



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**ESTIMACIÓN DEL BALANCE ENERGÉTICO DEL
ACOCIL *Cambarellus montezumae* EN EL
LAGO DE XOCHIMILCO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**B I O L O G A
P R E S E N T A:**

GARCÍA PADILLA GISELA MARINA



**DIRECTOR DE TESIS:
DR. JOSÉ ROMÁN LATOURNERIÉ CERVERA**

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

1. Datos del alumno

García
Padilla
Gisela Marina
56 92 91 47
giselagp@msn.com
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
30317787-8

1. Datos del tutor

Dr.
José Román
Latournerié
Cervera

2. Datos del sinodal 1

Dr.
René de Jesús
Cárdenas
Vázquez

3. Datos del sinodal 2

Dr.
Ignacio
Méndez
Ramírez

4. Datos del sinodal 3

Dr.
José Luis
Villalobos
Hiriart

5. Datos del sinodal 4

M en C
Yamel
Nacif
Osorio

6. Datos del trabajo escrito

Estimación del balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* en el lago de Xochimilco.
92 p
2010

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que de alguna manera hicieron posible la realización y culminación de este trabajo:

En primer lugar quiero agradecer al Dr. José Román Latournerié Cervera por su ayuda, apoyo, paciencia y enseñanzas, quien además de ser el director de esta tesis, es sin duda, una de las personas que más ha contribuido en mi formación profesional. Por todo lo compartido gracias.

A la M en C. Yamel Nacif Osorio que con el paso del tiempo no solo se convirtió en un ejemplo a seguir, sino en una gran amiga. Gracias por el apoyo en esos días eternos de respirometría y de salidas al campo, por los consejos académicos y personales, pero sobre todo por amenizar los días de trabajo.

A los miembros del jurado Dr. René de Jesús Cárdenas, Dr. Ignacio Méndez Ramírez y Dr. José Luis Villalobos Hiriart por los comentarios y aportaciones que le hicieron a la misma.

A todos los miembros del Laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática, que de alguna manera han dejado huella en mi persona, pero sobre todo a Esther Roman y Erika Escalante por todo el apoyo que me han brindado, tanto en el trabajo de campo como en el trabajo de laboratorio, gracias por los buenos momentos que hemos pasado trabajando, siendo cómplices en nuestras travesuras, por su amistad y cariño, gracias.

Al Dr. Fernando Arana Magallón y al Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca (CIBAC), por el apoyo para la realización del monitoreo del hábitat del acocil *Cambarellus montezumae* en el lago de Xochimilco.

Finalmente quiero dar las gracias al M en C. Diego Carmona Moreno Bello por permitirme realizar el mejor servicio social que pude haber realizado, gracias por todos esos momentos tan divertidos y por los que no lo fueron tanto, gracias por transmitir la idea que el trabajo es un resultado inevitable derivado de perseguir aquello que gusta, estimula y divierte.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, que siempre la llevare en mi corazón a donde quiera que vaya, gracias por la oportunidad de formarme como persona y como profesionista, gracias por permitirme hacer de mi hobby mi trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres:

Por ser ustedes el pilar en el cual me he apoyado toda mi vida. Porque con sus enseñanzas, amor y confianza, fortalecieron mi vida. Porque siempre estuvieron para mí con palabras de apoyo, que me ayudaron a seguir adelante. Por todo esto, quiero que sientan que el objetivo logrado, también es suyo, porque con su esfuerzo y sacrificio, logré el triunfo que hoy les brindo. *Con cariño y admiración. . .*

A Carlos:

Por estar aquí y ahora, por tu insustituible cariño, que me ha permitido llegar a la culminación de esta etapa de mi vida, gracias por todos los momentos.

A mi amiga Irina:

*La tortuga que anduvo tanto tiempo y tanto vio con sus antiguos ojos,
la tortuga que comió aceitunas del más profundo mar,
la tortuga que nadó siete siglos y conoció siete mil primaveras,
la tortuga blindada contra el calor y el frío,
contra los rayos y las olas,
la tortuga amarilla y plateada,
con severos lunares ambarinos y pies de rapiña,
la tortuga se quedó aquí durmiendo, y no lo sabe.
De tan vieja se fue poniendo dura, dejó de amar las olas y fue rígida
como una plancha de planchar.
Cerró los ojos que tanto mar, cielo, tiempo y tierra desafiaron,
y se durmió entre las otras piedras.*

Pablo Neruda

RESUMEN

En esta investigación se llevo a cabo la estimación del balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* en el lago de Xochimilco, México. Se llevaron a cabo muestreos en la época cálida y fría del año, con el fin de determinar la influencia de la estacionalidad sobre los elementos de la ecuación general del balance de energía ($C = P + R + F + U$) y sobre los parámetros fisicoquímicos imperantes en el hábitat de esta especie.

Se encontró que la temperatura, el pH, oxígeno disuelto, conductividad y potencial Redox, se encuentran dentro de los valores de tolerancia para la especie. Al llevar a cabo el análisis de abundancia de los organismos, se encontró que en época cálida existe un mayor número de organismo con respecto a los meses que son considerados de época fría, así como un mayor número de individuos de tallas pequeñas, lo que nos indica que la reproducción se acentúa en los meses cálidos del año. La estacionalidad no tuvo influencia en el contenido proximal de los organismos.

En cuanto a los parámetros de la ecuación general del balance de energía, tenemos que *C. montezumae* consume alrededor de 461 Cal/ej * día⁻¹ de alimento en época cálida y 305 Cal/ej * día⁻¹ en época fría, pierde por evacuación de heces entre el 6 y 7 % de la energía total extraída del alimento, por respiración pierde entre el 44 y 45 % y por excreción nitrogenada entre el 17 y 22 %, por lo que el campo de crecimiento o producción para la época cálida es del 31% de la energía obtenida del alimento consumido y en época fría es del 28%.

La importancia de conocer los valores de la ecuación general del balance de energía, radica en la aplicación de biotécnicas para acelerar la tasa de crecimiento y reproducción, asimismo la información referente a los factores ambientales y a la calidad de la dieta en estado natural, nos permite mejorar el manejo de la especie en condiciones de cultivo y/o laboratorio.

CONTENIDO	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	9
III. JUSTIFICACIÓN	17
IV. OBJETIVOS	17
IV.1 <i>Objetivo general</i>	17
IV.2 <i>Objetivos particulares</i>	18
V. MATERIALES Y MÉTODOS	19
V.1 <i>Área de estudio</i>	19
V.2 <i>Trabajo de campo</i>	20
V.2.1 <i>Caracterización del hábitat</i>	21
V.2.2 <i>Colecta de los organismos</i>	21
V.3 <i>Trabajo de laboratorio</i>	22
V.3.1 <i>Análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua</i>	22
V.3.2 <i>Análisis del tejido</i>	22
V.3.3 <i>Evaluación de los elementos de la ecuación general del balance de energía ($C = P + R + F + U$)</i>	23
VI. RESULTADOS	30
VI.1 <i>Caracterización del hábitat</i>	30
VI.2 <i>Caracterización de las colectas</i>	36
VI.3 <i>Análisis del tejido</i>	39
VI.4 <i>Evaluación de los elementos de la ecuación general del balance de energía ($C = P + R + F + U$)</i>	41
VII: DISCUSIÓN	58
VIII. CONCLUSIONES	71
IX. LITERATURA CITADA	73
X. ANEXOS	85

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura</i>		Página
1	Morfología general de los Cambaridos.	6
2	Variación del parámetro Temperatura entre localidades y entre estratos.	31
3	Variación del parámetro Oxígeno disuelto entre localidades y entre estratos.	31
4	Variación del parámetro pH entre localidades y entre estratos.	32
5	Variación del parámetro Conductividad entre localidades y entre estratos.	33
6	Variación del parámetro Nitratos entre localidades y entre estratos.	33
7	Variación de los parámetros Nitritos (a) y Fosfatos (b) entre localidades.	34
8	Variación de la Temperatura (a) y el Oxígeno disuelto (b) en los ciclos de 24 hrs.	35
9	Abundancia de individuos de <i>C. montezumae</i> a lo largo del periodo de muestreo.	36
10	Distribuciones de tallas de LT de <i>C. montezumae</i> para época cálida (a) y fría (b) del año.	38
11	Contenido de Materia Orgánica y Cenizas en el tejido de <i>C. montezumae</i> .	40
12	Contenido de energía en el tejido de <i>C. montezumae</i> tomando en cuenta la época del año y la clase talla.	41
13	Peso del contenido estomacal de <i>C. montezumae</i> a lo largo de los meses.	42
14	Variación de frecuencia de aparición del componente DE en el contenido estomacal de <i>C. montezumae</i> .	44

15	Variación de frecuencia de aparición del componente IM en el contenido estomacal de <i>C. montezumae</i> .	45
16	Variación de frecuencia de aparición del componente MV en el contenido estomacal de <i>C. montezumae</i> .	46
17	Variación de los grupos alimenticios de <i>C. montezumae</i> a lo largo de los meses.	47
18	Variación de pérdida de energía por metabolismos respiratorio de <i>C. montezumae</i> entre meses y clases talla.	50
19	Relación entre el Consumo de oxígeno y el peso seco de los organismos de época cálida.	50
20	Relación entre el consumo de oxígeno y el peso seco de los organismos de época fría.	50
21	Variación de pérdida de energía por excreción amoniaca de <i>C. montezumae</i> entre época cálida y fría del año y entre clases talla.	55
22	Parámetros de la ecuación general del balance de energía (Cal/ej X día ⁻¹) en época cálida y fría de <i>C. montezumae</i>	57

LISTA DE CUADROS

<i>Cuadros</i>		Página
I	Parámetros Físico - Químicos del Lago de Xochimilco.	85
II	Resultado del contraste múltiple de medias, mediante la prueba de Tukey.	86
III	Caracterización de las colectas de <i>C. montezumae</i> en el lago de Xochimilco.	87
IV	Análisis de la composición del tejido de <i>C. montezumae</i> .	88
V	Componentes principales del contenido estomacal en un ciclo de 24 hrs.	89
VI	Variación de los componentes del contenido estomacal de <i>C. montezumae</i> .	44
VII	Pérdidas de energía por metabolismo respiratorio en cal/día*g ⁻¹ de <i>C. montezumae</i> entre clases talla y época del año.	50
VIII	Pérdidas de energía por metabolismo respiratorio de <i>C. montezumae</i> entre clases talla y época del año (septiembre y enero).	51
IX	Pérdidas de energía por excreción amoniacal en cal/día*g ⁻¹ de <i>C. montezumae</i> en entre clases talla y época del año.	54
X	Parámetros de la ecuación general del balance de energía (Cal/ej * día ⁻¹) en época cálida y fría de <i>C. montezumae</i> .	56

I. INTRODUCCIÓN

Los cuerpos de agua lénticos, como es el caso del Lago de Xochimilco, constituyen ecosistemas importantes, desde el punto de vista biológico, económico y cultural, principalmente porque gran diversidad de especies encuentran en estos ecosistemas un hábitat óptimo para llevar a cabo sus funciones vitales como crecer y reproducirse (Juárez, 1985). Dentro de estas especies se encuentran los crustáceos decápodos, que son organismos potencialmente cultivables y que tienen una gran importancia tanto ecológica como económica, por tal motivo en los últimos años, se ha intentado profundizar en el conocimiento de su biología como requerimiento básico para su aprovechamiento.

Dentro de este grupo de organismos se encuentran los acociles, que son crustáceos que han logrado distribuirse en todos los continentes, en cuerpos de agua dulce lóticos y lénticos, por lo que son considerados organismos cosmopolitas. Viven tanto en climas templados como subtropicales, siendo los miembros más importantes, grandes y longevos de las comunidades bentónicas dulceacuícolas (Clifford & Brick, 1979).

Estos organismos desempeñan un papel importante en los procesos de transformación y flujo de energía, así como en los ciclos de la materia orgánica de los ecosistemas dulceacuícolas (Hobbs, 1991). Momot *et al.*, (1978) mencionan que los acociles son los crustáceos más conspicuos y desde el punto de vista energético, son los miembros más importantes en las comunidades dulceacuícolas de zonas templadas (Holdich & Lowery, 1988; Hobbs, 1991; Montes, 1993).

Actualmente se reconocen tres familias de acociles: Familia Astacidae, Cambaridae y Parastacidae (Hobbs, *et al.*, 1989). La familia Cambaridae es la más diversa de las tres con doce géneros (Huner, 1981). En nuestro país, Villalobos (1983) reporta la existencia de acociles en una gran diversidad de ambientes dulceacuícolas con una amplia distribución latitudinal.

Dentro de la familia Cambaridae se ubica a la especie *Cambarellus montezumae* (Saussure), endémica del centro del país, teniéndose registro de ella desde los primeros asentamientos indígenas en el Gran Lago del Valle de México; la distribución de esta especie en la actualidad ha quedado restringida a pequeños sistemas acuáticos como la presa de Guadalupe Victoria en el Estado de México, Río Lerma, Timilpa, Laguna de Xico, Lago de Guadalupe y en remanentes de los antiguos lagos de Texcoco, Xochimilco y Chapultepec (Villalobos, 1955; Vargas, 1989).

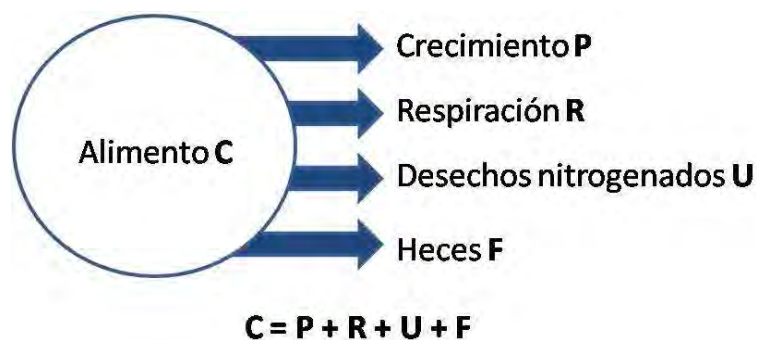
El acocil *Cambarellus montezumae* representa un importante recurso biótico y acuicultural en México, esto debido a que es una especie tolerante a los cambios de humedad y temperatura, así como a variaciones climáticas extremas (Bückle *et al.*, 1994). Sin embargo, existen pocos estudios destinados a comprender los mecanismos de su biología, ecofisiología y cultivo.

En este sentido, es importante mencionar que los estudios ecofisiológicos permiten conocer como estos organismos ajustan sus respuestas bioquímicas, fisiológicas y de comportamiento, a la gran diversidad de ambientes en los que habitan y a las condiciones térmicas fluctuantes (Jobling, 1994). Una manera de estudiar estas respuestas es a través del balance energético, que nos permite evaluar la eficiencia

metabólica de la especie y la transformación de la energía, así como analizar el balance entre el gasto y la ganancia de la energía contenida en los componentes del alimento y la capacidad para utilizarlos como combustible, sustancias de reserva y formación de tejido o gametos (Lucas, 1996).

La distribución de la energía para el metabolismo y crecimiento en los organismos se puede describir, termodinámicamente, mediante la ecuación general del balance de energía propuesta por Klekowsky & Duncan (1975):

Donde (C) es la energía ingerida a través del alimento consumido. (P) es la fracción de la energía que corresponde al campo de crecimiento en los organismos juveniles o producción de gametos en los adultos. (R) es la porción de la energía que se canaliza en los procesos de respiración y la locomoción entre otros. (F) es la porción de energía ingerida que se pierde como heces y (U) es la parte de la energía asimilada, que se excreta como productos nitrogenados.



Este modelo indica las rutas principales que la energía contenida en el alimento sigue a través del organismo así como las vías de distribución de ésta. Cada uno de los pasos con sus valores apropiados pueden verse modificados positiva o

negativamente, debido a la influencia de factores tanto bióticos como abióticos como son el sexo y la talla del organismo, estado del ciclo de muda, la temperatura, la época del año, el fotoperiodo, la calidad del agua, la cantidad y calidad del alimento, entre otros; estos cambios se verán reflejados directamente en el desempeño de los organismo (Talbot, 1985).

Aspectos biológicos del acocil *Cambarellus montezumae*.

Distribución natural.

En México, Villalobos (1955) menciona la ubicación de esta especie en cuencas cerradas del Eje Neovolcánico, que abarca desde Puebla hasta Jalisco, siendo probablemente *C. montezumae* la especie de distribución más occidental entre los Cambaridos mexicanos. Es evidente que su área de distribución ha experimentado una merma considerable en los últimos cuarenta años, debido principalmente a la desecación de los lagos que ocuparon los Valles de México y Toluca y secundariamente a la contaminación del Alto Lerma.

Clasificación taxonómica.

En los cuerpos de agua continentales de nuestro país, la familia Cambaridae se encuentra representada hasta el momento por 50 especies, dentro de las que se encuentra la especie *Cambarellus montezumae*, que fue descrita por primera vez por Henry de Saussure en 1857.

Según Hobbs (1989) su clasificación taxonómica es:

SUBFILUM	Crustácea
CLASE	Malacostraca
ORDEN	Decápoda
SUBORDEN	Astacidea (Latreille,1803)
SUPERFAMILIA	Astacoidea (De Haan, 1841)
FAMILIA	Cambaridae (Hobbs, 1942)
GENERO	<i>Cambarellus</i> (Ortmann, 1905)
ESPECIE	<i>montezumae</i> (Saussure, 1857).

Morfología.

El diseño corporal se presenta mediante un cuerpo segmentado, más o menos cilíndrico, cubierto por un tegumento fuertemente calcificado. Está dividido en dos partes: cefalotórax y abdomen. El cefalotórax incluye los ojos pedunculados, el aparato bucal y las cámaras branquiales, mientras que en el abdomen se sitúan los pleópodos, el ano y el telsón (Fig. 1).

Presentan cinco pares de apéndices torácicos, uno modificado para atrapar el alimento, la defensa y el ataque, denominado quelípodo y los otros cuatro para la locomoción, manipulación del alimento y la limpieza. Estos 10 apéndices en su conjunto, son conocidos como pereiópodos y le dan el nombre al grupo Decapoda. Los apéndices abdominales se conocen como pleópodos y sirven en la hembra para el transporte e incubación de los huevos, así como para el movimiento del agua y oxigenación de los huevos (Pennak, 1978):

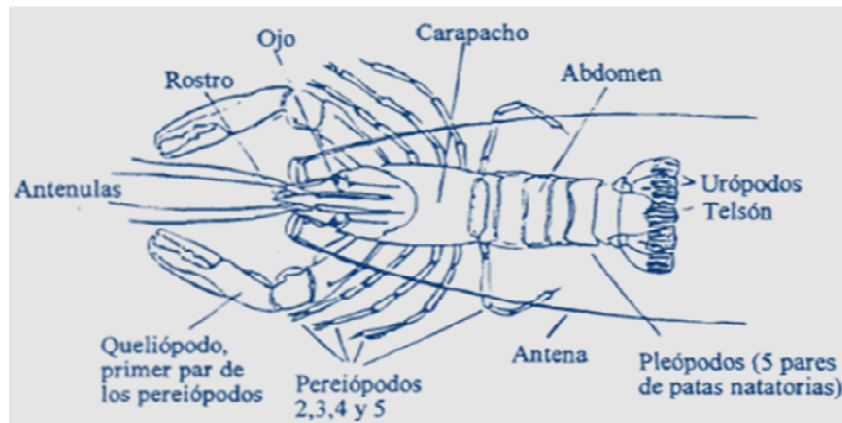


Figura 1. Morfología general de los Cambaridos.

Reproducción.

