos de organismos provenientes del hábitat natural Rodríguez-Serna (2002) reporta valores de hasta 51 % de proteína en el tejido de estos organismos, contrastando con la cantidad reportada en el presente estudio. Sin embargo los valores reportados aquí coinciden con Santos (2011), para organismos colectados en la Presa Madin, Estado de México los que presentan valores de proteína alrededor de 44 %. Sin embargo, las diferencias entre los organismos de campo y los de este experimento indican que probablemente la fuente de proteína en el medio natural es suficiente para un crecimiento adecuado. Aunado a esto, Aguilar (2011) llega a reportar valores de 65 % de proteína en el tejido de estos

organismos en condiciones de laboratorio alimentados con la misma dieta control, lo que contrasta con los valores obtenidos en este experimento.

Los porcentajes de lípidos demuestran que las hembras alimentadas con la dieta formulada presentan un mayor valor (16.8 %) que los alimentados con la dieta control (15.1 %) encontrando diferencias significativas. Estos porcentajes rebasan de manera importante los reportados en campo por Santos (2011) con 3.5% y en laboratorio por Aguilar (2011) con 6.6%, siendo significativamente diferentes a los machos del mismo tratamiento y de la dieta control.

#### *Desempeño reproductivo*

El efecto de la dieta sobre la reproducción de los organismos es un paso vital para asegurar la continua producción de la especie en cuestión. Sin embargo, el conocimiento de los requerimientos nutricionales específicos de los reproductores de diversas especies es escaso en la actualidad. En consecuencia, no se dispone actualmente de dietas compuestas eficientes para la maduración lo cual dificulta la producción de semilla de camarón (Cahu, 1995). En términos de *C. montezumae* no existen investigaciones con respecto a dietas que optimicen los procesos de reproducción.

Los resultados obtenidos en este experimento muestran un mayor número de hembras ovígeras para la dieta formulada (21) que para la control (18) al igual que el número total de huevos producidos (571 y 495) respectivamente. Al calcular el índice de desove se obtuvo un mayor porcentaje para la dieta formulada que la control (19.8 % y 15.3 %). Por otra parte, Huerta (2006) reporta que el número de huevos promedio por hembra en condiciones de

laboratorio es de 48, este registro es superior al obtenido en el presente estudio.

De igual manera al comparar con el éxito reproductivo en condiciones naturales Vázquez-González (2009) reporta que obtuvo un promedio de 45 huevos por hembra lo que supera los resultados obtenidos por nosotros. No obstante, este autor también señala que las hembras de primera reproducción producen menos huevos, tal evento aconteció en la presente investigación, dadas las características del protocolo ensayado. Posteriormente el citado autor, utilizó crías de la F1 para reproducción y observó que el número promedio de huevos se redujo a 34 confirmando lo postulado previamente. De igual manera Arredondo-Figueroa (2011) indica que las hembras jóvenes que se encuentran en la primera ovoposición producen pocos huevos lo cual concuerda con lo obtenido en nuestro experimento. Así mismo Civera y Cruz (1982) reportan que el potencial de fecundidad de esta especie en condiciones naturales es alto, de 100 a 150 huevos por hembra. Esto quiere decir que hay factores en el medio natural que pueden contribuir a un mayor desempeño reproductivo que tal vez una dieta controlada no llegue a suplir.

A pesar de esto, el índice de desove fue mayor para la dieta formulada que para la control, lo que denota que los resultados obtenidos son promisorios y faltarían investigaciones complementarias para tener un manejo exitoso de la reproducción controlada de esta especie. Bray et. al (1990) evaluó el contenido lipídico necesario para optimizar el rendimiento de *P. stylirostris* y encontró que el requerimiento de estos componentes en organismos reproductores es mayor que el de animales que no están en fase de reproducción.

#### *Índices fisiológicos: $QO_2$ y $NH_4$*

Los organismos sometidos a la dieta formulada presentaron un menor valor para  $QO_2$  (190.6 mg  $O_2$ / g Ps/ día) que los sometidos a la dieta control (221.9 mg  $O_2$ / g Ps/ día), Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ). Por otra parte, al contrastar los datos obtenidos para la dieta control con los reportados por Aguilar (2011) donde obtiene valores de 240, 237 y 317 (mg  $O_2$ / g Ps/ día) en condiciones experimentales, si se presentan diferencias significativas, sobre todo en la más alta temperatura. A pesar de esto los organismos bajo la dieta formulada presentan valores menores que los reportados previamente.