Los acociles presentan un marcado dimorfismo sexual y un ciclo de vida directo sin fases larvales. En los machos, los dos primeros pares de apéndices abdominales están modificados para transferir el esperma al receptáculo seminal de la hembra, y en la mayoría de los casos el macho presenta un mayor tamaño de las quelas y la transformación y esclerotización del primer y segundo par de pleópodos, lo que facilita el sexado de los animales (Avault & Huner, 1985).

La fertilización es externa y no es siempre inmediata, ya que la hembra puede almacenar el saco espermático por más de seis meses, hasta que las condiciones ambientales sean favorables. Una vez que la hembra desova permanece refugiada en túneles, vegetación, debajo de piedras o cualquier otro sustrato que sirva de refugio. Los huevos son expulsados a través de un par de oviductos que se abren hacia el exterior en los gonóporos ubicados en la base del tercer par de pereiópodos y pasan por una placa llamada *anulus ventralis* donde mantienen el espermatóforo y son fertilizados (Avault & Huner, 1985).

Durante este proceso las glándulas de la superficie ventral de los segmentos abdominales producen una sustancia mucilaginosa y cementante llamada *glair*, con la que se adhieren los huevos ya fertilizados a los pleópodos del abdomen de la hembra. Una vez adheridos los huevos, ésta se encarga de incubarlos con movimiento constante creando una corriente de agua que ayuda a airear y a eliminar los huevos muertos y evitar la proliferación de hongos hasta que eclosionan, dos o tres semanas después, dependiendo de la temperatura. Una vez que eclosionan, las crías continúan adheridas a la hembra durante dos semanas más hasta que concluyen dos mudas (Avault & Huner, 1985).

Hábitos Alimentarios.

Descripciones generales para Cambaridos indican que estos organismos en el medio natural son omnívoros y depredadores ocasionales, donde el canibalismo es común. Como en muchos decápodos estos organismos se alimentan principalmente de detritus, enriquecido con microorganismos degradadores, donde los fragmentos de hojas son predominantes, así como raíces y microalgas, por lo que sus hábitos alimenticios se definen como politróficos (Pennak, 1978; Huner, 1981; McHarney, 1984).

Los acociles juveniles son primordialmente cazadores y preferentemente consumen proteína animal. En edad adulta no depredan, pero consumen pequeñas cantidades de animales, aunque gran parte de su alimento consiste de detritus vegetal (Huner, 1981; Rodríguez-Serna, 1991; 1998; 1999).

De acuerdo a observaciones de Jones (1990b) y Gherardi (2002), se sabe que existen dos picos de intensa actividad alimentaria durante el día; el más intenso se

encuentra entre las 18 horas y la media noche, y el segundo es justo antes de amanecer, los cuales están condicionados por la intensidad luminosa.

Interacciones ecológicas.

Cambarellus montezumae es presa de anfibios como los ajolotes *Ambystoma mexicanum* y *A. tigrinum*; de ranas del género *Rana*; de peces como la carpa *Cyprinus carpio*, especie introducida en México (Hinojosa & Zambrano, 2004), de los charales *Chirostoma jordani* y de reptiles como la culebra de agua *Tamnophis* sp. Los acociles juveniles son filtradores de materia orgánica finamente fragmentada y consumidores de algas. Cuando crecen se adaptan para procesar el detritus, fraccionan las raíces de la vegetación riparia y las hojas que caen de los árboles, favoreciendo su degradación por parte de las bacterias (Holdich, 2002). *C. montezumae* es elemento fundamental como consumidor de especies macrófitas como *Elodea* sp., planta acuática que se encuentra disponible en su habitat (Rodríguez-Serna y Carmona, 2002).

En su medio natural *C. montezumae* se alimenta de larvas de invertebrados, dentro de los insectos de las clases Hemiptera (chinche y escorpión acuático), Coleoptera (escarabajo acuático), Odonata (libélula) y Phasmida (insecto palo); en el caso de los crustáceos, su alimentación incluye larvas de anostracos (*Artemia*), cladóceros (pulga de agua) y anfípodos (*Hyaella* sp.), e incluso ingiere rotíferos (Moctezuma, 1996). Por lo tanto, se puede afirmar que *C. montezumae* tiene una influencia significativa en varios niveles tróficos, tanto como depredador como presa (Rangel, 2009).

II. ANTECEDENTES

El acocil *C. montezumae* (Saussure) es una especie endémica de nuestro país, es un componente crítico dentro del ecosistema lacustre con un potencial comercial importante, pese a esto, se conoce muy poco acerca de su biología. Hasta ahora son escasos los estudios que se han realizado, sin embargo algunas investigaciones han aportado aspectos significativos sobre la biología de este organismo.

Uno de los primeros estudios sobre la especie fue realizado por Villalobos en 1955, en donde describe aspectos taxonómicos, morfológicos y de distribución de los Cambarinos de la Fauna Mexicana (Crustacea: Decapoda), en este estudio se menciona que dicha especie se distribuye en cuencas cerradas del Eje Neovolcánico, que abarca desde Puebla hasta Jalisco, siendo probablemente *C. montezumae* la especie de distribución más occidental entre los Cambaridos mexicanos.

En relación a su biología Cantú (1959), realizó un estudio sobre la embriología de esta especie, realizó la colecta de los organismos en el lago de Chapultepec, de donde obtuvo hembras ovígeras de las cuales extrajo los huevos para realizar los cortes histológicos y observar los cambios superficiales del blastodermo y su desarrollo. Cantú reporta que los huevos de *C. montezumae* son de tipo centrolecito, con tres membranas (la membrana de adhesión a las patas, el corion y la membrana vitelina). Su tipo de segmentación es superficial y la gastrulación se produce por movimientos de involución y convergencia.

Maldonado (1990) estudió la respuesta al estrés térmico del acocil *C. montezumae*, comparando los métodos de Temperatura Crítica Máxima (TCM) y Temperatura Letal 50 (TL₅₀). Se encontró que la TCM para verano es de 35.1°C y para invierno de 30.7°C, la TL₅₀ para organismos de verano fue de 41.8 °C y en invierno es de 41.5 °C, concluyéndose que las altas temperaturas modifican el medio interno de los organismos como consecuencia de la búsqueda del equilibrio de temperaturas con el medio externo, afectando la presión osmótica total.

En 1991 Cornejo realizó estudios sobre la selección térmica de *C. montezumae* y su correlación con algunos índices fisiológicos; encontrando que existen diferencias en la selección térmica influenciadas por el sexo, talla y época del año. Además se encontraron diferencias en el desempeño de los organismos debido al efecto que ejerce la temperatura como factor maestro en el crecimiento, sobrevivencia y metabolismo de estos animales.

Rodríguez en 1991 determinó la influencia que tiene la dieta en la eficiencia de asimilación, pérdidas de energía por respiración y productos nitrogenados en el balance energético de *C. montezumae*, contrastando las temperaturas 17 y 23 °C. En este estudio se encontró una mayor tasa metabólica a los 23 °C, el nivel de ración del 5% fue donde se encontró el mayor gasto de energía, así como el mayor consumo y la mayor excreción nitrogenada a diferencia de los 17 °C en donde se encuentra la mayor eficiencia de consumo y crecimiento.

Por otro lado, Aguilar (1991) en su investigación evaluó el crecimiento y producción de acociles juveniles de *C. montezumae*, alimentándolos con la macrófita *Egeria densa* bajo cinco niveles de ración y dos temperaturas 17 y 23 °C,

con el fin de determinar el efecto de estas dos variables sobre el crecimiento. Concluyendo que el crecimiento tiene una relación significativa con respecto a la temperatura y los niveles de ración.

Moctezuma en 1996 estudió las bases biológicas y técnicas del cultivo de *C. montezumae* bajo condiciones de laboratorio y en pequeños estanques, realizó observaciones sobre su distribución natural, sus necesidades de sustrato y alimento, profundidad del agua, cobertura vegetal, oxigenación y densidad de cultivo.

Arana y colaboradores en 1998, efectuaron una investigación sobre *C. montezumae* en tres embalses del estado de Tlaxcala, donde desarrollaron una revisión taxonómica de las especies de *Cambarellus* con el objetivo de delimitar la importancia que tienen estos organismos dentro de la cadena trófica, puesto que son depredadores activos que transforman la materia orgánica en los cuerpos dulceacuícolas, además de ser aprovechado como alimento autóctono para habitantes de las zonas rurales.

Barbosa (1998), realizó una revisión de estudios previos, empleando varios modelos estadísticos, con la finalidad de observar el efecto que tienen la temperatura y los distintos niveles de nutrientes (proteínas, lípidos y carbohidratos) sobre el crecimiento de *C. montezumae*. Concluyó que no hubo una relación significativa entre la temperatura y la talla de este organismo; asimismo indica que los individuos de menor talla exhiben una tasa de crecimiento superior que los de talla mayor; y que el porcentaje óptimo de nutrientes es el siguiente:

proteínas de 30% a 40%, lípidos no deben ser mayor al 10% y los carbohidratos entre 5 y 20%, con base al peso corporal de un ejemplar promedio.

En 1999 Salazar, efectuó un experimento en el que uso a *C. montezumae* para observar el daño tóxico y genotóxico del pesticida dieldrín (hidrocarburo clorado) utilizando una técnica de medición para los niveles de la lipoperoxidación así como un bioensayo de electroforesis unicelular en gel. En el cual, se determinó que el pesticida dieldrín es genotóxico y probablemente tóxico para este acocil, asimismo se deduce que puede tener un efecto potencial para sus depredadores.

Rodríguez-Serna & Carmona en el año 2002, estudiaron el balance energético del acocil *C. montezumae* y las pérdidas de energía por metabolismo. Se evaluó su efecto en la nutrición de los acociles, observando que el metabolismo es modificado por la clase talla y el nivel de ración del alimento, el factor limitante para el crecimiento de la especie es la temperatura, encontrando los mejores resultados a una temperatura de 17 °C en donde se presentó el mayor consumo de alimento, así como la mejor eficiencia de asimilación de los organismos.

Hinojosa & Zambrano (2004) realizaron una investigación sobre los efectos que tiene la carpa *Cyprinus carpio* (especie exótica) sobre *C. montezumae lermensis* (especie endémica) en embalses de bordos del municipio de Acambay, Estado de México. Este estudio es trascendental para modificar la percepción que se tiene sobre la carpa como depredador esencial del acocil, ya que la conclusión que obtienen los investigadores, indica que el acocil no es un alimento significativo para este animal. Sin embargo, se mantiene un efecto negativo indirecto de la carpa hacia el acocil porque ésta modifica el entorno a través del incremento de

nutrientes sobre el medio, generando turbidez en el agua. Asimismo, destruye las plantas enraizadas que son el hábitat apropiado para los acociles, causando consecuencias sobre la distribución y abundancia de este animal endémico.

Nacif en el 2004 llevó a cabo un estudio sobre la descomposición aeróbica de la macrófita *Egeria densa* presente en el hábitat de *C. montezumae* y su uso potencial como alimento para esta especie. Evaluó los cambios que ocurrieron en la descomposición del tejido de la macrófita, así como agentes bióticos y abióticos que incidieron en el proceso. A partir de esta evaluación, se obtuvieron sustratos alimenticios, bajo los cuales se evaluó la respuesta de *C. montezumae* en su crecimiento bajo un enfoque bioenergético. Concluyendo que el ensilado vegetal promovió el crecimiento de las crías alcanzándose en un lapso de cinco semanas tallas cercanas a la de un estadio de sub-adulto.

Latournerié y colaboradores (2006) realizaron estudios sobre el crecimiento, producción y eficiencias de energía de crías de acocil *C. montezumae* (Saussure) alimentadas con detritus de *E. densa* enriquecido microbiológicamente; encontrando que el uso de detritus vegetal enriquecido presenta condiciones muy favorables para la producción de crías en sistemas de cultivo extensivo de esta especie.

Álvarez y Rangel en el 2007, realizaron un estudio poblacional del acocil *C. montezumae* en Xochimilco, basado en el análisis de 12 muestreos, en los que se colectaron 668 organismos. El intervalo de tallas registrado fue de 2.1 a 41.5 mm de longitud total. La presencia constante de machos forma I y de hembras ovígeras, así como la presencia de tallas pequeñas en la mayoría de los muestreos,

sugieren que existe una reproducción continua a lo largo del año. Las estimaciones de crecimiento, basadas en las frecuencias de tallas, resultaron en una tasa diaria promedio de 0.084 mm. Las tallas de la primera reproducción fueron 24 mm de longitud total para hembras y 21 mm para machos. No se encontró ninguna relación entre la abundancia de *C. montezumae* y la temperatura, la concentración de oxígeno disuelto y el pH.

Sánchez (2007), llevó a cabo un estudio sobre el aprovechamiento de los ambientes reducidos en los canales de Xochimilco para desarrollar el cultivo de *C. montezumae*, para consumo humano. Los sedimentos anóxicos propician la proliferación de bacterias sulfato reductoras, característica principal de los ambientes reducidos, los cuales se aprovechan para el cultivo de crustáceos. En México, se ha reportado la presencia de sedimentos anóxicos en los canales de Xochimilco, en este estudio se evaluaron los parámetros fisicoquímicos del agua y sedimentos, se determinó la presencia de metales pesados tanto en el sedimento como en los organismos; se comprobó la presencia y calidad sanitaria del acocil, a través del análisis cualitativos y cuantitativos de su carga bacteriana, además se determinó la calidad nutrimental de los acociles, por medio de análisis químico proximal. Concluyendo que los canales de Xochimilco cumplen con las características de un ambiente reducido, se demostró que los niveles de metales pesados y carga bacteriana, registrados, no superan los límites máximos permisibles para crustáceos comestibles.

En el 2009 Vásquez realizó un estudio sobre la reproducción y el crecimiento del acocil *C. montezumae* en condiciones de laboratorio, planteó tres diseños experimentales, el primero consistió en cuatro tanques exteriores de 800 L con

219 reproductores por 335 días, el segundo en condiciones de laboratorio, manejó dos machos y una hembra con diez replicas, y en el tercero se manejó tres densidades, 77, 154 y 231 org/m² con dos replicas. En cada caso, se controló la alimentación y se realizó monitoreo de la calidad del agua. Para el primer diseño se obtuvieron 6 174 huevos y 3 162 larvas, con una mortalidad del 51.2%. En el segundo diseño se obtuvieron 14 huevos en promedio por hembra y en el tercer diseño se encontró que la mejor densidad es con 77 org/m². Se calcularon los siguientes índices: Incremento periódico absoluto (IPA), Tasa relativa de crecimiento (TRI), Tasa instantánea de crecimiento (TIC) y Tasa específica de crecimiento (TEC). De acuerdo con los resultados, el acocil objeto del estudio es una especie que se adapta perfectamente a las condiciones de cultivo y es posible mantener una reproducción constante a lo largo del año y general una buena cantidad de juveniles que pueden ser utilizados para programas de recuperación de la especie, repoblación o bien cultivos comerciales.

Rangel en el 2009 llevó a cabo un estudio sobre dinámica poblacional de *C. montezumae*, en la pista de Remo y Canotaje "Virgilio Uribe" ubicada en Cuernavaca; Xochimilco. Efectuó 24 muestreos quincenales donde capturo 1476 organismos; de los cuales 717 fueron hembras, 705 machos y 54 individuos indeterminados. Las principales características poblacionales las determino a través de los siguientes parámetros: abundancia, composición de tallas por sexo y a lo largo del muestreo, tasa de crecimiento individual directa y estimada, tallas de reproducción, fecundidad e intensidad de reclutamiento. Calculó la talla máxima a la que puede llegar *C. montezumae*, dentro del lugar de estudio, mediante el modelo de crecimiento de von Bertalanffy, teniendo como resultado de 48.7 mm

LT. Midió los principales parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, concentración de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto) a fin de conocer si tienen una relación con las principales variables demográficas. Los resultados indican que la temperatura tiene un efecto significativo sobre la abundancia de *C. montezumae* por lo que el crecimiento poblacional aumenta en los meses cálidos. Sin embargo, la reproducción y el reclutamiento se presentaron en todo el año de colecta. La mortalidad es alta en individuos jóvenes por lo que muy pocos llegan a edad reproductiva. Por lo tanto, *C. montezumae* es una especie que presenta, principalmente, características de la selección “*r*” para tener éxito en su hábitat.

III. JUSTIFICACIÓN

La importancia de evaluar el balance energético en especies como *C. montezumae*, se debe a que este es un índice cuantitativo que permite describir, explicar y predecir la condición o estado fisiológico de los organismos dependiendo de la influencia de las variables ambientales, lo cual nos permite conocer el impacto potencial de la especie en cierto ecosistema, así como determinar la posibilidad de éxito al intentar generar una biotecnia específica para su explotación semi-intensiva o la reintroducción de la especie a su hábitat natural.

IV. OBJETIVOS

IV.1 *Objetivo general.*

- Determinar la influencia de la estacionalidad (época cálida y fría) sobre los elementos de la ecuación general del balance de energía ($C = P + R + F + U$) en una población natural de *C. montezumae* (Saussure) en el lago de Xochimilco, México.

IV.2 *Objetivos particulares.*

- Monitorear los parámetros físico-químicos que tiene mayor influencia sobre el desempeño de *C. montezumae* en época cálida y fría del año.
- Determinar su dinámica poblacional en ambas épocas del año.

- Analizar la composición del tejido por época, tomando en consideración índices como el porcentaje de humedad en el tejido, materia orgánica, cenizas y contenido calórico.
- Cuantificar las pérdidas de energía por respiración, desechos nitrogenados y heces en época cálida y fría del año.
- Determinar el consumo, asimilación y composición del contenido estomacal de *C. montezumae* en su hábitat natural.
- Estimar el balance energético de *C. montezumae* en la época cálida y fría del año.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

V.1 Área de estudio.

El presente estudio se realizó en la zona lacustre de la delegación Xochimilco, ubicada al sur de la Ciudad de México, entre las coordenadas 19° 09' de latitud norte y 98° 58' y 99° 10' de longitud oeste. Ocupa una extensión territorial de 116.64 Km² equivalente al 7.9% del total del Distrito Federal. Se encuentra delimitada al norte por las delegaciones de Coyoacán e Iztapalapa, al poniente por Tlalpan, al sur por milpa Alta y al oriente por Tláhuac (INEGI, 2008).

El clima presente en la región se clasifica como *C(w2)(w)b(i)* templado, semi-seco y sin estación invernal bien definida. La temperatura media anual en la zona es de 15 °C, las temperaturas mínimas se presentan en los meses de diciembre y enero entre 12 y 12.6 °C, mientras que las más altas se presentan en los meses de abril, mayo y junio con temperaturas de 15.9 a 18.9 °C. La precipitación media anual es de 1200 mm, los meses de lluvia son de mayo a octubre (UAM, 2001).

En la zona del lago de Xochimilco existe una gran diversidad de flora, tanto de hábitat terrestre como acuático; se cultivan muchas especies y proliferan las malas hierbas. Los árboles que dominan el paisaje alrededor de las chinampas son los ahuejotes (*Salix bonplandiana* y *Salix humboltiana*) (Lot & Quiroz, 1979). Novelo & Gallegos (1988), proponen como principal vegetación flotante al lirio acuático (*Eichornia crassipes*), la lentejilla (*Lemna sp.*) y chichicastle (*Wolffina columbiana*). Se encuentran también aunque en menor abundancia, tules (*Typha dominguensis* y *Typha latifolia*). Los terrenos agrícolas que rodean a los canales, son las chinampas en donde se cultivan verduras, legumbres, cereales y flores. Los

cultivos más comunes son maíz (*Zea mays*), fríjol (*Phaseolus vulgaris*), calabaza (*Cucúrbita pepo*), manzanilla (*Matricaria chamomilla*), betabel (*Beta vulgaris*), zanahoria (*Daucus carota*) y el alheli (*Mathiola incana*) entre otras (Balanzario, 1982).

Algunos pobladores dedicados al cultivo de las chinampas, indicaron que la fauna acuática existente antes de la introducción de las aguas tratadas era la siguiente: ajolotes (*A. mexicaum*), carpas rojas, blancas y negras (*Cyprinus sp.*), acociles (*C. montezumae*) y tortugas (Pedraza, 1995). En las chinampas y ciénegas del lago, abundan toda clase de palmípedos, entre los que destacan la agachona común (*Gallinago sp.*), gallaretas (*Áulica sp.*), garzas blancas (*Casmerodius albus*), pato real (*Cairina moschata*) y tortolas (*Columbina sp.*). Entre las aves canoras destacan, zenzontles (*Mimus sp.*) y jilgueros (*Carduelos sp.*) (Pedraza, 1995).

V.2 Trabajo de Campo.

Se realizaron visitas periódicas a los canales de Cuemanco y el Bordo en el lago de Xochimilco, en los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre de 2009 y enero de 2010; con el fin coleccionar organismos de la especie *C. montezumae* para llevar a cabo experimentos sobre los parámetros de la ecuación general del balance de energía en el laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática de la Facultad de Ciencias, UNAM, además de monitorear los parámetros fisicoquímicos de los sitios de colecta.

V.2.1 Caracterización del hábitat.

En virtud de que las condiciones del ambiente inciden en la distribución de los recursos y usos de la energía contenida en el alimento ingerido de las especies que habitan en los cuerpos de agua, es básico entonces, efectuar un monitoreo de las principales variables que pudieran afectarles. Por tal motivo se midieron en los sitios de colecta la temperatura (± 0.05 °C) y el pH con un potenciómetro HI 98129, el oxígeno disuelto (± 0.05 mg O₂/L) con un oxímetro YSI modelo 51B, la conductividad (μ S) y el potencial redox (mV) se midieron con un multianalizador Cole Parmer y la transparencia (m) fue medida con un disco de Secchi.

Además se tomaron muestras de agua en el estrato fondo y superficie de cada sitio de colecta para su posterior análisis en el laboratorio, cada muestra fue etiquetada con el nombre de la localidad, la fecha, el estrato y la hora en la que fue tomada.

V.2.2 Colecta de los organismos.

Se recolectaron los organismos que se obtuvieron tras tres horas de captura en promedio, por medio de una red de cuchara de 1 mm de luz de malla de forma triangular. La captura de los acociles se llevo a cabo entre las 10:00 y las 12:00 hrs. Posteriormente fueron colocados en botes con agua del medio para su traslado al área de acuarios del Laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática de la Facultad de Ciencias UNAM, donde se mantuvieron durante una semana previo a la fase experimental.

De los organismos colectados se obtuvieron las siguientes características morfométricas: Longitud total (LT: Desde la punta del rostro hasta la parte final del

telson), Longitud del cefalotórax (LCT: desde la espina de la antena, hasta la parte final del cefalotórax en su región dorsal media) con un vernier (± 0.01 mm) Caliper y el peso húmedo (PH) con un abalanza (± 0.01 gr) Ohaus, Scout Pro. Estas actividades se llevaron a cabo dos días después de la colecta para evitar el estrés de los organismos.

V.3 Trabajo de Laboratorio.

V.3.1 Análisis de los parámetros físico-químico del agua.

En el laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática de la Facultad de Ciencias, UNAM, se determinaron los valores de los nutrientes presentes en el cuerpo de agua (nitratos, nitritos y fosfatos), esto se realizó empleando un equipo HACH DR/870 (± 0.005 mg/L). Los nitratos (mg/L de NO_3) se midieron con el método de reducción de cadmio utilizando el reactivo Nitra-Ver5 de alto rango (0 a 30.0 mg/L). Los nitritos (mg/L de NO_2) fueron medidos mediante el método de diazotización utilizando el reactivo Nitra-Ver3 de bajo rango (0 - 0.350 mg/L). Para determinar los fosfatos se registró el fósforo reactivo y ortofosfatos (mg/L de PO_4), mediante el método del ácido ascórbico utilizando el reactivo Phospho-Ver3 de rango 0 a 2.5 mg/L.

V.3.2 Análisis del tejido.

De los organismos colectados se delimitaron tres clases talla para la realización de este estudio: chicos (CC), medianos (CM), grandes (CG), independientemente de su sexo. De estos organismos se separaron 5 individuos de cada clase talla, se

sacrificaron por shock hipotermico a -20°C por una hora y después se procedió a secarlos hasta peso constante (PS) a 60°C en una estufa convencional, con los datos de peso seco (PS) y peso húmedo (PH) de cada organismo, se calculó el porcentaje de humedad promedio para cada colecta (%H) y a su vez se determinó el contenido de cenizas (Ce) y de materia orgánica (MO) de los organismos, empleando la técnica de incineración en un horno de alta temperatura (Thermolyne) a 550°C durante tres horas.

Se midió el contenido de energía (CE) o valor calórico del tejido mediante una bomba calorimétrica (Parr), previamente estandarizada con ácido benzoico. Cada una de estas determinaciones permitió hacer las estimaciones y transformaciones de los datos de los individuos estudiados para adecuarlos a la ecuación general del balance de energía.

Se agruparon organismos de la misma clase talla para realizar la medición de estos índices corporales.

V.3.3 Evaluación de los elementos de la ecuación general del balance de energía

$$(C = P + R + F + U).$$

Consumo (C). Para determinar el consumo de alimento, se evaluó la tasa de ingestión a través de la frecuencia de alimentación y de los componentes del contenido estomacal en organismos recién colectados. Asimismo, se cuantifico el valor calórico del contenido estomacal.

Por cada estación de muestreo se fijaron siete organismos en formol al 5% los cuales debían de presentar su exocutícula rígida como un indicador de estado de

intermuda, ya que durante el periodo de ecdisis hay inhibición de las contracciones estomacales acompañada de una atrofia muscular general (por lo que disminuye la actividad), en este periodo los organismos no se alimentan y por lo tanto su estómago está vacío (Skinner, 1985) y no pueden ser ocupado para la determinación de este parámetro, se obtuvieron muestras en los meses de mayo, junio, agosto, septiembre, octubre y enero.

Para llevar a cabo la extracción del estómago se hicieron dos cortes, el primero se realizó transversalmente en el cefalotórax (utilizando un microscopio con lupa) desde la base de la primera quela de un lado, hasta la base de la quela del lado puesto (pasando por la parte posterior de los ojos); el segundo corte se realizó entre el cefalotórax y el abdomen.

El exoesqueleto se levantó y jaló hacia la parte posterior del acocil, posteriormente se extrajo el estómago y se colocó en una caja petri, se dejó secar durante cinco minutos y se pesó en una balanza analítica, obteniendo el peso del estómago lleno (PELL).

A continuación, se hizo una disección al estómago (en este momento se obtiene el grado de llenado estomacal relativo) y el volumen contenido en el mismo fue colocado en una caja petri, en donde se le adicionaron dos gotas de lugol para teñir sustancias de reserva como el almidón y dos gotas de rosa de bengala para permitir la distinción entre materia animal y vegetal.

Por último, el estómago vacío se dejó secar cinco minutos y nuevamente se pesó en la balanza analítica, obteniendo el peso del estómago vacío (PEV). La diferencia entre el peso del estómago lleno y el peso del estómago vacío dio como resultado el

peso del contenido estomacal, que corresponde al contenido estomacal relativo (en gramos).

$$PCE = PELL - PEV$$

Para estimar la importancia de los estómagos vacíos dentro de la muestra, se calculó el índice de vacuidad/ mensual:

$$I_v = E_v * 100 / E_T$$

Donde:

E_v = número de estómagos vacíos por mes.

E_T = número de estómagos analizados por mes.

El contenido estomacal fue observado al microscopio óptico y se tomaron imágenes con una cámara digital, en un aumento de 40X. Se establecieron tres grupos alimenticios: materia vegetal (MV), infauna y meiofauna (IM) y detritus (DE) y posteriormente se determinó el porcentaje que representaba cada uno de estos componentes en relación al total del contenido estomacal.

Heces (F). Las pérdidas energéticas por heces (F) se cuantificaron al medir la producción de éstas en un grupo de organismos recién colectados. Estos individuos se mantuvieron en una jaba de 80 L, bajo condiciones similares a las de la captura. El lapso de evacuación de las heces fue en un ciclo de 24 horas. Las heces se recogieron al sifonear los fondos de la jaba y retenerlas en redes de malla fina. Se lavaron con agua destilada y se secaron a 60°C en una estufa,

posteriormente se midió su contenido de energía en una bomba calorimétrica (Parr).

Producción (P). Se calculó el campo de crecimiento o producción como la diferencia entre la energía contenida en el alimento ingerido y la suma de la energía utilizada en el consumo de oxígeno, producción de heces y la excreción de amonio:

$$P = C - (R + F + U)$$

Tasa metabólica (R). Este índice fisiológico se evaluó a través del consumo de oxígeno (QO_2) de rutina expresado como una tasa, $mg O_2/g PS \times día^{-1}$ en acociles bajo condición de ayunas, en periodo de intermuda y sin lesiones o daños aparentes por la captura o el traslado. Se llevaron a cabo ciclos de 12 horas de medición del consumo de oxígeno en los meses de mayo, junio, julio, agosto y octubre, y ciclos de 24 hrs en condiciones semejantes a las del hábitat en los meses de septiembre y enero.

El consumo de oxígeno se midió en cámaras respirométricas de 120 mL de capacidad con un individuo por cada cámara. Se emplearon 17 cámaras, cinco por cada clase talla CC, CM y CG y dos controles para cada ciclo experimental, sumergidas en una caja de plástico de 50 L, a manera de baño maría, para evitar los cambios bruscos de temperatura. La medición de oxígeno se efectuó con un oxímetro YSI 51B ($\pm 0.05 mg O_2/L$). Las lecturas se tomaron cada tres horas con periodos de aireación y recambio parcial del agua, de una hora entre mediciones; es decir se tomó una lectura inicial después de la cual se cerraron las cámaras,

luego de tres horas se tomo la muestra final y se procedió a recambiar y recuperar los niveles de oxígeno mediante aireación.

Se probó estadísticamente el efecto de la época del año y el efecto de las tres clases talla de los organismos sobre la tasa de consumo de oxígeno. Además se compararon las relaciones $QO_2 - PS$ ($QO_2 = K * PS^\alpha$) para las dos épocas, utilizando modelos de regresión múltiple.

Con el fin de evaluar el efecto de la estacionalidad sobre la tasa metabólica de los acociles se calculo el Q_{10} mediante la siguiente ecuación (Lampert, 1984).

$$Q_{10} = (R_2/R_1)^{(10/T_2-T_1)}$$

Donde:

Q_{10} = Incremento de la tasa metabólica en un intervalo de temperatura dado.

R_1 = Tasa metabólica a la temperatura menor.

R_2 = Tasa metabólica a la temperatura superior.

T_1 = Temperatura baja.

T_2 = Temperatura alta.

Excreción nitrogenada (U). Las pérdidas nitrogenadas se evaluaron en cámaras de un litro, para cada ciclo experimental se ocuparon 17 cámaras, cinco para cada clase talla y dos controles, en cada cámara se colocaron cinco organismos chicos, tres medianos y dos grandes, las lecturas se tomaron cada cinco horas; es decir se tomó una lectura inicial de 100 mL después de la cual se cerraron las cámaras, luego de cinco horas se tomo la muestra final y se procedió a la determinación del O_2 consumido y a la determinación del nitrógeno amoniacal, mediante el método

de Azul de Indofenol (Rodier, 1981), en donde la intensidad de este compuesto leído a una longitud de onda de 640 nm, fue directamente proporcional a la concentración de amonio, la que se expresó en $\text{mg N-NH}_4/\text{g PS X h}^{-1}$. Los datos de absorbancia de las muestras experimentales se transformaron a valores de concentración, por medio de una curva patrón con estándares de concentración conocida de NH_4Cl y calculando la ecuación de regresión entre absorbancia (Abs) – concentración del estándar ($\text{Abs} = B_0 + B_1 [\text{estándar}]$), el modelo es de tipo lineal ($Y = b + m (X_i)$).

Todos los elementos de la ecuación del balance de energía fueron estandarizados, para representar el valor promedio de los acociles de cada elemento de la ecuación fueron transformados a equivalentes de energía, usando calorimetría directa (C, P, F) o por medio de calorimetría indirecta (R y U) utilizando un coeficiente oxalórico (Q_{ox}) de 3.31 cal/mg O_2 y un coeficiente de excreción (Q_{ex}) de 4.05 cal/mg N-NH_4^+ (Brafield & Solomon, 1972; Kay & Brafield, 1973). Con estos valores se estimó la fracción de energía corporal destinada a respiración y a excreción.

Relación atómica oxígeno nitrógeno (O:N). Se calculó la razón atómica (oxígeno: nitrógeno) para estimar las cantidades relativas de carbohidratos, lípidos y proteínas oxidados por los acociles (Brody, 1954; Clifford & Brick, 1983).

Los análisis estadísticos empleados en este trabajo se realizaron de acuerdo a Zar (1974) a través de paquetes de cómputo SPSS 8.0, STATISTICA y el programa Microsoft Excel 2007.

VI. RESULTADOS

VI.1 Caracterización del hábitat.

Se llevó a cabo un análisis de factores múltiples para determinar si existe estacionalidad, estratificación y diferencia entre localidades (canal de Cuemanco y canal del Bordo) de los siguientes parámetros físico-químicos: temperatura, oxígeno disuelto, pH, potencial redox, conductividad y nutrientes (nitratos, nitritos y fosfatos).

El parámetro temperatura presentó diferencias significativas entre meses ($p < 0.05$) y entre estratos ($p < 0.05$) pero no entre las localidades. La estacionalidad encontrada mediante la prueba de Tukey fue de mayo a septiembre como época cálida con una temperatura promedio de 22.1 ± 0.4 °C y de octubre a enero como época fría con una temperatura promedio de 18.4 ± 0.9 °C. El mes más cálido fue julio (22.7 ± 0.5 °C) y el más frío enero (17.7 ± 0.5 °C). Entre los estratos encontramos una diferencia de temperatura de 1.3 ± 1.0 °C, con la menor temperatura en el estrato fondo (Fig. 2).

El oxígeno disuelto presentó diferencias significativas entre meses ($p < 0.05$) y entre estratos ($p < 0.05$) pero no entre localidades. Los meses más parecidos entre sí fueron mayo, junio y julio con una concentración promedio de oxígeno disuelto de 5.7 ± 1.3 mg/L, que contrastó con los meses de agosto, septiembre, octubre y enero donde la concentración promedio de oxígeno disuelto fue mayor con 9.3 ± 1.7 mg/L (Fig. 3).

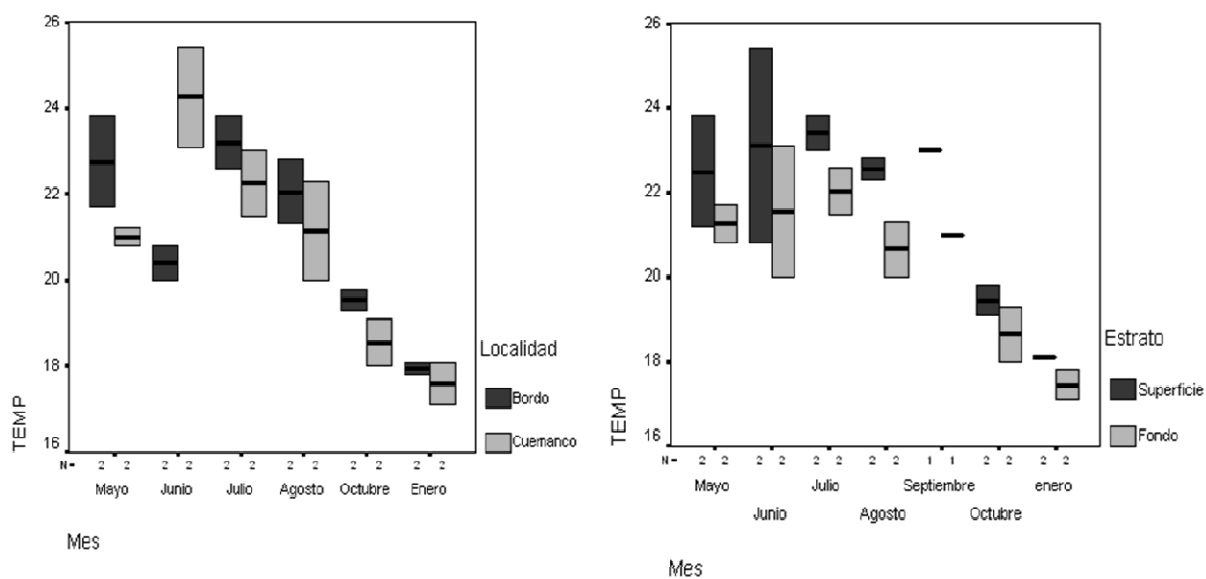


Figura 2. Variación del parámetro Temperatura entre localidades y entre estratos.

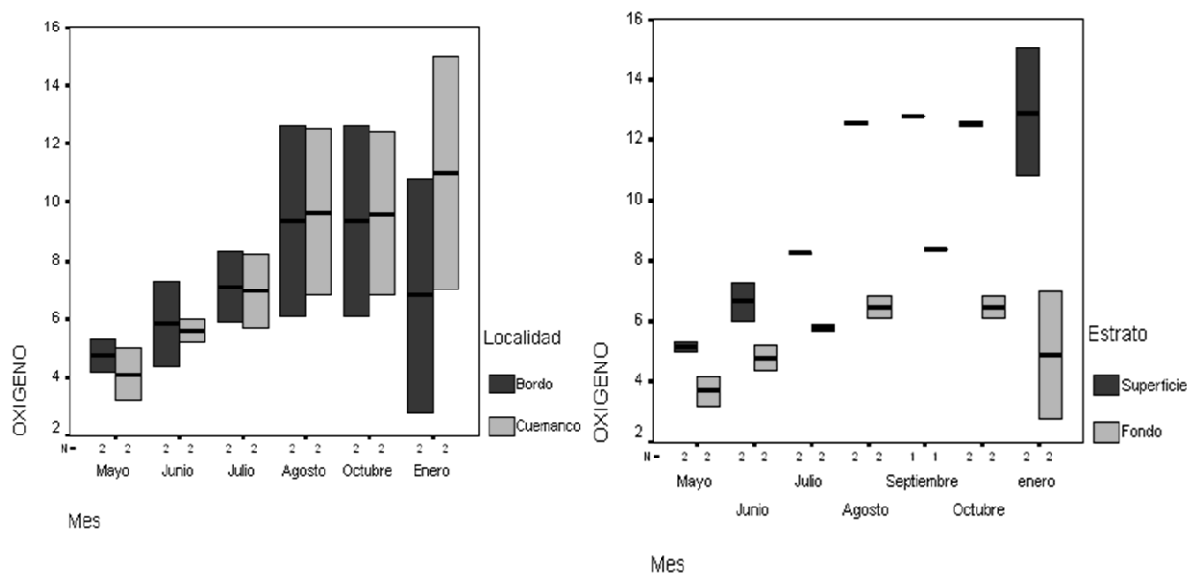


Figura 3. Variación del parámetro Oxígeno disuelto entre localidades y entre estratos.

El pH presentó diferencias significativas entre meses ($p < 0.05$) pero no entre estratos ni entre localidades. Los meses más parecidos entre si fueron mayo, junio y julio con valores de pH promedio de 8.87 ± 0.25 que difirió con los meses de

agosto, septiembre, octubre y enero donde los valores de pH promedio fueron de 9.58 ± 0.16 (Fig. 4).