Al tomar en cuenta el coeficiente oxalórico  $Q_{ox}$  3.2 cal/mg  $O_2$  para calcular las pérdidas de energía por los acociles en ambos tratamientos, se obtuvo el menor valor para los organismos bajo la dieta formulada 630.8 y para el caso de la dieta control 730.5 cal/ ej. PS día<sup>-1</sup>. Estos registros en conjunto con el análisis de los datos del contenido calórico del tejido, permitió obtener el porcentaje de energía destinado a cubrir las demandas de mantenimiento del organismo, para tal efecto, se calcularon valores de 13.5% para los alimentados con la dieta control y de 10.4 % para los organismos bajo la dieta formulada.

Estos valores son menores que los reportados por Aguilar (2010) a temperaturas de 20, 25 y 30° C con estimaciones de 30, 24, y 47%, lo que indica que debido a la temperatura de 23°C utilizada en este experimento se optimizó la utilización de energía relacionada con los costos de mantenimiento, aunado al sustrato energético que posiblemente utilizaron los organismos.

Díaz, et al. (2006) reporta que los mejores rendimientos energéticos para *Cherax quadricarinatus* se obtienen con una dieta alta en proteínas (35%) con un régimen de temperatura de 23- 25 ° C lo cual es similar a los resultados obtenidos en este experimento.

De igual manera al comparar con datos obtenidos en campo por García-Padilla (2010) los porcentajes de energía destinados a respiración son de 49 % y 50 % para las épocas cálida (22 °C) y fría (18 °C) respectivamente, lo que sugiere que la dieta incidió en el rendimiento energético de los organismos en este ámbito.

En cuanto a los valores de excreción nitrogenada la dieta formulada presenta niveles menores que la dieta control. Sin embargo, no existen diferencias significativas entre ambos tratamientos. Al convertir los valores de la excreción nitrogenada a sus equivalencias calóricas utilizando el coeficiente nitrocalórico  $Q_{ex}$  de 4.05 cal/mg  $NH_4^+$  (Bradfield & Solomon, 1972) la dieta control presentó 28.4 cal/ej. PS día<sup>-1</sup> mientras que la dieta formulada alcanzó 21.0 cal/ej. PS día<sup>-1</sup>. Estos registros son menores que los obtenidos por Aguilar (2011), la cual reporta 71.7 cal/ej. PS día<sup>-1</sup>, para *C. montezumae* mantenido a 25°C, tales diferencias son atribuibles a la talla de los organismos, siendo especímenes más pequeños en este último estudio.

#### *Relación atómica O:N*

En ambas dietas los valores de la relación atómica O:N indican una utilización de proteína como sustrato metabólico ya que se encuentran entre 25.02 para la dieta control y 29.19 para la dieta formulada. Sin embargo, el mayor valor para

la segunda indicaría que hay una mayor proporción hacia el catabolismo de lípidos, probablemente debido a la gran cantidad de estos que contenía la dieta.

En comparación con lo reportado por Aguilar (2011), los resultados de la presente investigación presentan una relación O:N mayor. Sin embargo el valor obtenido a la temperatura de 30°C que reporta este autor, triplica lo reportado aquí. Aunado a esto existe una diferencia notable, ya que sus valores tienden más a la oxidación proteica que de cualquier otro sustrato metabólico, mientras que lo encontrado durante esta fase experimental tienden más hacia un balance más proporcionado de catabolismo proteico-lipídico. Sin embargo hay que considerar que los organismos utilizados en esta investigación tienden a ser de mayor edad y tamaño.

De igual manera se ha demostrado que al aumentar la cantidad de proteína en la dieta en larvas de varias especies de camarón la relación O:N disminuye (Rosas, et al. 1995).