La conductividad presentó diferencias significativas entre meses ($p < 0.05$) pero no entre estratos ni entre localidades. Los valores más bajos se presentaron en los meses mayo, junio, julio y enero con una conductividad promedio de $633 \pm 75 \mu\text{S}$ y los valores más altos se presentaron en los meses de agosto y octubre con una conductividad promedio de $806 \pm 51 \mu\text{S}$ (Fig. 5).

El potencial redox no presentó variación espacial ni temporal, ya que no se encontraron diferencias significativas entre meses, estratos ni entre las localidades. Su valor promedio a lo largo de los meses fue de $410 \pm 52 \text{ mV}$.

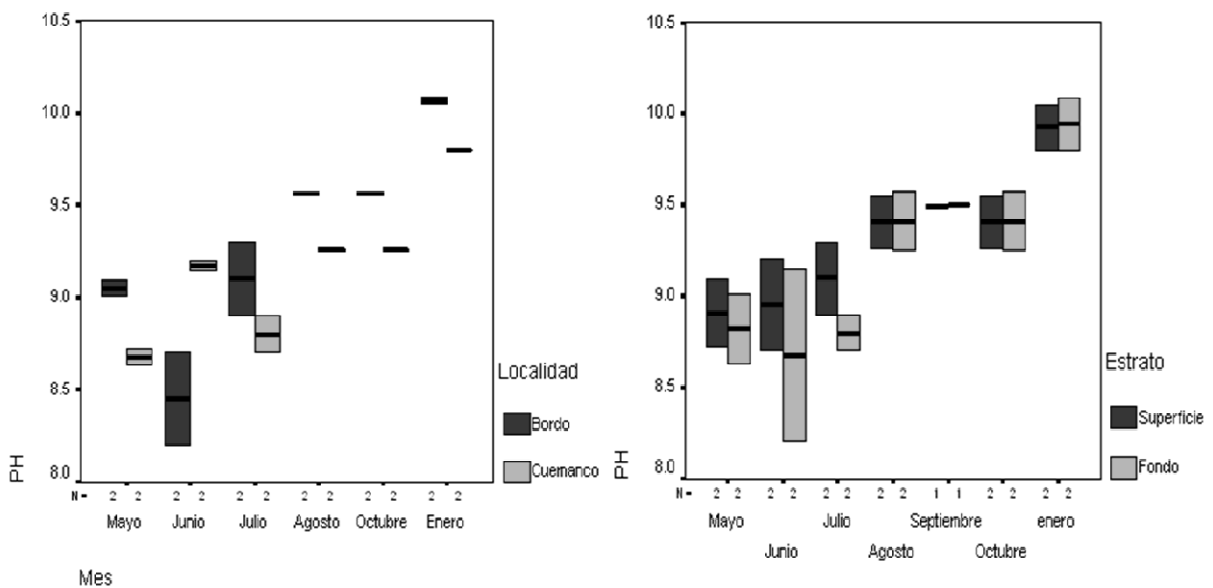


Figura 4. Variación del parámetro pH entre localidades y entre estratos.

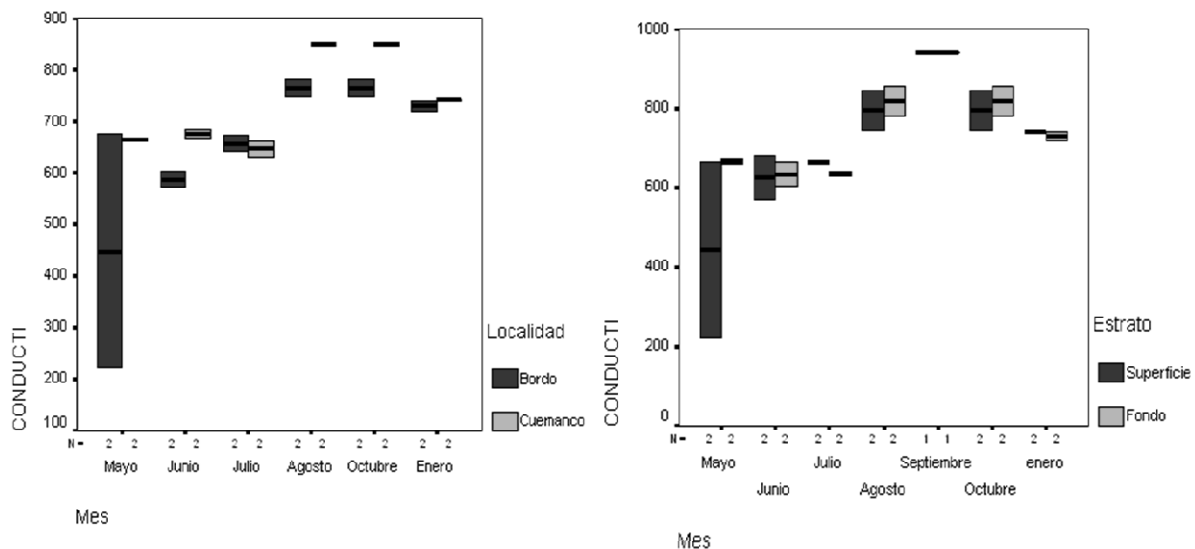


Figura 5. Variación del parámetro Conductividad entre localidades y entre estratos.

Al realizar el análisis de los nutrientes encontramos que los nitratos variaron entre los meses y entre estratos ($p < 0.05$), pero no entre las localidades, el valor más alto se encontró en el mes de mayo con $27.3 \pm 8.6 \text{ mg NO}_3/\text{L}$ y el valor más bajo en el mes de enero con $11.3 \pm 6.6 \text{ mg NO}_3/\text{L}$, en el estrato fondo encontramos una mayor concentración de nitratos con $19.4 \pm 3.1 \text{ mg NO}_3/\text{L}$ y en el estrato superficie $11.9 \pm 2.8 \text{ mg NO}_3/\text{L}$ (Fig. 6).

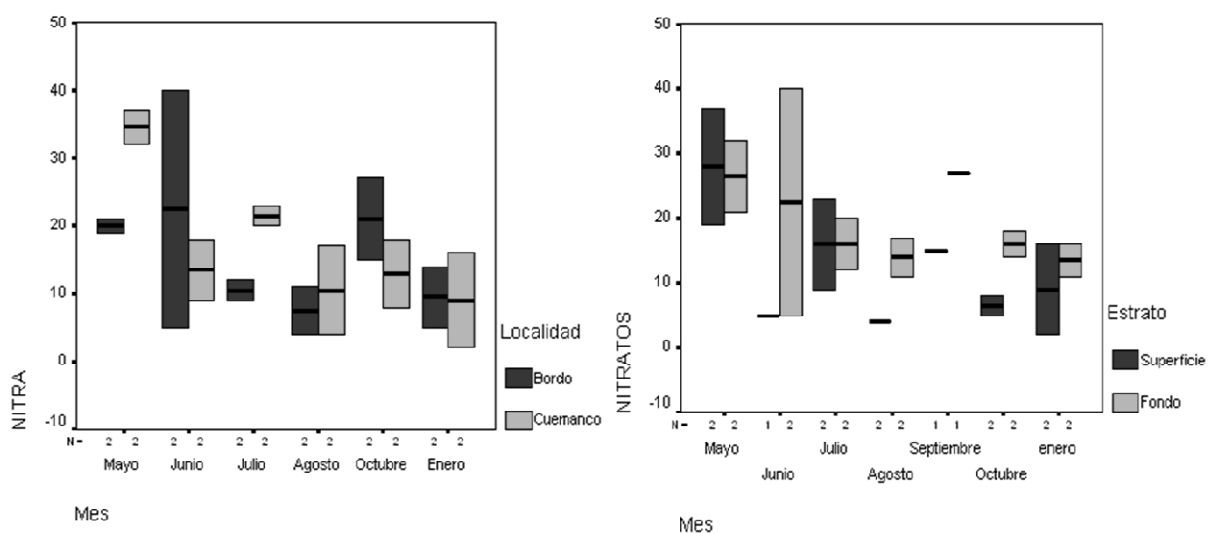


Figura 6. Variación del parámetro Nitratos entre localidades y entre estratos.

Los nitritos y los fosfatos se mantuvieron constantes a lo largo de los meses, de las localidades y de la columna de agua. Los nitritos presentaron una concentración promedio mensual de 2.8 ± 1.3 mg NO₂/L y una concentración promedio entre los estratos de 2.8 ± 0.6 mg NO₂/L. Los fosfatos presentaron una concentración promedio mensual de 4.7 ± 2.1 mg PO₄/L y una concentración promedio entre los estratos de 4.8 ± 1.7 mg PO₄/L (Fig. 7).

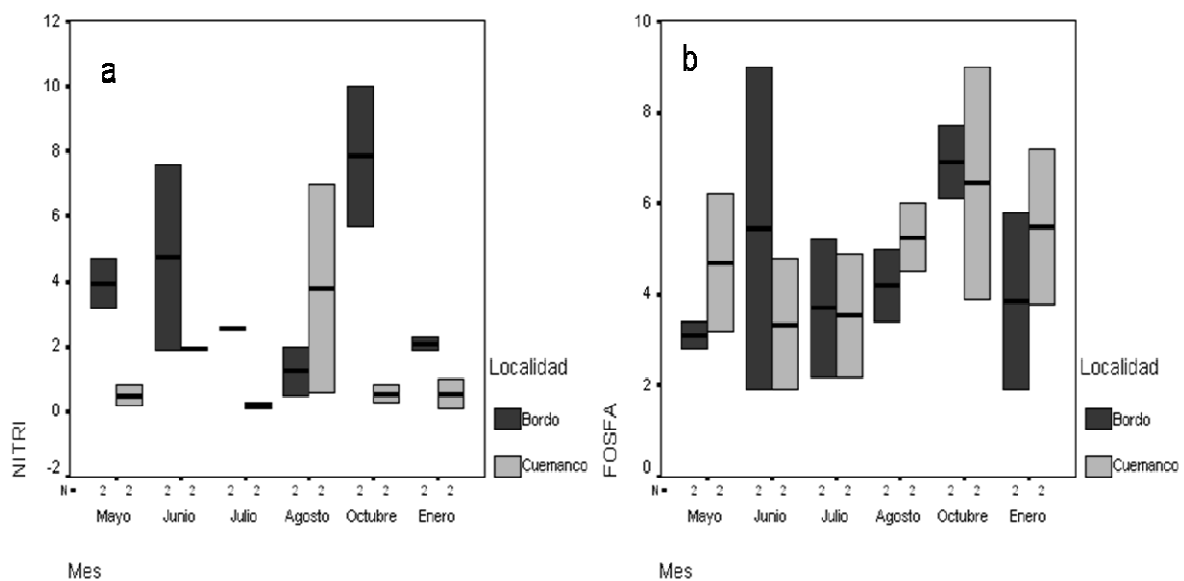


Figura 7. Variación de los parámetros Nitritos (a) y Fosfatos (b) entre localidades.

Además se monitorearon los parámetros fisicoquímicos antes mencionados a lo largo de un ciclo de 24 hrs, en un mes típico correspondiente a cada una de las épocas: septiembre para la época cálida y enero para la época fría. Se encontró que la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH, la conductividad, el potencial redox y los nutrientes no presentan una variación significativa ($p > 0.05$) a lo largo del día, pero si existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los meses de cada una de las épocas para el parámetro temperatura.

La temperatura más alta registrada a lo largo del día en septiembre y enero fue a las 11:00 hrs con una temperatura promedio de 22.0 ± 1.4 °C y 17.9 ± 0.2 °C respectivamente. En septiembre la temperatura más baja se registró a las 24:00 hrs con una temperatura promedio de 20.4 ± 1.4 °C y en enero se midió a las 09:00 hrs con una temperatura promedio de 15.5 ± 1.0 °C. Los niveles de oxígeno disuelto en el mes de septiembre tuvieron su nivel máximo a las 11:00 hrs con un valor promedio de 10.6 ± 3.1 mg/L y su concentración mínima a las 09:00 hrs con un valor promedio de 4.1 ± 4.3 mg/L. En el mes de enero encontramos el valor máximo y el mínimo a las 09:00 y 11:00 hrs respectivamente, con una concentración promedio de 12.2 ± 2.8 mg/L y 6.8 ± 5.6 mg/L (Fig. 8).

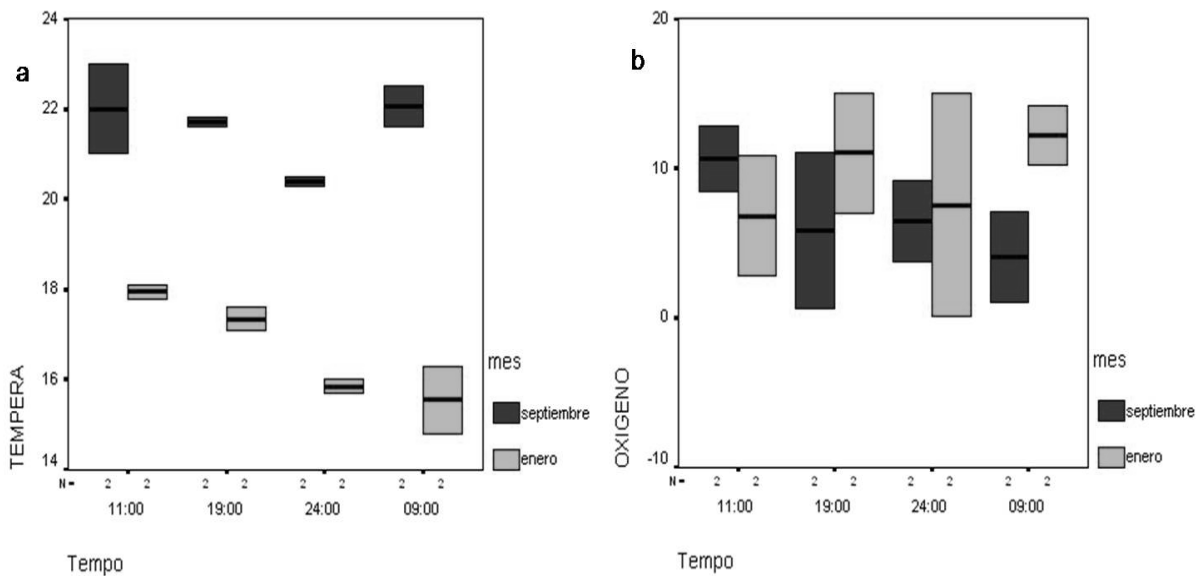


Figura 8. Variación de la Temperatura (a) y el Oxígeno disuelto (b) en los ciclos de 24 hrs.

Los resultados de los parámetros físico-químicos y las conclusiones de las pruebas de Tukey se presentan en los anexos Cuadro I y II respectivamente.

VI.2 Caracterización de las colectas.

Se realizaron muestreos para coleccionar acociles de la especie *C. montezumae* tanto en época cálida como en la época fría del año, para la época cálida se efectuaron 5 muestreos en los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre y para la época fría en los meses de octubre y enero. A los organismos coleccionados se les midieron los siguientes índices morfométricos: longitud total (LT), longitud del cefalotórax (LCT) y peso húmedo (PH).

Se capturaron 1557 organismos a lo largo de siete muestreos; de los cuales 1083 fueron hembras y 474 fueron machos. La cantidad de individuos varió en todas las colectas. Sin embargo, se aprecia un aumento en la época cálida (mayo a septiembre) y una posterior disminución en la época fría (octubre y enero). La mayor captura se realizó en el mes de agosto con 357 organismos, seguido en magnitud por el mes de mayo con 254 organismos. En octubre se obtuvo la menor cantidad de individuos con un total de 130 (Fig. 9).

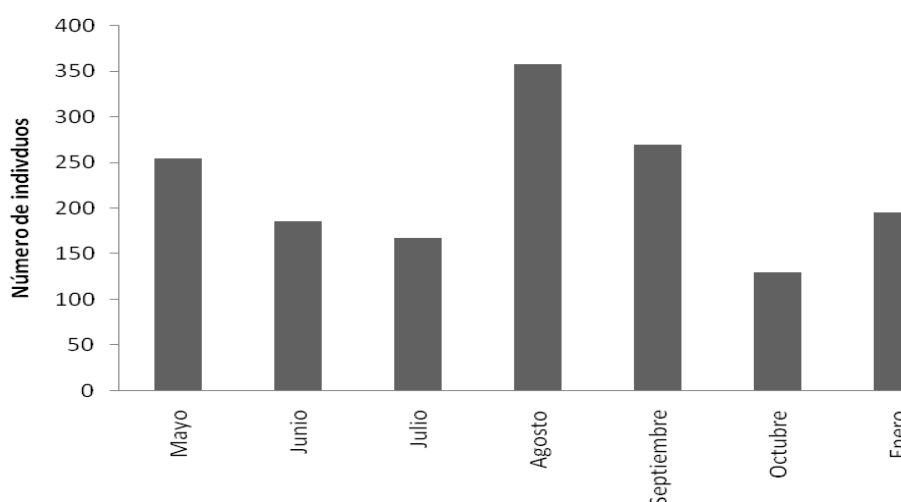


Figura 9. Abundancia de individuos de *C. montezumae* a lo largo del periodo de muestreo.

La proporción de sexos se mantuvo constante entre ambas épocas con un valor de 1:2.3, favoreciendo esta variación para todos los casos a las hembras (Cuadro III-Anexos). Para cada colecta se probó estadísticamente si existían diferencias entre sexos para la LT, LCT y el PH, encontrándose que ésta no resultó significativa ($p>0.05$), en todos los casos. Una vez probado lo anterior, se tomó la colecta sin separar los ejemplares por sexos.

Para llevar a cabo el análisis de composición de tallas, se agruparon los organismos de cada época del año en que fueron capturados. En la época cálida se encontró que el 13% de la población son crías y se encuentran entre el intervalo de talla de 6 a 10 mm de LT, los organismos juveniles representan el 52% de la población con tallas que varían de los 10.1 a los 19.6 mm de LT y el restante 35% de la población son organismos capaces de reproducirse con una LT de entre 19.7 a 38.3 mm.

Para la época fría encontramos que el 15% de la población son crías con una LT de entre 6 a 10 mm, los organismos juveniles representan el 44% de la población con una LT que va de los 10.1 a los 19.6 mm y los organismos sexualmente maduros corresponden al intervalo de talla entre los 19.7 a los 36.8 mm de LT y representan al 41% de la población.

La presencia de organismos entre 6 y 10 mm de LT en ambas épocas del año, nos indica la existencia de un reclutamiento continuo. Sin embargo, se encontró una mayor abundancia de estas tallas en la época cálida del año considerando el tamaño de la muestra (Fig. 10).

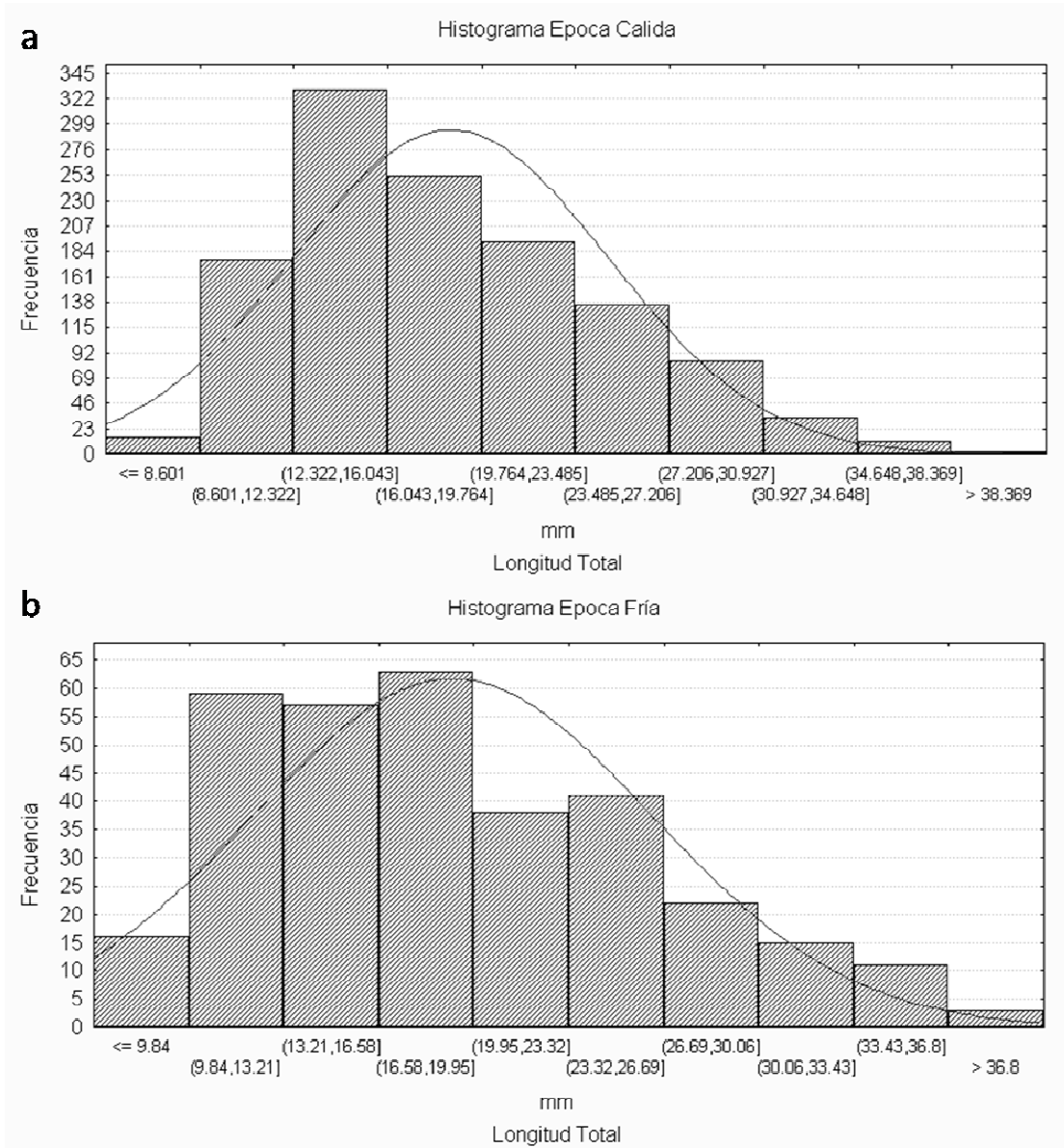


Fig. 10. Distribuciones de tallas de LT de *C. montezumae* para época cálida (a) y fría (b) del año.

En la Cuadro III-Anexos, se presentan los intervalos de confianza (IC) del 95% para la LT, LCT y PH de las distintas colectas realizadas. En la época cálida el análisis de los IC señala que tanto para la LT, LCT y PH el mes que presenta mayores tallas es el de mayo, seguido de junio y julio que son meses muy parecidos, el mes que presenta las menores tallas es septiembre. La época fría presenta IC que señalan

que enero presenta tallas mayores en comparación con octubre. Al llevar a cabo el análisis de los IC agrupando los meses de las épocas cálida y fría encontramos que la época fría posee organismos de mayor tamaño tanto en LT, LCT y PH.

VI.3 Composición del tejido.

Los resultados de % humedad en el tejido (% de H₂O), Materia Orgánica (MO), Cenizas (Ce) y Contenido de Energía (CE) se presentan en la Cuadro IV-Anexos. De las tres clases talla (chicos, medianos y grandes) empleadas para realizar los experimentos de metabolismos se tomaron cinco muestras para determinar estos índices.

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre meses para los factores % de H₂O, MO, Ce y CE, por esta razón se agruparon los datos por época.

El contenido de agua en el tejido no tuvo diferencias significativas entre épocas ni entre clases talla ($p > 0.05$), pero si presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) en la interacción de ambos factores, el valor promedio de agua en el tejido para *C. montezumae* es de $78 \pm 3\%$.

La época cálida presentó un valor promedio de $72.9 \pm 5.7\%$ de MO y la época fría un valor promedio de $71.5 \pm 4.4\%$ de MO, no se encontraron diferencias significativas entre ambas épocas y tampoco entre las clases talla ($p > 0.05$). Las cenizas (Ce) presentaron un valor promedio de $27.2 \pm 6.5\%$ en la época cálida y un valor promedio de $28.5 \pm 4.4\%$ en la época fría, tampoco se encontraron diferencias significativas entre épocas y entre clases talla ($p > 0.05$), (Fig. 11).

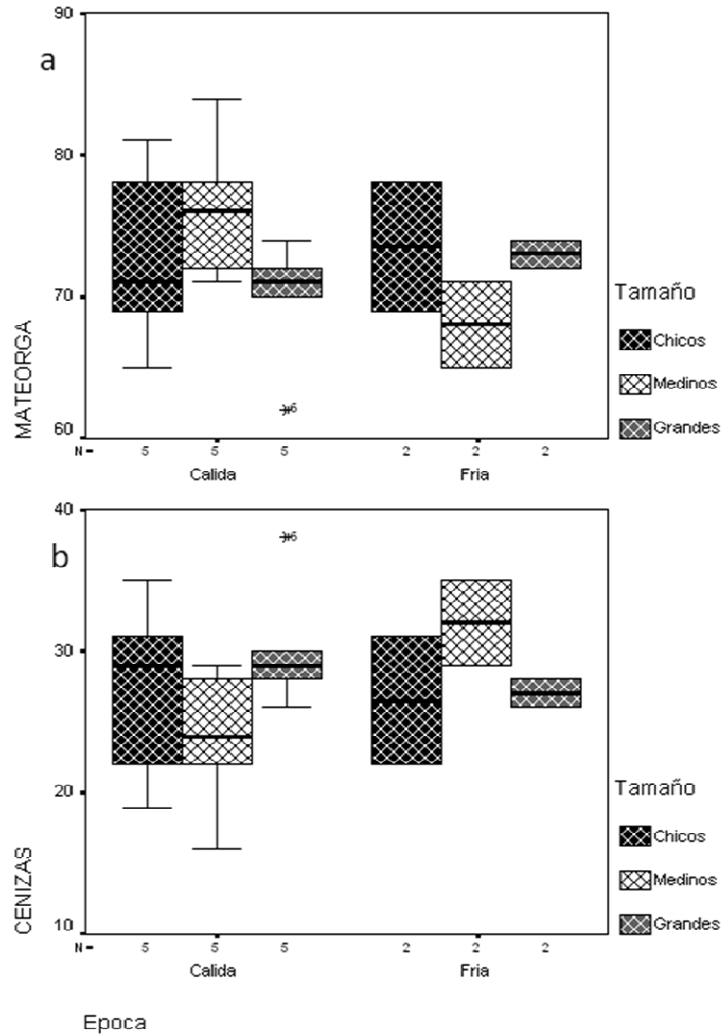


Figura 11. Contenido de Materia Orgánica y Cenizas en el tejido de *C. montezumae*.

El contenido de energía (CE) para el tejido de *C. montezumae*, se obtuvo promediando el valor calórico de las colectas pertenecientes a cada época. La época cálida presentó un valor promedio de 2949 ± 581 cal/g PS y la época fría un valor promedio de 2944 ± 555 cal/g PS, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ambas épocas. Se observa una tendencia a presentarse diferencias entre clases talla, para las clases talla chicos, medianos y grandes se obtuvieron valores promedio de 2778.7 ± 512.4 , 2743.1 ± 492.7 y 3310.4 ± 535 cal/g PS respectivamente (Fig. 12).

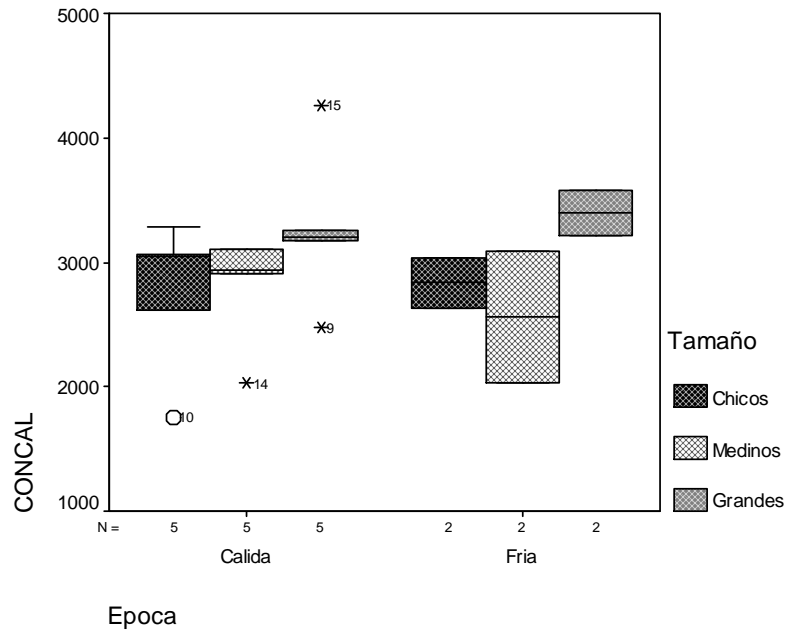


Figura 12. Contenido de energía en el tejido de *C. montezumae* tomando en cuenta la época del año y la clase talla.

VI.4 Evaluación de los elementos de la ecuación general del Balance de energía.

Consumo (C).

Para determinar el consumo de alimento, se evaluó la tasa de ingestión a través de la determinación de la frecuencia de alimentación y de los componentes del contenido estomacal.

Para tal efecto, se utilizaron siete organismos por colecta, de una longitud de cefalotórax entre 10.48 a 15.20 mm. Se agruparon los datos en época cálida (mayo a septiembre) y época fría (octubre y enero), esto con la finalidad de determinar si existían cambios en el consumo de alimento por parte de los acociles y si esto estaba relacionado con la estacionalidad.

- *Índice de vacuidad (I_v).*

Para la época cálida del año, el coeficiente de vacuidad (I_v) fue de un 25.5%, registrándose el mayor número de estómagos vacíos en el mes de septiembre, para la época fría encontramos un coeficiente de vacuidad (I_v) del 50%.

- *Peso del contenido estomacal.*

El peso del contenido estomacal fue muy similar a lo largo de los muestreos, en general el peso promedio en la época cálida fue de 16.4 ± 7.4 mg y en la época fría de 16.2 ± 6.3 mg, no se encontraron diferencias significativas entre ambas épocas ($p > 0.05$). El mes de mayo registró un peso promedio mayor que todos los otros meses y presentó una mayor variación en el peso de los contenidos estomacales con una media de 18.2 ± 8.8 mg, seguido del mes de junio con un peso promedio del contenido estomacal de 17.3 ± 6.1 mg, el mes que presentó el menor peso promedio fue agosto con 14.5 ± 6.8 mg (Fig. 13).

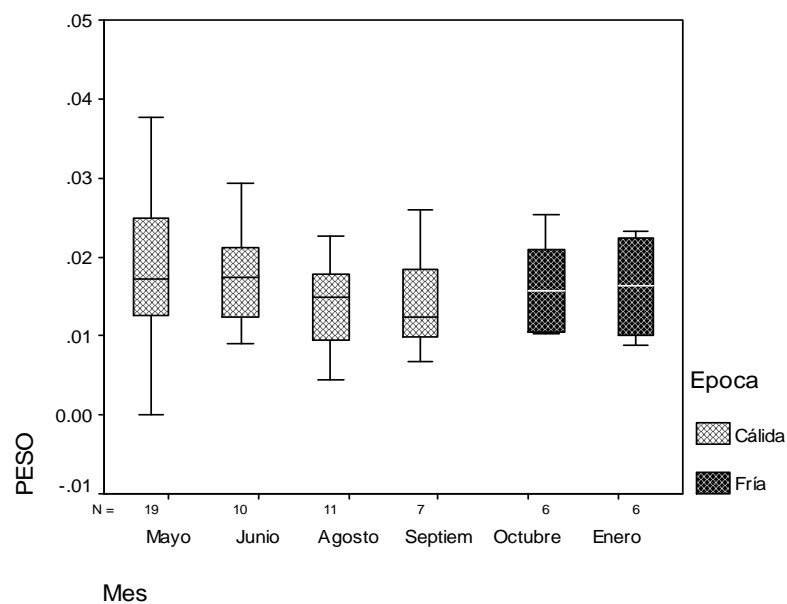


Figura 13. Peso del contenido estomacal de *C. montezumae* a lo largo de los meses.

- *Frecuencia y composición del alimento ingerido.*

La frecuencia de alimentación se determinó al evaluar la cantidad de energía ingerida y como esta varía a lo largo de un ciclo de 24 hrs. Para evaluar los componentes del contenido estomacal se determinaron tres grupos alimenticios: detritus (DE), infauna y meiofauna (IM) y materia vegetal (MV). Los resultados se resumen en la Cuadro V-Anexos.

En este trabajo se encontró que los acociles se alimentan en dos picos de intensa actividad durante el día; el más intenso se encuentra entre las 19:00 horas y la media noche donde el 78% la población tiene el estómago lleno y el segundo es justo antes del amanecer en donde la población presentó un 57% de los estómagos llenos.

El peso promedio de los estómagos está relacionado con el porcentaje de estómagos llenos de la muestra, a mayor número de estómagos llenos mayor será el promedio del peso de los estómagos. A las 23:00 hrs el peso promedio de los estómagos es el más alto con un peso promedio es de 22.2 mg. La proporción de los grupos alimenticios no variaron a lo largo del ciclo de 24 hrs ($p>0.05$).

Para determinar si los hábitos de alimentación de *C. montezumae* varían con respecto a la época del año, se llevo a cabo un análisis mensual de los componentes del contenido estomacal (Cuadro VI).

Cuadro VI. Variación de los componentes del contenido estomacal de *C. montezumae*.

		Detritus (%)	In-Meiofauna (%)	Materia Vegetal (%)
Época Cálida	Mayo	8.3 ± 1.5	28.3 ± 1.7	63.3 ± 2.5
	Junio	10 ± 1.5	13.3 ± 1.7	76.7 ± 2.5
	Agosto	6.7 ± 1.5	8.3 ± 1.7	81.7 ± 2.5
	Septiembre	6.7 ± 1.5	8.3 ± 1.7	85 ± 2.5
Época Fría	Octubre	8.3 ± 1.5	1.7 ± 1.7	90 ± 2.5
	Enero	13.3 ± 1.5	3.3 ± 1.7	83.3 ± 2.5

El componente detritus (DE) presenta su pico máximo en el mes de enero con una fracción del 13.3 % del total del contenido estomacal y su pico más bajo en el mes de septiembre, se encontró una tendencia a presentarse un consumo diferencial entre ambas épocas (Fig. 14) (Lamina A-Anexos).

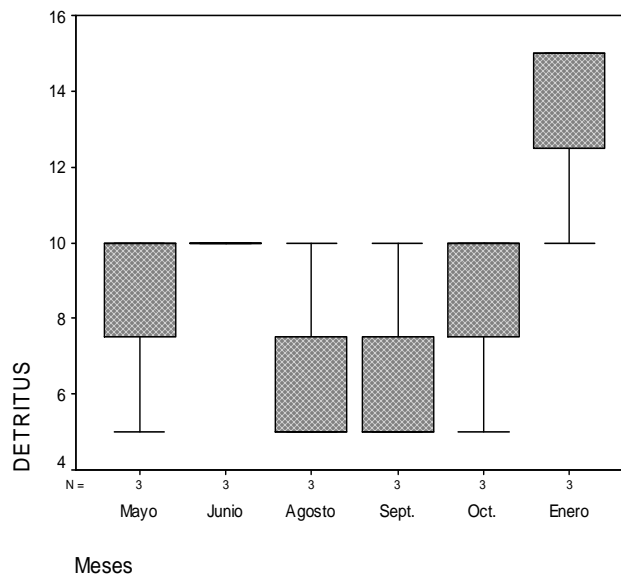


Figura 14. Variación de frecuencia de aparición del componente DE en el contenido estomacal de *C. montezumae*.

Los acociles presentan un consumo diferencial ($p < 0.05$) del componente infauna-meiofauna (IM) entre ambas épocas, el mes en el que se encuentra una mayor frecuencia de este componente es mayo, seguido de junio, ambos meses pertenecientes a la época cálida. Para la época fría encontramos un consumo entre el 1.7 y el 3.3 % del total del contenido estomacal (Fig. 15) (Lamina B-Anexos).

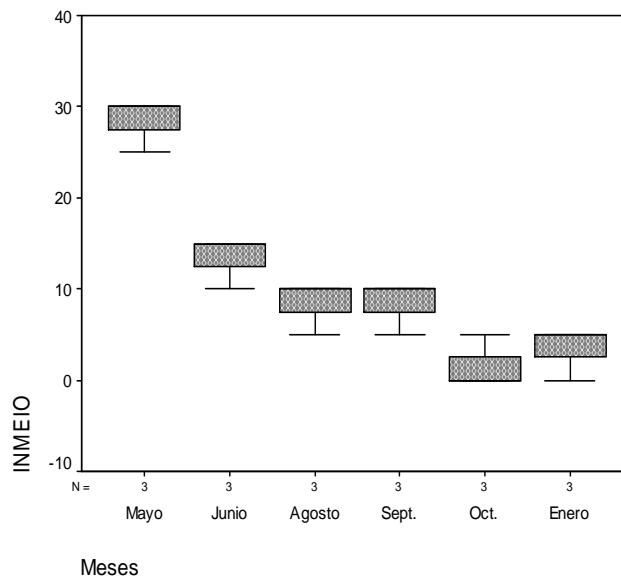


Figura 15. Variación de frecuencia de aparición del componente IM en el contenido estomacal de *C. montezumae*.

El componente de mayor importancia en la dieta de los acociles en ambas épocas del año es la materia vegetal (MV), este componente puede llegar a representar entre el 63 y el 90 % del total del contenido estomacal. Existen diferencias significativas en el consumo de MV entre la época cálida y fría, teniendo el valor de consumo más alto en octubre mes que pertenece a la época fría del año (Fig. 16) (Lamina C-Anexos).

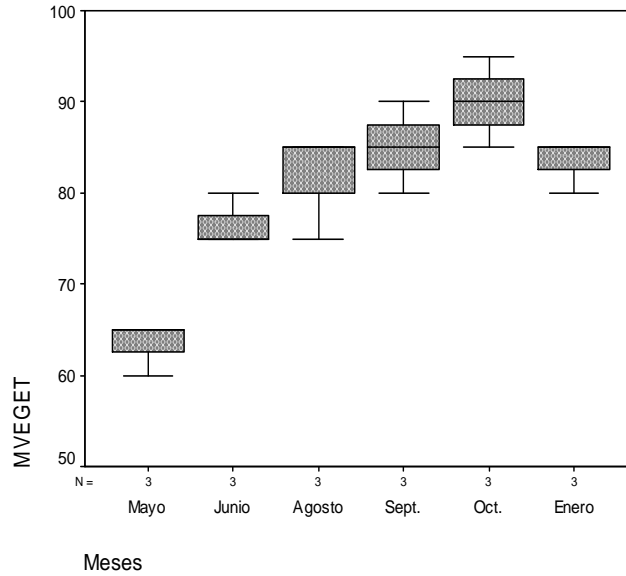


Figura 16. Variación de frecuencia de aparición del componente MV en el contenido estomacal de *C. montezumae*.