Asimismo, se puede señalar que *C. (C.) montezumae* tiene preferencia por un sustrato metabólico como la proteína y los lípidos en estadios juveniles y adultos, ya que en especies como la langosta *Panulirus interruptus* los juveniles tienden a preferir carbohidratos como sustrato metabólico (Díaz-Iglesias, et al., 2010).

## VIII.CONCLUSIONES

- La dieta formulada tuvo un efecto enriquecedor en la incorporación de lípidos y de energía al mismo.
- La influencia de una dieta formulada de esta naturaleza no se vio reflejada en el aumento del crecimiento en peso de las crías de acocil *C. montezumae*.
- La dieta formulada no tuvo un efecto directo en la composición química proximal del tejido en cuanto a materia orgánica, minerales totales y proteínas, al igual que en los índices fisiológicos de consumo de oxígeno y excreción nitrogenada de los organismos.
- El índice de desove no fue afectado por el contenido nutricional de la dieta formulada.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Evaluar la digestibilidad del alimento, específicamente el calamar y realizar el cocimiento del mismo para mejorar la asimilación de sus nutrientes.
- Incorporar algún componente vegetal a la dieta formulada ya que una gran porción de la dieta del acocil *C. (C.) montezumae* en condiciones naturales tiene esa característica.
- Evaluar el nivel óptimo de lípidos para esta especie.

## REFERENCIAS

Aguilar, E. R. 1991. Crecimiento y producción del acocil *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure) (Crustácea: Astacidae), empleando alimento vegetal. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 68 p.

Aguilar Román, E. 2011. Efecto de la temperatura en el metabolismo energético y crecimiento, de crías de acocil *Cambarellus montezumae* (SAUSSURE). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 87 p.

Alonso, A.F. 2007. Influencia del fotoperiodo en el ciclo de muda del acocil *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* (Saussure: 1857). Reporte Final del Trabajo Profesional en la Modalidad de Piscicultura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México, D.F. 13 p.

Akiyama, D.M., Dominy, W.G. & A. L. Lawrence, 1991. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry. In: Proceedings of the aquaculture feed processing and nutrition workshop. 80-99. American Soybean Association. Thailand and Indonesia, September 19-25.

A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis. 15<sup>th</sup> ed. Washington: Association of Official Agricultural Chemists.

Arredondo-Figueroa, J.L., Vázquez-González A., Barriga-Sosa, I. A. & Carmona-Osalde, C. 2010. Effect of Density on Growth and Feeding of the Crayfish *Cambarellus montezumae* (Saussure, 1857). Journal of Applied Aquaculture, 22:1, 66 – 73.

Arredondo-Figueroa, J.L., Vázquez-González A., Nuñez-García L.G., Barriga-Sosa, I. A., & Ponce-Palafox, J.T. 2011. Aspectos reproductivos del acocil *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* (Crustacea: Decápoda) en condiciones controladas. Revista Mexicana de Biodiversidad 82: 169-178

Avault, J. W. 1996. Fundamentals of Aquaculture. Louisiana USA: Publishing Company Inc. Baton Rouge. USA.889 p.

Barnes, H & J. Blastock. 1973. Estimation of lipid in marine animals and tissues: detailed investigation of sulphovainillin method total lipids. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 12: 103-118.

Bautista, C. 1988. Crustáceos: Tecnología del cultivo. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 1-180 p.

Bradfield, A. E & D.J. Salomon. 1972. Oxicalorific coefficients for animals respiring nitrogenous substrates. Com. Biochem. Physiol. 43: 837-841.

Bray W.A., & Lawrence A.L., 1990. Reproduction of eyestalk-ablated *Penaeus stylirostris* fed various levels of total dietary lipid. Journal of the World Aquaculture Society, 21(1), 41-52.

Briggs, M. R., J. H. Brown & C. J. Fox. (1994). The effect of dietary lipid and lecithin levels on the growth, survival, feeding, efficiency, production and carcass composition of postlarval *Penaeus monodon*. Fabricius. Aquaculture and Fisheries Management 25:279-294.

Brody, S. 1954. Bioenergetics and growth. Reinhold Publ. Corp. New York., U.S.A. 1- 311 p.

Cahu, C., 1995. Dietas para Reproductores de Camarón y su Efecto en la Calidad Larvaria. Unité Mixte INRA-IFREMER de Nutrition des Poissons, Plouzané, Francia. 65-72 p.

Cantú, L. L. 1959. Contribución al conocimiento de la embriología del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) Crustacea. Decapoda. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 37 p.

Civera, C. R y Cruz S. L. E. 1982. Bioensayos de incubación artificial del acocil *Cambarellus montezumae*, (Saussure, 1858) (Decapoda, Astacidae). Servicio social. UAM Iztapalapa. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. 56 p.

Clifford, H.C. & Brick, R.W. 1983. Nutritional physiology of the freshwater shrimp *Machrobrachium rosenbergii*. I. Substrate metabolism in fasting juvenile shrimp. *Comp. Biochem. Physiol.* 74A:561 – 568 p.

Chapman, W. D., 1978. Production. In: Bagenal, T. (Ed.) *Methods for Assessment of Fish Production in Fresh waters*. 3er.Ed. IBP. No3. Blackwell Sci. Publ. Oxford. 1 – 365 p.

CONAPESCA, 2010. *Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca*. Edición 2010, México. 289 p.

Cornejo, R.A. 1991. Selección térmica del acocil *Cambarellus montezumae*, Saussure y su correlación con algunos índices fisiológicos. Diferencias estacionales. Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 50 p.

Cortés-Orellana, H.A. 2010. Interacción de depredación entre el ajolote (*Ambystoma mexicanum*) y el acocil (*Cambarellus montezumae*) especies nativas de Xochimilco. Tesis de maestría, Posgrado en Ciencias Biológicas, Instituto de Biología, UNAM. 64 p.

Cortés, J. E., Villareal, C. H., & Rendón, R. M. 2004. Efecto de la frecuencia alimenticia en el crecimiento y sobrevivencia de juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) (Decápoda: Parastacidae). *Hidrobiológica*, (UAM-Iztapalapa). Julio, 13 (2): 151 – 158.

Días-Iglesias, E., Francisco, G. G., Luis, F.B.R., Marysabel, B.H. & Eric, P.B. 2010. Respiration, Excretion and Oxygen: Nitrogen Ratio of the Phyllosomes of the Red Spiny Lobster *Panulirus interruptus*. *Hidrobiológica* 20(2):135-146.

Espín R., M. A. 2001. Evaluación del efecto de dietas artificiales experimentales en el rendimiento reproductivo de *Penaeus vannamei*. Tesis de licenciatura. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

Flores-Ramírez, G. 2009. Análisis preliminar de algunos factores físico-químicos indicadores de la calidad del agua en Xochimilco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 83 p

Galicia-Gallardo, A.P. 2012. Influencia de la densidad y cobertura en el crecimiento y producción del acocil *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* (Saussure, 1857). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 66 p.

García P. M. G., 2011. Estimación del balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* en el Lago de Xochimilco. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 92 p.

García, S. A. 1991. Efecto de diversas dietas sobre la sobrevivencia y crecimiento de crías del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea:Astacidae). Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 48 p.

Gómez, M.F. 1992. Efecto de la temperatura sobre la sobrevivencia, crecimiento y diversos índices del metabolismo energético en crías de *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustácea: Astacidae). Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 46 p.

Green, B., Teichert-Coddington, D., Boyd, C., Harvin, J., Corrales, H., Zelaya-Martinez, D. & Ramírez, E. 1998. Effect of diet protein on food conversion and nitrogen discharge during semi-intensive production of *Penaeus vannamei* during the dry season. Interim Work Plan, Honduras study I (part II). Technical Report. On dynamics/aquaculture.<http://biosys.bre.orst.edu/crspDB/default.htm>

Griffiths, D., 1977. Caloric variation in Crustacea and other animals. J. Anim. Ecol. 46: 593 – 605.

Hernández A. & W. Kempton, 2003. Changes in fisheries management in Mexico: Effects of increasing scientific input and public participation. Ocean and coastal management 46: 507-526.

Hinojosa-Garro, D., & Zambrano, L. 2004. Interactions of common carp (*Cyprinus carpio*) with benthic crayfish decapods in shallow ponds. Hidrobiologia 515: 115-122.