La proporción que guardan los componentes dentro del contenido estomacal presentó diferencias significativas ($p < 0.05$), siendo los componentes DE y IM los que se encuentran en proporciones similares. La MV y la IM presentaron una relación inversa, a mayor IM menor MV y a mayor MV menor IM. El DE se mantiene constante a lo largo de los meses (Fig. 17).

A su vez se determinó el contenido de energía de la ingesta de los animales, obteniendo los siguientes valores: mayo (243.5 cal/mg), junio (186.4 cal/mg), agosto (178.6 cal/mg), septiembre (159.5 cal/mg), octubre (115.9 cal/mg) y enero (138.4 cal/mg). En resumen, para la época cálida se encontró una media de 192 ± 36 cal/mg y para la época fría una media de 127 ± 15 cal/mg, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los valores calóricos del alimento entre ambas épocas.

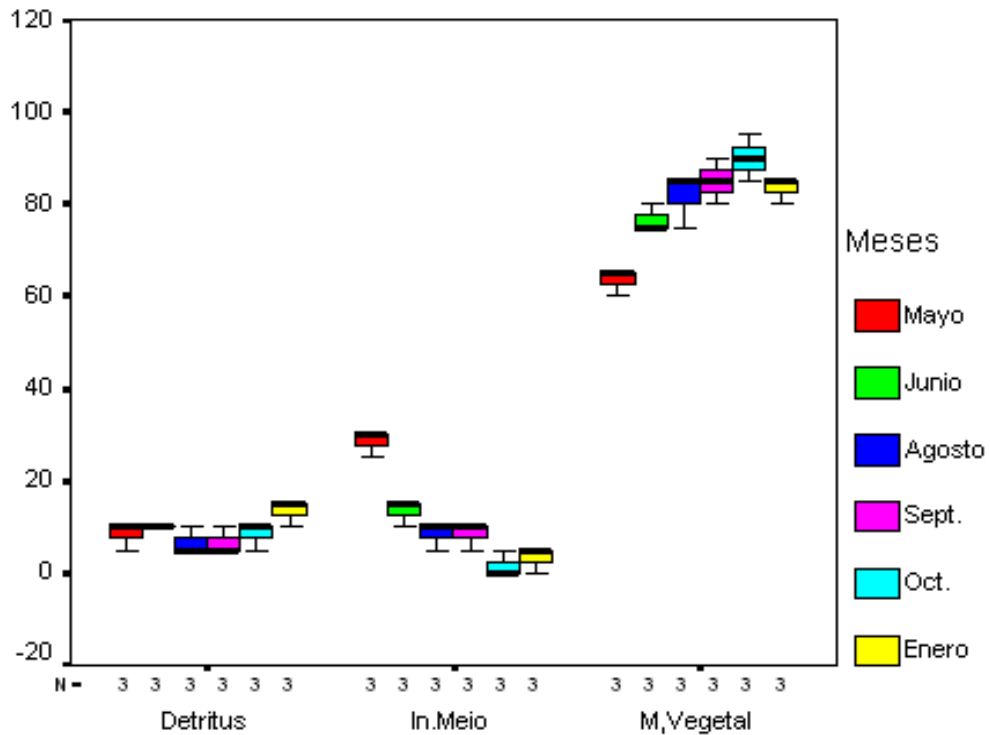


Figura 17. Variación de los grupos alimenticios de *C. montezumae* a lo largo de los meses.

Tomando en cuenta que el peso húmedo promedio de un acocil de clase talla chico es 0.169 ± 0.01 g, de un acocil de clase talla mediano es 0.386 ± 0.03 g y de un acocil de clase talla grande es 0.757 ± 0.08 g y que se alimentan en un periodo que va de las 18:00 hrs hasta antes del amanecer, se tiene que un ejemplar de clase talla chico ingiere en peso seco promedio 3 mg/día, un organismos mediano 2 mg/día y un organismo grande 1.5 mg/día de alimento, el equivalente a 649, 445 y 290 cal/ej*dia⁻¹ respectivamente en la época cálida y de 429, 294 y 192 cal/ej*dia⁻¹ respectivamente en la época fría del año.

Heces (F).

Para poder estimar la cantidad de energía que se pierde del alimento por evacuación, se reunieron las heces colectadas en las diferentes colectas, para formar una muestra general para cada época. Los resultados fueron de 19 cal/mg PS de heces para la época cálida y 13 cal/mg PS de heces para la época fría, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los valores calóricos de las heces entre ambas épocas.

Para la época cálida se llevó a cabo un análisis de evacuación de heces en donde se obtuvieron los siguientes datos: en un ciclo de 24 hrs un organismo promedio de clase talla chico, evacua alrededor de 1.5 mg de heces o un equivalente de 28.7 cal/día, un ejemplar promedio mediano evacua cerca de 1.2 mg o su equivalente de 23.2 cal/día y un ejemplar promedio grande evacua 2.6 mg de heces o un equivalente a 50 cal/día.

Tasa Metabólica (R).

La Tasa Metabólica (QO_2 mg O_2 h^{-1} g^{-1} PS) fue determinada en lapsos de 12 hrs en laboratorio, en los meses de mayo, junio, julio y agosto, meses correspondientes a la época cálida y en los meses de octubre y enero correspondientes a la época fría del año, además se realizaron dos ciclos de 24 hrs en condiciones que simularon la variación del hábitat natural en los meses de septiembre y enero.

Para llevar a cabo los experimentos se fijaron tres clases talla: chicos, medianos y grandes, cuyo peso húmedo promedio para cada clase talla fueron: 169, 386 y 756 mg respectivamente y un peso seco promedio de 30, 70 y 140 mg. La tasa

metabólica promedio (Q_{O_2} mg O_2 h^{-1} g^{-1} PS) fue convertida a cal/g P.S. X dia^{-1} , por medio de calorimetría indirecta, usando un $Q_{OX}=3.2$ cal/mg O_2 (Bradfield & Solomon, 1972).

Se verificó que los pesos de los organismos de una misma clase talla fueran comparables a lo largo de los meses, esto a través de la construcción de intervalos de confianza al 95% de la media del peso húmedo de los organismos. Una vez comprobado el grado de comparabilidad entre los organismos de la misma clase talla, se probó la influencia del tamaño y la estacionalidad sobre las pérdidas de energía por metabolismo respiratorio, mediante el análisis de varianza de dos vías con interacción. Tomando como factores a contrastar la estacionalidad y las clases talla.

No se encontraron diferencias significativas en las pérdidas de energía por metabolismo respiratorio ($p>0.05$) entre la época cálida y fría del año, pero si entre las clases talla ($p<0.05$) para los ciclos de 12 hrs. Las pérdidas por metabolismo respiratorio para cada clase talla de ambas épocas se presentan en la Cuadro VII.

Para los ciclos de 24 hrs se encontraron diferencias significativas en las pérdidas de energía por metabolismo respiratorio entre los meses de septiembre y enero ($p<0.05$), correspondientes a la época cálida y fría del año respectivamente. Además se detectaron diferencia significativas entre las clases talla ($p<0.05$), (Fig. 18). La pérdida por metabolismo respiratorio para el mes de septiembre fue de 667.6 cal/día* g^{-1} y para el mes de enero de 453.4 cal/día* g^{-1} , lo que equivale a 1.4 veces más gasto de energía por metabolismos respiratorio en el mes de septiembre, (Cuadro VIII).

Cuadro VII. Pérdidas de energía por metabolismo respiratorio en cal/día*g⁻¹ de *C. montezumae* entre clases talla y época del año.

Época	Clase Talla	(n)	Media ± EE cal/día*g ⁻¹
Cálida	Chicos	20	764.1 ± 40.1
	Medianos	20	504.6 ± 27.5
	Grandes	20	357.7 ± 16.9
	Total	60	542.1 ± 31.2
Fría	Chicos	10	598.4 ± 23.1
	Medianos	10	362.0 ± 61.2
	Grandes	10	390.4 ± 65.9
	Total	30	450.3 ± 28.1

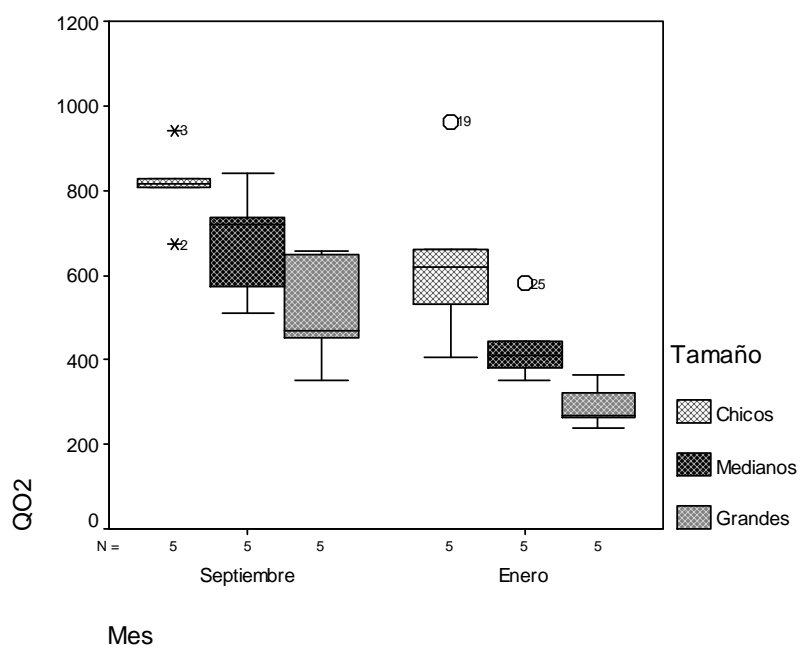


Fig. 18. Variación de pérdida de energía por metabolismos respiratorio de *C. montezumae* entres meses y clases talla.

Cuadro VIII. Pérdidas de energía por metabolismo respiratorio de *C. montezumae* entre clases talla y época del año (septiembre y enero).

	Clase Talla	(n)	Media \pm EE cal/día*g ⁻¹	Cal/ej*día ⁻¹
Septiembre	Chicos	5	812.9 \pm 42.9	247
	Medianos	5	674.8 \pm 59.7	216
	Grandes	5	515.1 \pm 59.1	164
Enero	Chicos	5	636.0 \pm 285.2	193
	Medianos	5	432.3 \pm 39.9	147
	Grandes	5	291.7 \pm 23.0	66

* El peso de ejemplar promedio para la clase chico, mediano y grande es de 169, 386 y 756 mg respectivamente.

Como se puede observar en el Cuadro VIII, la talla influye significativamente en la pérdida de energía por metabolismo aerobio, el gasto de mantenimiento es superior en las tallas pequeñas, intermedio en la talla mediana y menor en la talla grande. Sin embargo, el nivel de gasto de energía en relación a la talla es mayor en los organismos de época fría (Enero: 17.5°C), en oposición a lo medido en la estación cálida (Septiembre: 22°C). El modelo que explica la relación entre el QO₂ (consumo de oxígeno promedio de rutina diario) y el PS de los organismos, se obtuvo para cada época del año con los valores de los ciclos de 24 hrs. La forma general del modelo es la siguiente QO₂=k PS^α. Para la época cálida el modelo ajustado es QO₂=75.7 \pm 11.6 (PS)^{-0.36 \pm 0.05} con un coeficiente de determinación de (r²= 0.77) y para la época fría QO₂=31.3 \pm 5.2 (PS)^{-0.51 \pm 0.06} y (r²= 0.86) (Fig. 19 y 20).

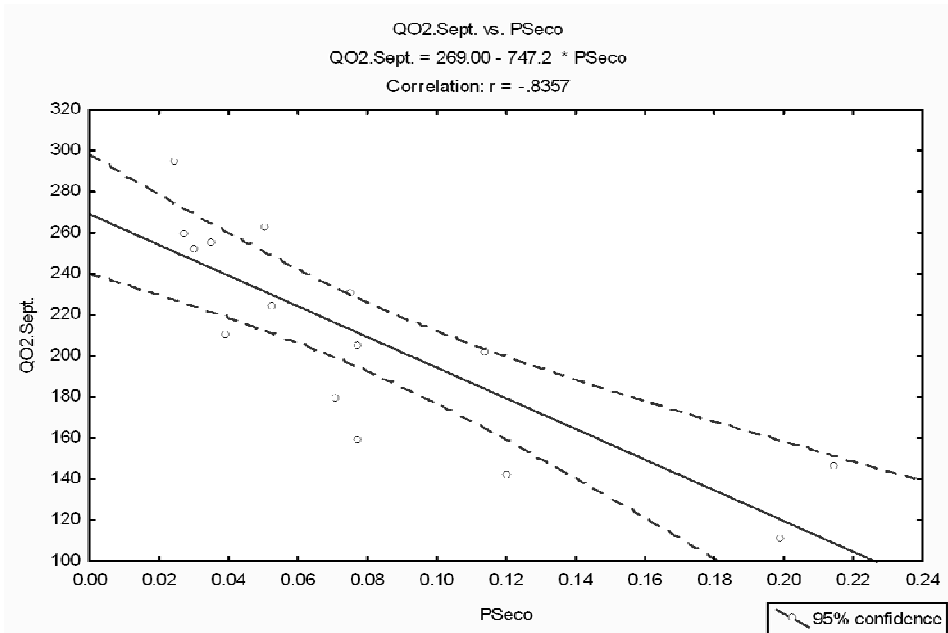


Fig. 19. Relación entre el consumo de oxígeno y el peso seco de los organismos de época cálida.

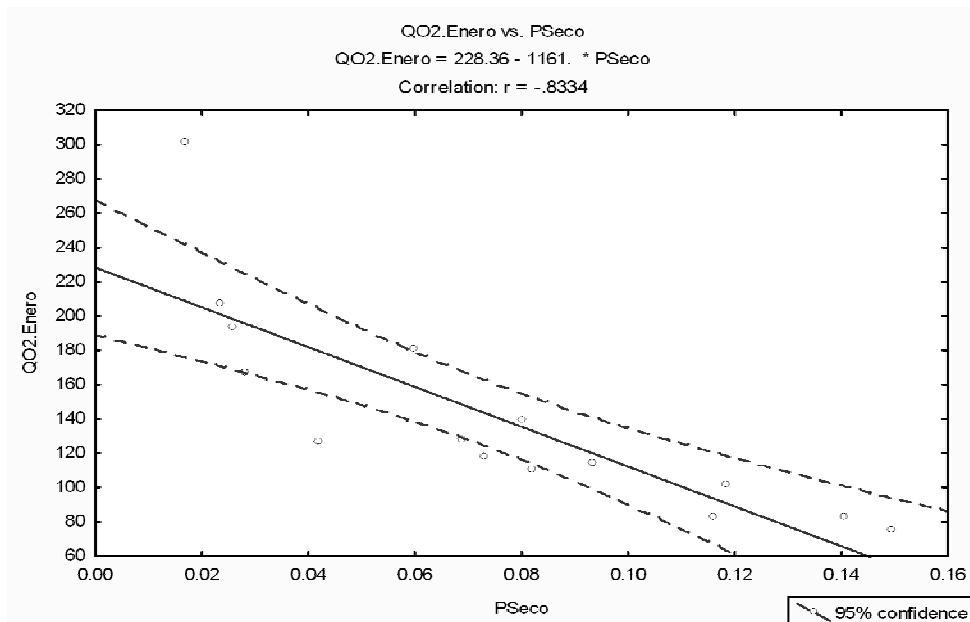


Fig. 20. Relación entre el consumo de oxígeno y el peso seco de los organismos de época fría.

Por otro lado se tiene que al evaluar la influencia de la temperatura sobre la tasa metabólica mediante el Q_{10} , encontramos un valor de 2.7, que nos indica que la temperatura tiene un efecto directo sobre la tasa metabólica.

Excreción nitrogenada (U).

La excreción de nitrógeno amoniacal fue cuantificada durante dos lapsos de 12 hrs, uno en el mes de mayo y otro en el mes de enero, meses correspondientes a la época cálida y fría del año respectivamente. Para llevar a cabo los experimentos se fijaron tres clases talla de organismos, como en el caso de la Tasa Metabólica. La tasa de excreción de amonio promedio ($\text{mg QN-NH}_4^+ \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ PS}$) fue convertida a $\text{cal/gr P.S. X dia}^{-1}$, por medio de calorimetría indirecta, usando un $Q_{\text{EX}}=4.05 \text{ cal/mg NH}_4^+$ (Bradfield & Solomon, 1972).

Los valores registrados se sometieron a un análisis estadístico para probar la influencia del tamaño y la época del año sobre las pérdidas de energía por excreción de amonio, mediante un análisis de varianza de dos vías con interacción. Tomando como factores a contrastar la época del año y las clases talla.

Para la excreción amoniacal se encontraron diferencias significativas ($p<0.05$) entre épocas del año y entre las clases talla ($p<0.05$). Para la época cálida encontramos que el valor medio para la excreción de nitrógeno es $95.4 \pm 10.2 \text{ mg}$ de NH_4^+ y para la época fría es de $62.4 \pm 11.2 \text{ mg}$ de NH_4^+ , esto equivale a 1.53 veces más gasto de energía en época cálida que en época fría.

Las pérdidas por excreción nitrogenada para ejemplares promedio de la clase talla chicos, medianos y grandes en época cálida fueron las siguientes: 151, 63 y 16

cal/ej*día⁻¹ respectivamente. En la época fría los valores de pérdida de energía por excreción nitrogenada para ejemplares de la clase talla chicos, medianos y grandes fueron de 87, 64 y 49 cal/ej*día⁻¹ respectivamente.

En general los ejemplares de la clase talla chicos pierden en promedio 4.9 veces más energía que los ejemplares de la clase talla grandes y los ejemplares de la clase talla medianos pierden 3.1 veces más energía que los ejemplares de la clase talla grandes (Cuadro IX y Fig. 21).

Cuadro IX. Pérdidas de energía por excreción amoniacal en cal/día*g⁻¹ de *C. montezumae* en entre clases talla y época del año.

Época	Clase Talla	(n)	Media ± EE Cal/día*g ⁻¹	Cal/ej*día ⁻¹
Cálida	Chiscos	10	159.0 ± 3.6	151
	Medianos	10	93.9 ± 9.0	63
	Grandes	10	33.3 ± 3.0	16
Fría	Chicos	5	99.0 ± 4.0	87
	Medianos	5	69.7 ± 5.0	64
	Grandes	5	18.3 ± 2.0	49

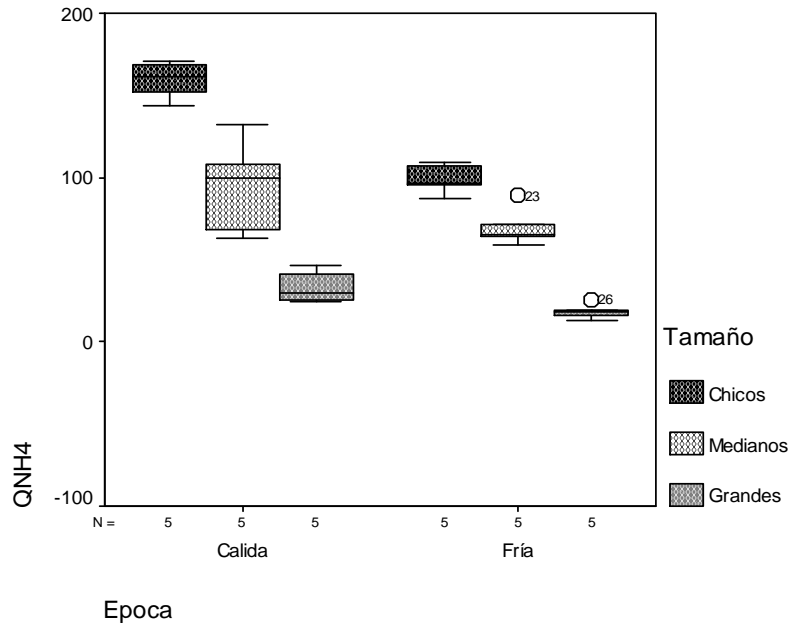


Figura 21. Variación de pérdida de energía por excreción amoniacal de *C. montezumae* entres época cálida y fría del año y entre clases talla.

Relación atómica O:N

La excreción de nitrógeno como índice del catabolismo de proteínas está relacionada con la tasa respiratoria, dado que el O_2 es el agente oxidante del sustrato metabólico que se emplea durante el catabolismo como fuente de energía. La relación molecular del oxígeno utilizado en la tasa respiratoria (QO_2) y el nitrógeno excretado ($QN-NH_4^+$) dieron valores de 8.5 para la época cálida y de 10.1 para la época fría.

Balance de energía (C = P + R + F + U).

La integración de la información se realizó con el enfoque “fisiológico-bioenergético” para comprender el desempeño de los acociles en su hábitat natural, teniendo como variable principal la época del año.

Se calcularon todos los parámetros de la ecuación del balance de energía, con la excepción de la energía canalizada para el crecimiento (P), la cual se obtuvo a partir de éstos (Campo de Crecimiento: $\Delta P = C - (R + F + U)$). Las unidades utilizadas fueron cal/g PS X día⁻¹, considerando que el balance de energía que se midió es del tipo instantáneo, cuya unidad de tiempo es el día (Cuadro X).

Cuadro X. Parámetros de la ecuación general del balance de energía (Cal/ej * día⁻¹) en época cálida y fría de *C. montezumae*.

Época	Clase Talla	Consumo (C)	Producción (P)	Respiración (R)	Heces (F)	Ex. Nitrogenada (U)	Asimilación (A)
Cálida 22°C	<i>Chicos</i>	649 100%	222 34%	247 38%	29 5%	151 23%	620 95%
	<i>Medianos</i>	445 100%	143 32%	216 49%	23 5%	63 14%	422 95%
	<i>Grandes</i>	290 100%	60 20%	164 57%	50 17%	16 6%	240 94%
	<i>General</i>	461 100%	141 31%	209 45%	34 7%	77 17%	427 93%
Fría 18°C	<i>Chicos</i>	429 100%	128 30%	193 45%	21 5%	87 20%	408 95%
	<i>Medianos</i>	294 100%	72 24%	147 50%	11 4%	64 22%	283 96%
	<i>Grandes</i>	192 100%	58 30%	66 34%	19 10%	49 26%	173 90%
	<i>General</i>	305 100%	86 28%	135 44%	17 6%	67 22%	288 94%

Debe notarse que la energía por costo de mantenimiento (R) es similar en ambas épocas, ya que representa entre el 44 y el 45% del total de la energía disponible por consumo. La excreción nitrogenada (U) representa una pérdida de energía del 17% en época cálida y del 22% en época fría. La pérdida de energía por heces (F) es prácticamente la misma para ambas épocas. Los valores de producción son más altos en época cálida, ya que del total de la energía obtenida por consumo el 31% se destina hacia crecimiento o hacia reproducción a diferencia de la época fría en donde este porcentaje se reduce a un 28%. La clase talla con mayores rendimientos de energía para destinar hacia crecimiento es la clase talla chicos para ambas épocas del año (Fig. 22).

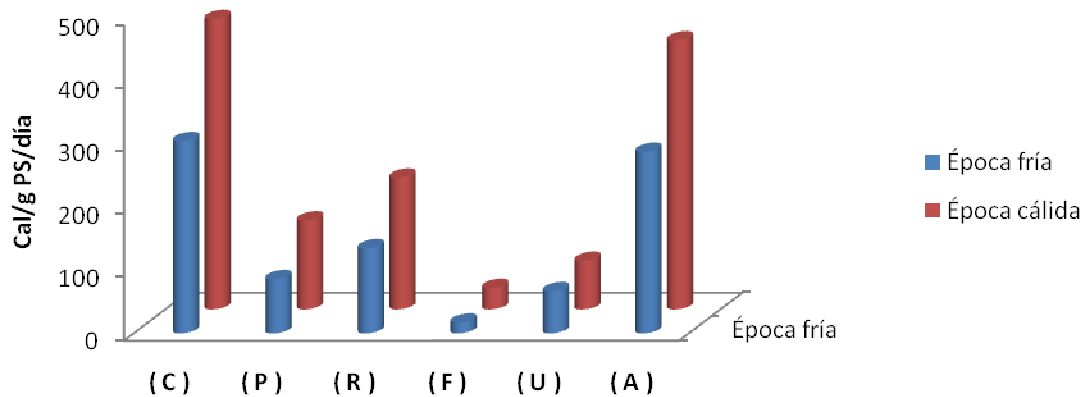


Figura 22. Parámetros de la ecuación general del balance de energía (Cal/ej X día⁻¹) en época cálida y fría de *C. montezumae*.

VII. DISCUSIÓN

Caracterización del hábitat.

La caracterización de hábitats acuáticos por medio del monitoreo de parámetros físico-químicos como: temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad y potencial Redox, es tal vez la forma más sencilla de identificar sus variaciones composicionales tanto espaciales como temporales, resultantes de cambios en factores naturales como el clima de la región. En general, es aceptado que dichos parámetros ejercen una influencia notable sobre los procesos químicos y biológicos que ocurren dentro del ecosistema (Hem, 1985; Manahan, 1972).

Uno de los factores fisicoquímicos más importantes es la temperatura, ya que es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos (factor controlador), así como su distribución espacial y temporal (factor directriz), (Johnson, 1987). La temperatura desempeña un papel fundamental en el funcionamiento de ecosistemas, al regular o afectar otros factores abióticos del sistema como son: la solubilidad de nutrientes, solubilidad de gases, el grado de toxicidad de ciertos compuestos y propiedades físico-químicas del medio acuoso como: pH, potencial redox, densidad, el estado físico y la viscosidad del sustrato. Todas estas interacciones afectan a su vez la distribución, composición y el grado de actividad metabólica de los organismos que integran el ecosistema.

En términos fisiológicos, la temperatura es considerada un parámetro determinante para llevar a cabo ciertas funciones. Se tiene conocimiento de que la temperatura afecta la energía cinética de los reactivos, así como la estabilidad y actividad de las enzimas que participan en reacciones bioquímicas.

En consecuencia, la temperatura ejerce una marcada influencia sobre la reproducción, crecimiento y el status fisiológico de los organismos que habitan en el ecosistema. Un ejemplo de esto es que la actividad biológica aproximadamente se duplica cada diez grados centígrados (ley del Q_{10}), aunque superando un cierto valor característico para cada especie, tiene efectos letales para los organismos.

La temperatura afecta de manera directa al crecimiento de los acociles, por lo tanto a la tasa de reproducción, ya que se ha observado que las especies que habitan en temperaturas por arriba de los 25°C , como los Cambaridos, presentan un crecimiento lento en comparación a aquellos que habitan aguas frías. Una alta variabilidad en la temperatura, o valores que rebasen el intervalo óptimo (generalmente con un promedio de $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$), retrasa el periodo de muda e incrementa la mortalidad en el transcurso de ésta (Holdich, 2002).

No obstante, se ha observado que en ciertas especies la muda ocurre en intervalos de tiempo más cortos a altas temperaturas (25°C a 30°C) debido a que el metabolismo de estos acociles se acelera, por lo que la tasa de reproducción se incrementa, en cambio al descender la temperatura a menos de 14°C la fase de muda se inhibe y la tasa de mortalidad aumenta (Waterman, 1960).

En relación a este estudio, la temperatura presentó relación con la abundancia mensual de *C. montezumae* en su hábitat natural, ya que en la época fría (octubre y enero) se colectó un total de 155 organismos en promedio y en la época cálida (mayo, junio, julio, agosto y septiembre), se colectó una mayor cantidad de individuos, con un promedio de 248 organismos (abundancia 1.6 veces superior), las temperaturas promedio fueron 18 y 22°C para la época fría y la época cálida respectivamente.

En los ecosistemas lénticos, el nivel de oxígeno puede variar tanto estacional como diariamente desde un estado sobresaturado hasta cerca de un estado anóxico. Los acociles que habitan aguas cálidas o tropicales generalmente no requieren altos niveles de oxígeno disuelto para sobrevivir. Sin embargo, su crecimiento es lento en comparación con los que viven en aguas frías (Holdich, 2002).

Holdich (2002) indica que los acociles pueden soportar bajas concentraciones de oxígeno (menos de 4.0 mg O₂/L) ya que tienen una molécula compensatoria que incrementa la eficiencia de transporte de oxígeno dentro de la hemolinfa, denominada hemocianina.

En este estudio, el valor mínimo de concentración de oxígeno disuelto fue de 4.8 mg O₂/L, obtenido en el mes de mayo. La mayor parte de los muestreos, se mantuvo por arriba de 6 mg O₂/L e incluso en los meses de agosto, septiembre y octubre se presentó una sobresaturación de oxígeno disuelto con valores de 12.4 mg O₂/L.

Las causas principales de sobresaturación de oxígeno pueden ser debido, al efecto acelerador de la temperatura sobre las altas concentraciones de algas fotosintéticas que se encuentran en el cuerpo lacustre. Por lo anterior, se deduce que *C. montezumae* puede soportar variaciones en los niveles de oxígeno por lo que, no tiene un impacto significativo sobre la presencia y/o abundancia de este organismo.

Uno de los factores importantes para el crecimiento de los acociles es el calcio, (carbonato de calcio y bicarbonato de calcio), ya que necesitan una alta concentración de estas sales durante la postmuda, para reemplazar el calcio cuticular que perdieron durante la fase de muda, por lo cual la mayoría de las

especies de acociles se ven afectados negativamente por aguas ácidas a un pH de 5.5 (Appelberg, 1989).

En el lago de Xochimilco encontramos valores de pH de entre 8.6 y 10 lo que nos indica que el cuerpo de agua es un medio básico, esto debido a que el lago recibe agua de la planta tratadora de aguas negras del Cerro de la Estrella, en consecuencia ingresan nutrientes inorgánicos como sales, fósforo, nitratos y nitritos, como también metales pesados, por lo que los valores de conductividad van de los 633 a los 806 μS , lo cual no inhibe el crecimiento o abundancia de *C. montezumae* (Alva, 1996; Flores, 2009).

En conclusión, a partir de los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos se deriva que la temperatura es el único factor de los considerados en este estudio que afecta la abundancia de *C. montezumae*.

Caracterización de las colectas.

En el período de colecta de este estudio, se encontraron todos los estadios de ciclo de vida de los organismos, lo cual sugiere que no hay estacionalidad en los patrones de reproducción, aunque durante la época cálida existe un periodo en el que se acentúa la reproducción, esto se da entre el mes de mayo y junio, y se ve reflejado en el mes de agosto en donde hay una gran abundancia de crías, independientemente de que haya un reclutamiento continuo todo el año.

Las hembras presentaron mayor talla que los machos, 32 y 30 mm LT respectivamente; esto es comparable con lo obtenido por Arana *et al.* (1998) para la misma especie, quienes reportan 50 mm en hembras y 46 mm en machos, aunque no se observaron organismos de gran talla. Del mismo modo, las hembras

alcanzan la madurez sexual a mayor talla que los machos, 22 y 16 mm respectivamente; esto podría deberse al mayor costo energético que representa el proceso de maduración de los ovarios, con respecto al desarrollo de la gónada masculina.

Composición del tejido.

La composición proximal de los acociles para ambas épocas es muy similar, no se encontraron diferencias significativas entre los meses ni entre las clases talla en los índices de % de H₂O, MO, Ce y CE. En el estudio realizado por Rodríguez-Serna y Carmona en el 2002, reportan valores de MO de 74%, Ce del 26% y CE de 3 362 cal/g*día⁻¹, en comparación a los resultados encontrados en este estudio, donde encontramos valores de MO del 72%, de Ce de 28% y CE de 2 947 cal/g*día⁻¹, estos valores son muy parecidos en ambos estudios.

El contenido energético presenta variaciones muy sutiles entre las clases talla, Griffiths (1977) mencionan que esto se puede deber a factores como el sexo, la edad, las variaciones ambientales y al estado fisiológico de los organismos.

Evaluación de los elementos de la ecuación general del balance de energía

$$(C = P + R + F + U)$$

La bioenergética estudia la transformación de la energía en los organismos y analiza el balance entre el gasto y la ganancia de la energía contenida en los componentes del alimento y la capacidad para utilizarlos como combustibles, sustancias de reserva y formación de tejido (Cho & Bureau, 1995). La distribución

de recursos en las comunidades biológicas, responden a múltiples factores ecológicos, que incluyen tanto a factores bióticos como a factores abióticos (Oksanen & Ericson, 1987).

En las comunidades acuáticas, los factores abióticos en especial los nutrientes, que dependen de factores fisicoquímicos, tienen un papel muy importante en la estructura y productividad de las comunidades dulceacuícolas (Wetzel, 1983). También la competencia por el espacio es una característica importante de los grupos animales, ya que los recursos por lo que compiten se encuentran desigualmente distribuidos en el espacio y también varían en el tiempo, debido a los cambios estacionales.

Uno de los recursos más importantes es el alimento, ya que los organismos acuáticos obtienen toda la energía necesaria a partir de la transformación del alimento para el mantenimiento de sus funciones y el aumento de biomasa (Rosas, 1996). Sin embargo, el alimento debe presentar cierta composición para que este sea adecuado, son importantes las proporciones en que están presentes las proteínas, los lípidos, carbohidratos y algunas sustancias especiales como vitaminas y minerales (Lochman *et al*, 1992).

En el medio natural los organismos intentan satisfacer sus requerimientos nutricionales de manera óptima, pero la disponibilidad y abundancia del alimento varía dependiendo de las condiciones del hábitat. La tasa diaria de consumo de alimento de *C. montezumae* varía entre el 0.2 al 2% del peso corporal de un organismo promedio, esto dependiendo de la talla del organismo, a tallas más pequeñas el porcentaje de alimento ingerido con respecto a su peso corporal es mayor. Rodríguez-Serna & Carmona (2002), mencionan que los acociles

presentan adaptaciones fisiológicas que les permiten tener bajas tasas de consumo de alimento, ya que se desarrollan en hábitats donde existe una gran variabilidad en la abundancia del alimento, mencionan que uno de sus grandes éxitos, radica precisamente en su capacidad para ajustarse a condiciones extremas. Los acociles pertenecen a un grupo de animales con bajas demandas nutricionales, ya que en su dieta predominan alimentos de muy baja calidad (Hessen & Skurdal, 1986), pero cuentan con adaptaciones gastrointestinales que les permiten cubrir la mayor parte de estas demandas (Syvokiené & Mickéniene, 1993).

Para estimar la importancia de los estómagos vacíos dentro de la población, se calculó el coeficiente de vacuidad, para la época cálida del año fue del 25.5 % y para la época fría del 50 %, esto proporciona un indicador de la disponibilidad y abundancia del alimento, debido a los cambios en las condiciones del hábitat. El valor de vacuidad para la época cálida, podría indicar que la frecuencia de alimentación de los organismos, es mayor debido al menor gasto energético en la búsqueda del alimento, fruto de la mayor diversidad de recursos asociado a la mayor heterogeneidad del hábitat. A pesar de que se encontró un mayor número de estómagos vacíos en la época fría, el peso promedio del contenido estomacal no presentó variaciones significativas entre ambas épocas, lo que representa una estrategia energética de la especie, dado que los acociles hacen uso de todo aquello que está disponible en el hábitat y representa una fuente potencial de energía.

Con respecto a la frecuencia y composición del alimento ingerido, encontramos que *C. montezumae* se alimenta básicamente durante dos lapsos a lo largo del día, el primero y el más importante comienza entre las 19:00 hrs y va en aumento hasta cerca de la media noche y el segundo es justo antes del amanecer, esto

corresponde a lo reportado por Guarneros en 1998, para el acocil *C. montezumae zempoalensis*.

En el contenido estomacal de acociles de diversas especies, se han reportado diferentes componentes, entre los más importantes se encuentra la materia vegetal, la infauna-meiofauna y el detritus. Dentro del componente materia vegetal se encuentran diatomeas, algas filamentosas, cianobacterias y macrófitas acuáticas, dentro del componente infauna-meiofauna se encuentran presas como: larvas de crustáceos, insectos, copépodos y anfípodos, y en el componente detritus se encuentra comprendido las plantas en descomposición, fragmentos de animales y microorganismos asociados (Guarneros, 1998).

Al realizar el análisis de la variación de los componentes del contenido estomacal de *C. montezumae*, se observó que la proporción del componente detritus permaneció constante a lo largo de los muestreos, presentando un intervalo de consumo de entre el 6 y el 13% del total del contenido estomacal, esto es muy parecido a lo reportado por Momot *et al* (1978), donde han señalado que en poblaciones naturales de diversas especies, el detritus comprende entre el 13.2 – 21.6% del peso total del alimento ingerido.

Los acociles presentaron un consumo diferencial del componente infauna-meiofauna entre ambas épocas, alcanzando un mayor consumo en época cálida, este componente se presentó en un intervalo del 1.7 al 28.3% del total del contenido estomacal, en la época cálida se encontró que los valores de los parámetros fisicoquímicos se ubicaron en los valores óptimos para la mayor abundancia de estos organismos (Guarneros, 1998).

El componente de mayor importancia en la dieta de *C. montezumae* en su hábitat natural es la materia vegetal, ya que este componente llega a representar entre el 60 y 90% del total del contenido estomacal. Lo anterior está de acuerdo con lo reportado por Lodge & Lorman (1987) y por Hanson y colaboradores (1990), ellos reportan que el acocil *Orconectes virilis*, se alimenta principalmente de materia vegetal y detritus, con pequeñas cantidades de materia animal, como caracoles y otros pequeños crustáceos y que estos hábitos varían de acuerdo a la edad y al sexo de los animales.

A su vez, se realizó un análisis del contenido energético del contenido estomacal, encontrando diferencias en los niveles de energía de los contenidos estomacales de la época cálida y la época fría, encontrando valores más altos en la época cálida. Las diferencias de lo encontrado en los contenidos estomacales de manera estacional, en cuanto a los componentes y niveles de energía de los contenidos estomacales, están relacionadas con la variedad en la abundancia de el material alimentario como ha sido reportado por Matsui (1986), que menciona que la composición en el contenido estomacal para *Protunus trituberculus* es similar a la flora y fauna acompañante, lo cual, coincide con los valores máximos encontrados en los contenidos estomacales de *C. montezumae* en el lago de Xochimilco, por lo que podemos decir que estos animales pueden considerarse como oportunistas, ya que consumen los alimentos que están en disponibilidad.

Villarreal (1991) trabajando con *Cherax quadricarinatus* encontró que la eficiencia de asimilación es del 85%, este valor es consistente con los niveles determinados para omnívoros ya que la mezcla de componentes de origen vegetal y animal

mejora el desempeño de dichas especies. La eficiencia de asimilación determinada para *C. montezumae* en este estudio para la época cálida y para la época fría del año fue de 93 y 94 % respectivamente.