Hobbs, H. H. Jr. 1991. Decapoda. In: Thorp H. & A.P. Covich (Eds.). Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. Academic Press Inc.USA. 823 – 874 p.

Hofman, J. 1983. Así se crían cangrejos de río, biología, mantenimiento e importancia económica. 2ª ed. Barcelona, España. 112 p.

Holdich, D. M. & Lowery, R. S. 2002. Freshwater Crayfish, Biology, Management and Exploitation. Cromm Helm Press. London. 198 pp.

Huerta, C. 2006. Estudio sobre el crecimiento y ciclo de vida de *Cambarellus montezumae* (Saussure, 1857) de los canales de Xochimilco. Servicio Social, Licenciatura de Biología experimental, CBS, UAM Iztapalapa México, D.F. 52 p.

Huner J. V. 1991. Aquaculture of freshwater Crayfish. In: C.E Nash. (Ed). Production of Aquatic Animals. World Animal Science, Elsevier Science Publisher B. V., 2:45-46.

Idyll, C.P. 1974. Capacitación en Acuicultura: México. Progr. de Invest. y Fom. Pesq. México/ PNUD/FAO. Contribuciones al estudio de las pesquerías de México. CEPM: 12.

INAPESCA, Vol. II. Pesca en Aguas Continentales. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Kanazawa, A., S.I. Teshima & M. Sakamoto. (1985). Effects of dietary lipids, fatty acids and phospholipids on growth and survival of prawn (*Penaeus japonicus*) larvae. Aquaculture 50:39-49.

Kay, D. G & A.E., Bradfield. 1973. The energy relations of the polychaete *Neanthes virens* (Sars). *Journal of Animal Ecology* 42(3): 673-692.

Latournerié, C. J.R., Nacif, O. Y., Cárdenas, V. R. 2006. Crecimiento, producción y eficiencias de energía de crías de acocil *Cambarellus* (C.) *montezumae* (Saussure, 1858) alimentadas con detritus de *Egeria densa*. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*. 7 (12): 1-11.

Lista, M., y Velázquez C., 2003. Influencia de tres dietas experimentales en el crecimiento de postlarvas de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XIII, N° 3, 167-172*.

Lucas, J. S, & Southgate, P. C. 2003. *Aquaculture, Farming Aquatic Animals and Plants*. Blackwell Publishing, Oxford, UK. 495 pp.

Martínez, C. T. M. 1999. Evaluación del crecimiento de juveniles del bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) alimentado con desechos del procesado del calamar. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima. 59 p.

Martínez-Vega, J.A., Cruz-Suárez, L.E. y Ricque-Marie, D. (2011). Evaluación de las diferentes partes corporales del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en forma de harina, en dietas balanceadas para camarón (*Litopenaeus vannamei*). *Ciencias y Mar*. Universidad del Mar, Oaxaca, México.

Mayzaud, P. & Conover, R.J. 1988. O:N Atomic ratio as a tool to describe zooplankton metabolism. *Mar. Ecol. Progr. Serv.* (45):289-302.

Medina-Romo, E. Z. 2005. Respuesta fisiológica del abulón amarillo *Haliotis corrugata* a diferentes combinaciones de temperatura y salinidad. Tesis de maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). Baja California, México. 52 p.

Moctezuma, M.A., 1996. Bases biológicas para el cultivo del acocil *Cambarellus montezumae*. Tesis de maestría. Colima, México: Universidad de Colima. 85 p.

Montemayor-Leal, J., Aguilera-González, C., Mendoza- Alfaro R., y Beltrán E., 2010. Influencia de la alimentación sobre la reproducción y crecimiento del acocil regio, *Procambarus regiomontanus*, en condiciones de laboratorio. XII Congreso nacional de ciencia y tecnología de alimentos. Ciencia UANL/Vol. XIII, No. 3. 276 – 286 p.

Morrissy, N. M., 1989. A standard reference diet for crustacean nutrition research. IV. Growth of freshwater crayfish *Cherax tenuimanus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 20: 114-117.

Nacif, O. Y. 2004. Evaluación del proceso de descomposición areóbica de la macrófita *Egeria densa* presente en el hábitat de *Cambarellus montezumae* y su potencial como alimento para esta especie. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 63 p.

Nelson S. G. & Knight A.W. 1997 Ecological energetics and its application to the evaluation of diets for aquatic species, with special regard to the giant Malaysian prawn, *Machrobrachium rosenbergii*. Proc. World. Maric. Soc. 8:779-785.

Pérez-Rodríguez, R., Malpica-Sánchez, F., Arana-Magallón, F. 1998. Cambáridos de tres embalses del estado de Tlaxcala, México (Crustácea:Decapoda). Rev. Soc. Mex. Hist. Nat; 48:1-13.

Pérez Z. A. 2004. Efecto de la sustitución de la harina de pescado por harina de soya e hidrolizado de cabeza de camarón, en dietas balanceadas en juveniles de langosta de quelas rojas, *Cherax quadricarinatus* (Crustacea: Parastacidae). Tesis de maestría, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. UAM, Unidad Iztapalapa. 135 p.

Rodier, J. 1981. Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales y aguas de mar. Ediciones Omega. Barcelona-España. 1 – 1059 p.

Rodríguez-Serna, M., C. Carmona, M.A. Olvera, and J.L. Arredondo. 2000. Fecundity egg development and growth of juvenile crayfish *Procambarus* (*Austrocambarus*) *llamasi* (Villalobos 1955) under laboratory conditions. Aquaculture research 31: 173-179.

Rodríguez, S. M. y Carmona, O. C. 2002 Balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustácea: Astacidae: Camaridae) y

pérdida de energía en la tasa metabólica. *Universidad y Ciencia*. 18 (36): 128-134.

Rojas, P. Y. R. 2003. Revisión taxonómica de las especies de *Cambarellus* (*Cambarellus*) (Crustacea: Decapoda: Astacidae: Cambaridae): análisis morfológico. Tesis de maestría. Instituto de Biología. UNAM. 179 p.

Rosas, M. M. 1976. Datos biológicos sobre el acocil del Lago de Pátzcuaro (*C. montezumae patzcuarensis*). P:89 – 123. Memoria del Simposio Sobre Pesquerías en Aguas Continentales, vol. I 3-5 de noviembre, 1976, Subsecretaría de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 40 – 63 p.

Rosas, C., A. Sánchez, E. Díaz-Iglesias, L.A. Soto, G. Gaxiola R. Brito, M. Báez-Hidalgo & R. Pedroza. 1995. Oxygen consumption and ammonia excretion of *Peneaus setiferus*, *P. schmitti*, *P. duorarum* and *P. notialis* postlarvae fed purified test diets: effect of protein levels on substrate metabolism. *Aquatica Living Resources* 8: 161-169.

Rosas, C., López, N., Mercado, P & Martínez, E. 2001. Effect of salinity acclimation on oxygen consumption of juveniles of the White shrimp *Litopenaeus vannamei*. *J. Crust. Biol.* 21:919 – 922.

Sánchez M., Romero J., Negrete R., Simeón, R. y Sánchez A., 2008. Aprovechamiento de los ambientes reducidos para la producción de

organismos susceptibles a cultivo, para el consumo humano. Revista Veterinaria México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México, D.F. 55 - 67 p.

Santiago M. C. 2001. Evaluación de la tasa de crecimiento de *Cambarellus montezumae* (Saussure: 1858) (Crustacea: Decapoda) a diferentes temperaturas bajo condiciones de laboratorio y algunos aspectos de su ciclo biológico. Tesis de licenciatura, UAM Xochimilco.

Santos, M. S. S., Melo, R. V., Schettino, B. B., Jiménez, A. H. D. y Jiménez, A. C. E. 2011. Consumo de acociles *Cambarellus montezumae* como fuente importante de macronutrientes. Rev. Latinoamer. Quim. 2011, 38 (Suplemento especial).

Vázquez, G. A. 2009. Aspectos sobre la reproducción y el crecimiento del acocil *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857), en condiciones de laboratorio. Tesis de maestría. UAM, Xochimilco. 95 p.

Vega-Villasante, F., Nolasco-Soria, H., Civera-Cercedo, R. González-Valdéz. R., y Oliva-Suárez, M. 2000. Alternativa para la alimentación del camarón en cultivo: el manejo de la muda. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Mérida, Yucatán. 313 – 320 p.

Villalobos, F. A. 1955. Cambarinos de la Fauna Mexicana (Crustacea: Decapoda). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. 290 p.

Villalobos-Hiriart, J.L.1993. Los crustáceos de agua dulce de México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 44: 267-290.

Villarreal, H., 1995. Evaluación del potencial de cultivo de la langosta de agua dulce Australiana *Cherax tenuimanus* en función de su eficiencia bioenergética. Memorias del 3er Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 11-13, 1996. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N. L., México.

## **XI. ANEXO 1**

Análisis proximal del tejido de *C.(C.) montezumae*: lípidos

1. Cada organismo se homogeneizó en 2 ml de Buffer de Lisis (homogenado inicial) a baja temperatura en un Bio-homogeneizador (Dounce) de pistilo flojo.
2. Centrifugar a 3000 rpm por 5 minutos (~1000g) a 4 °C en tubos Eppendorf 2 ml. Se tomó por duplicado las alícuotas.
3. 100 µl para determinar lípidos.
4. Se agregó a la muestra 1 ml de cloroformo:metanol más 400 µl de buffer de lisis.
5. Centrifugar a 300 rpm por 5 minutos a 4 °C.
6. Se quitó el sobrenadante y se homogenizó el precipitado en vortex por 5 minutos.
7. Se tomaron 100 µl de muestra y se evaporó a 100° C.
8. Se tomaron 100 µl de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para digerir a 100 ° C por 15 minutos enfriar a temperatura ambiente agregar 2.4 ml de vainillina.

9. Lectura en espectrofotómetro Beckman DU 640 a 490 nm (se preparó un blanco de reactivo con buffer de lisis para la lectura de lípidos).

Análisis proximal del tejido de *C. (C.) montezumae*: proteínas

1. Cada organismo se homogeneizó en 2 ml de Buffer de Lisis (homogenado inicial) a baja temperatura en un Bio-homogeneizador (Dounce) de pistilo flojo.
2. Centrifugar a 3000 rpm por 5 minutos (~1000g) a 4 °C en tubos Eppendorf 2 ml. Se tomó por duplicado las alícuotas.
3. 5 µl de cada muestra para determinar proteínas.
4. Prender el reactor COD a 105° C.
5. Durante el calentamiento agregar el contenido de un sobre de Nitrogen Persulfate Reagent Powder Pillow a los viales de Total Nitrogen Hydroxide Reagent.
6. Agregar 2 ml de muestra a un vial (2 ml de agua destilada para el blanco). Tapar y agitar vigorosamente durante 30 segundos. Poner el vial en el COD Reactor. Calentar durante 30 minutos.
7. Sacar los viales y dejar que se enfríen a temperatura ambiente.
8. Picar PRGM y 58 para el programa de nitrógeno total, aparecerá mg/L, N y el ícono ZERO en el display.
9. Quitarle la tapa al vial y agregar los contenidos del sobre TN Reagent A Powder Pillow y agitar vigorosamente durante 15 segundos. Presionar TIMER ENTER después de agitar. Comienza una reacción de tres minutos.

10. Después del timer quitar la tapa y agregar el contenido de un sobre de TN Reagent B Powder Pillow al vial. Taparlo y agitar durante 15 segundos. El display mostrará 2:00 Timer 2. Presionar ENTER después de agitar y una reacción de 2 minutos comenzará. (El contenido se pondrá amarillo).
11. Una vez que suene el timer, quitar la tapa de un vial de TN Reagent C y agregar 2 ml de la muestra diferida.
12. Tapar e invertir 10 veces lentamente para mezclar. Habrá una reacción exotérmica.
13. El display mostrará 5:00 Timer 3, presionar ENTER y una reacción de 5 minutos comenzará.
14. Una vez concluido el tiempo, limpiar el vial, ponerlo en el equipo HACH, tapar y presionar READ para la lectura.