La energía pérdida derivada de la producción de heces por *C. montezumae* tuvo una relación directa con respecto al contenido de energía del alimento y representó entre el 4 y 17% de la energía extraída del alimento consumido, que en general coincide con lo observado para otras especies de acociles. Para *C. quadricarinatus* las pérdidas por heces no excedió el 4.5 % del total de la energía incorporada en el alimento (Escalante, 2001), en otro estudio realizado por Rodríguez (2007) para la misma especie, se reportan pérdidas de energía del 28%. En *Procambarus clarkii*, la producción fecal varía entre el 5.77 y el 10.02% de la energía extraída del alimento consumido, Villarreal en 1991 encontró valores para la producción fecal del 7% del alimento ingerido. Sierra Uribe *et al.* (1997), mencionan una pérdida en heces del 6.5 al 10.7 % de la energía extraída del alimento consumido por *P. clarkii*.

La diferencia entre la pérdida de energía vía heces en *C. montezumae* con respecto a los resultados obtenidos por otros autores para otras especies de acocil, puede ser atribuida al tipo y calidad de los alimentos ingeridos por los organismos, ya que el alimento ingerido por *C. montezumae* es el que obtiene de forma natural en su hábitat.

La actividad metabólica en los poiquiloterms como *C. montezumae*, esta directamente relacionada con la temperatura (Verhoef & Austin, 1999). De aquí se deriva la importancia que este parámetro tiene en el crecimiento de estos organismos. *C. montezumae* habita en un ambiente en donde las condiciones

térmicas varían cíclicamente, lo cual afecta directamente su tasa metabólica, por lo que sus requerimientos energéticos son diferentes para cada época del año (Vondracek et al, 1982).

La energía invertida en el metabolismo de rutina por *C. montezumae* para la época cálida fue del 45% y para la época fría del 44% de la energía obtenida del alimento consumido, esto es muy parecido a lo reportado por Sanguanruang (1988), donde encontró que *P. clarkii* puede utilizar, según las condiciones en las que se encuentra entre el 42.8 y 82.5 % de la energía obtenida del alimento consumido. Rodríguez (2007), reporta valores de pérdida de energía por metabolismo respiratorio del 38% del total de la energía obtenida por el alimento para *C. quadricarinatus* en la Ciudad de México.

La tasa de excreción de productos nitrogenados permite medir la eficiencia de asimilación del alimento. Barón Sevilla *et al.* (1994), reportan valores de pérdida de energía en productos nitrogenados del 0.03% de la energía extraída del alimento consumido de *P. clarkii*. Los resultados de excreción de amonio de los autores mencionados anteriormente difieren de los obtenidos en *C. montezumae*, ya que la excreción amoniaca tuvo valores de pérdida de energía de entre un 17 y un 22 % de la energía extraída del consumo de alimento. Esto puede ser atribuido al efecto de talla de la especie, ya que *C. montezumae* posee tallas más pequeñas en comparación a *P. clarkii*.

Una vez que se midieron las diferentes tasas fisiológicas que se integran en la ecuación del balance energético (Klekowsky & Duncan, 1975), se calculó la energía potencial de crecimiento, campo de crecimiento o producción (P). Villarreal (1991) midió el balance energético de *Cherax destructor* y *C. quadricarinatus*; este

autor menciona que los juveniles de estas especies son capaces de canalizar hasta 50 y 55% de la energía ingerida en el alimento hacia producción. En comparación, en el presente estudio para *C. montezumae* se obtuvo una producción promedio de 31 y 28% para la época cálida y fría del año respectivamente. Esta diferencia en el campo de crecimiento puede estar atribuida a que las estimaciones del balance de energía para *C. montezumae* se realizaron en condiciones naturales y no en condiciones óptimas, como lo sería un sistema de cultivo o condiciones controladas en laboratorio.

En esta investigación no se consideró para el cálculo del balance de energía, el efecto dinámico específico (E.D.E.), el cual puede representar hasta un 50% de incremento con respecto al metabolismo de rutina (Hewitt & Irving, 1990), tampoco se consideró las pérdidas de energía asociadas a la muda que constituyen una pequeña parte del balance energético de los crustáceos (Capuzzo, 1983). Sanguanruang (1988) observó que en *Procambarus spp* el porcentaje de energía perdida en el proceso de ecdisis es aproximadamente 10% de la energía contenida en el alimento ingerido, por lo que la energía potencial de crecimiento para *C. montezumae* puede verse reducida.

Los cambios en la relación O:N no sólo refleja el tipo de sustrato metabólico oxidado, sino también la relación atómica de estos componentes entre los animales y el alimento que obtienen del hábitat o es suministrado (Conover & Corner, 1968). Mayzaud & Conover (1988) mencionan que la razón atómica O:N utilizada como un indicador relativo del catabolismo de proteínas, lípidos y carbohidratos puede variar con el estadio de desarrollo del organismos, el tipo de alimento consumido y el grado de estrés fisiológico. Los valores obtenidos en este índice para *C.*

montezumae en este trabajo, reflejan que los organismos tuvieron un catabolismo proteico.

La importancia que tienen los estudios bioenergéticos como el realizado con *C. montezumae* radica en que este es un índice cuantitativo que permite describir y explicar la condición o estado fisiológico de los organismos, es también un método útil para evaluar el efecto de las condiciones del hábitat sobre el campo de crecimiento de los animales, por lo que se recomienda que este tipo de estudios sean utilizados como una guía para determinar la factibilidad de cultivar una especie o reintroducirla a su hábitat natural.

VIII. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se obtuvieron en esta investigación sobre el balance energético de *C. montezumae* en el lago de Xochimilco son:

1. El acocil *C. montezumae* es una especie que se adapta a diferentes condiciones ambientales, en los canales de Xochimilco los parámetros fisicoquímicos (temperatura, oxígeno, pH, μS y mV), se encuentran entre los valores de tolerancia para la especie, sin embargo esta especie se encuentra sometida a un estrés constante, debido a múltiples factores como la contaminación crónica del cuerpo de agua, la depredación y la actividad humana.
2. En la época cálida del año se encontró una mayor abundancia de organismos, así como un mayor número de organismos de tallas pequeñas, lo que nos indica que existe un periodo acentuado de reproducción en los meses cálidos, aunque el reclutamiento es continuo a lo largo del año.
3. La estacionalidad (época cálida y fría) no influyó en la composición del tejido (MO, CE, Ce, % de H_2O en el tejido) de los organismos.
4. En la época cálida encontramos un índice de vacuidad del 25.5% y en la época fría de un 50%. *C. montezumae* se alimenta en dos picos de intensa actividad durante el día, existe una variación estacional en la ingesta de materia vegetal, in-meiofauna y detritus, los valores calóricos del alimento son mayores en época cálida, estas diferencias se deben a la disponibilidad y abundancia del alimento durante la época cálida y fría del año en el lago de Xochimilco.

5. La producción de heces no se ve afectada por la estacionalidad, pero existe un efecto de talla, los organismos de mayor talla tienen una mayor producción de heces, que equivale al 17% del alimento consumido.
6. Existe un efecto de talla y época del año sobre la tasa metabólica, los costos más bajos del metabolismo de rutina corresponden a la época fría del año y a los organismos de mayor talla.
7. La excreción de nitrógeno amoniacal se vio afectada por la clase talla de los organismos y por la estacionalidad, encontrando los valores más elevados en la época cálida y en las tallas mas pequeñas.
8. La cantidad de energía canalizada hacia el campo de crecimiento fue mayor en los animales de época cálida, canalizando un 31% de la energía contenida en el alimento, en comparación con los organismos de época fría que destinaron el 28%.
9. La importancia de conocer los valores de la ecuación general del balance de energía en especies como *C. montezumae*, radica en la aplicación de biotécnicas para acelerar la tasa de crecimiento y reproducción, asimismo la información referente a los factores ambientales y a la calidad de la dieta en estado natural, nos permite mejorar el manejo de la especie en condiciones de cultivo o laboratorio.

IX. LITERATURA CITADA

- Aguilar, E. R. 1991. Producción y crecimiento en *Cambarellus montezumae* (Saussure), (Crustacea: Astacidae), empleando alimento vegetal. Tesis de Licenciatura. UNAM. 251 pp.
- Alva, M. 1996. La calidad del agua en la Pista de Remo y Canotaje "Virgilio Uribe", México, D. F. con base en el contenido de nutrientes y factores físicos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco, 35 p.
- Álvarez, F. A. y R. Rangel. 2007. Estudio poblacional del acocil *Cambarellus montezumae* (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) en Xochimilco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78: 431 – 437.
- Appelberg, M. 1989. Evaluating water quality criteria for freshwater: exemplified by the impact of acid – stress. Edited by J. Skurdal, K. Westman y P. I. Bergan. In: *Crayfish Culture in Europe*. 476 p.
- Arana, F., R. Pérez y A. Malpica. 1998. Cambaridos de tres embalses del Estado de Tlaxcala, México (Crustacea: Decapoda). *Revista de la Sociedad Mexicana de la Historia Natural* 48: 23 – 35.
- Avault, J.W. Jr. & J.V. Huner, 1985. Crawfish culture in the United States. In: Huner J.V. & E.E. Brows (Eds.), *Crustacean and mollusk aquaculture in the United States*. AVI. Publ. Co. Westpent, Connecticut, 1-61 pp.
- Balanzario, Z. J. 1982. Contaminación de los canales de Xochimilco y su repercusión en las actividades económicas. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*. TCXXX. 247 – 284.

- Barbosa, M. 1998. Aplicación de modelos estadísticos al estudio de crecimiento del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) en condiciones de laboratorio. Tesis de Especialidad (Especialidad en Estadística Aplicada), Colegio de Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México, 32 p.
- Barón-Sevilla, B., Díaz, H.F and Bückle, R.L.F. 1994. Energy budget for the red swamp crawfish *Procambarus clarkii* (Crustacea, Cambaridae). *Revista Italiana di Acquacoltura*, 29: 103-107.
- Brafield, A. E. & D. J. Salomon. 1972. Oxicalorific coefficients for animals respiring nitrogenous substrates. *Comp. Biochem. Physiol* 43:837-841.
- Brody, S. 1954. *Bioenergetics and growth*. Reinhold Publ. Corp. New. York., U.S.A. 1-311 p.
- Bückle-Ramírez, L.F., Díaz-Herrera F., Correa Sandoval F., Baron-Sevilla b., & Hernández-Rodríguez, M. 1994. Diel thermoregulation of the crawfish *Procambarus clarkii* (Crustacea, Cambaridae). *J. Therm. Biol.* 19(6):419-422.
- Cantú, L. L. 1959. Contribución al conocimiento de la embriología del acocil *Cambarellus montezumae*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. México, 50 pp.
- Capuzzo, M. J. 1983. Crustacean bioenergetics: The role of environmental variables and dietary levels of macronutrients on energetic efficiencies, p. 71 – 86. In: Prude, G. D.; Langdon C. J. and Conklin, D. E. (Eds.) *Proceedings in the Second International Conference on Aquaculture Nutrition. Biochemical and Physiological Approaches to Shellfish Nutrition*. Lewes/Rehoboth Beach,

Delaware. Louisiana State University. Division of Continuing Education.
Baton Rouge, Louisiana.

Cho, C., & Bureau, D.P. 1995. Bioenergética en la formulación de dietas y estándares de alimentación para la acuicultura del salmón: Principios, Métodos y Aplicaciones. En: II Aspectos bioenergéticos en la nutrición acuícola. III Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, Monterrey Nuevo León, México, pp 33 -64.

Clifford, H.C. & Brick, R.W. 1979. A physiological approach to the study of growth and bioenergetics in the freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii*. Proceedings of the World Mariculture Society. 10:710-719.

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

Conover, R. J. & E. D. S. Corner. 1968. Respiration and nitrogen excretion by some marine zooplankton in relation to their life cycles. J. Mar. Biol. Ass. Uk. 48: 49-75.

Cornejo, A. R. 1991. Selección térmica del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea: Decapoda: Astacidae) y su correlación con algunos índices fisiológicos. Diferencias estacionales. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 1 - 43 pp.

- Escalante, A. G. C. 2001. Fisiología energética de *Cherax quadricarinatus*: efecto de la temperatura y dietas. Tesis de maestría. Centro de Investigación científica y de educación superior de ensenada, CICESE, 60 p.
- Flores, R. A. G. 2009. Análisis preliminar de algunos factores físico-químicos indicadores de la calidad del agua en Xochimilco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 1-83 p.
- García, O. S. 1991. Efecto de diversas dietas sobre la sobrevivencia y crecimiento de crías de acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea: Astacidae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM, México. 1 - 48 p.
- Gherardi, F. 2002. Behaviour, pp 258 - 290. In: Biology of freshwater crayfish (by Holdich D.M.). Blackwell Science. UK.
- Griffiths, D., 1977. Caloric variation in Crustacea and other animals. J. Anim. Ecol. 46: 593 – 605.
- Guarneros, B. E. 1998. Espectro trófico y comportamiento alimentario del acocil *Cambarellus montezumae* durante un ciclo anual. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Iztacala. 1- 87 p.
- Hanson, J. M., Chambers, P. A. & Prepas, E. E. 1990. Selective foraging by the crayfish *Orconectes virilis* and its impact on macroinvertebrates. Freshwater Biology. 24:69 – 80.
- Hem, J. D. 1985. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. 3rd Ed. U.S. Surv. Wat. Supply Paper 2254. Washington (USA). 1-263 p.

- Hessen, D. O., Kristiansen, G. & Skurdal, J. 1986. Nutrients release from crayfish and its potential impact on primary production in lake. *Freshwater Crayfish* 9: 311 - 317.
- Hewitt, D. R. & M. G. Irving. 1990. Oxygen consumption and ammonia excretion of the brown tiger prawn *Penaeus esculentus* fed diets of varying protein content. *Comp. Biochem. Physiol.* 96A(3): 373 – 378.
- Hinojosa, D. & L. Zambrano. 2004. Interactions of common carp (*Cyprinus carpio*) with benthic crayfish decapods in shallow ponds. *Hydrobiology* 515: 115 – 122.
- Hobbs, H. H. Jr. 1989. An illustrated checklist of the American crayfish (Decapoda: Astacoidae: Cambaridae: Parastacidae) *Smithsonian Contributions to Zoology*, 480: 1 – 236 p.
- 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. P:823 – 874.
- Holdich, D. M. & R. S. Lowery (Eds.). 1988. *Freshwater Crayfish, biology, management and exploitation*. Cromm Helm Press. London. 198 pp.
- Holdich, D. M. 2002. *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science, Oxford England. 1-702 p.
- Huner, J.V. 1981. Information about the biology and culture of the red crawfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1982) (Decapoda:Cambaridae) for fisheries

managers in Latin America. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, UNAM. 8 (1): 43 - 50.

Instituto Nacional de Estadística y geografía (INEGI). 2008. Cuaderno estadístico delegacional de Xochimilco, Distrito Federal. Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica. <http://www.inegi.org.mx> Consultado en marzo 2010.

Jobling, M. 1994. *Fish Bioenergetics*. Chapman and Hall. London. 1-309 p.

Johnson, S. K. 1987. Calidad del agua en el Cultivo del Cangrejo de Rio (Acocil). FONDEPESCA. Extensionismo. FOEXT/A3.

Jones, C. 1990b. General biology of *Cherax quadricarinatus*. In: C.C. Shelly and M. Pearce. Eds. *Farming the red-claw freshwater crayfish*. NT Department of Primary Industry and Fisheries Report No.21. Northern Territory, Australia. 1 – 6.

Juarez, J. R. y Palomo, G. G. 1985. *Acuicultura*. CECSA, México.

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

Klekowski, R. Z. & A. Duncan. 1975. Physiological approach to ecological energetic. p. 15 – 56. (Grodzinsky, W; R. Z. Klekowsky and Duncan Eds). In: *Methods for ecological bioenergetics*. I. B. P. Blackwell. Sci. Pub. Oxford. 100 p.]

Lampert, W., 1984. The measurement of respiration. In: Downing J. A, and F. H. Rigler (Eds.). *A manual on methods for energy of secondary productivity in freshwater*, J. B. D. No. 17 Blackwell Sci. Publ. Oxford. pp. 413-468.

- Latournerié C. J., Cárdenas, V. R., & Nacif O. Y. 2006. Crecimiento, producción y eficiencias de energía de crías de acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) alimentadas con detritus de *Egeria densa*. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET, 7 (12): 1 – 11.
- Lochmann, R., W. R. McClain, & D.M. Gatlin III. 1992. Evaluation of practical feed formulations and dietary supplements for red swamp crayfish. J. World Aquac. Soc. 23:217 – 227 p.
- Lodge, D. M. y Lorman, J. G. 1987. Reductions in submersed macrophyte biomass and species richness by the crayfish *Orconectes rusticus*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 44: 591 – 597.
- Lot, H. & Quiroz, F. A. 1979. La chinampa: un sistema agrícola que utiliza plantas acuáticas. J. Acuatic Plant. Manage. 17 – 23 pp.
- Lucas, A. 1996. Bioenergetics of aquatic animals. Taylor & Francis Publications. Great Britain. 169 pp.
- Maldonado, R. J. G. 1990. Respuesta al estrés térmico del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure), (Crustacea: Astacidae). Comparación de Métodos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM., 75 pp.
- Manahan, S. E. 1972. Environmental Chemistry. Willard Grant Press Mass, U.S.A., 393 pp.
- Matsui, S., Hagiwara, Y., Tou, H. & Tsuhara, H. 1986. Study on the feeding habit on Japanese Blue crab *Portunus trituberculatus* (Miers). Sci. Bull. Fac. Agric. Kyushu. Univ. 40(2 – 3): 175 – 181.

- Mayzaud, J. C. & R. J. Conover. 1988. O:N atomic ration as a tool to describe zooplanton metabolism. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 45:289 – 302 p.
- Mc Harney, W., 1984. *The freshwater aquaculture book*. Hartley & Marks Press, N.Y., 583 pp.
- Moctezuma, M. A. 1996. Bases biológicas y técnicas para el cultivo del acocil *Cambarellus montezumae*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, México, 85 pp.
- Momot, W. T., H. Growing & P. D. Jones, 1978. The role of crayfish and their role in ecosystems. *American Midlife Naturalist*, 99: 10 - 35.
- Montes, O. C. 1993. Bases ecológicas para la gestión integral del cangrejo rojo de la marisma (*Procambarus clarkii*) en el parque nacional de Doña Ana, España. Tomo Ia, Departamento Interuniversitario de Ecología, Universidad Autónoma de Madrid, 132 pp.
- Nacif, O. Y. 2004. Evaluación del proceso de descomposición aeróbica de la macrófita *Egeria densa* presente el hábitat de *Cambarellus montezumae* y su potencial como alimento para esta especie. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, 63 p.
- Novelo, R. A. & Miranda, A. G. 1988. Estudio de la flora y vegetación acuática relacionada con el sistema de chinampas en el sureste del Valle de México. *Biótica*. 13 (2): 121-129.
- Oksanen, L. & Ericson, L. 1987. Concluding remarks: Tropic exploitation and community structure. *Oios*. 50: 417 – 422.

- Pedraza, G. M. 1995. Comparación hidrológica de los canales de dos zonas chinamperas de la región Xochimilco-Tláhuac a través de sus parámetros físico-químicos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 64 pp.
- Pennak, R. W. 1978. Freshwater invertebrates of the United States. Ed. Jhon Wiley and Sons, Nueva York, 803 p.
- Programa permanente de monitoreo de la flora y la fauna silvestres para obtener indicadores biológicos de conservación de suelo y agua en el área natural protegida Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco. 2001. Universidad Autónoma Metropolitana. 300 p.
- Rangel, R. 2009. Ecología poblacional de *Cambarellus montezumae* en Xochimilco, México, D. F. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México, 72 p.
- Rodier, J. 1981. Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales y agua de mar. Ediciones Omega. Barcelona-España.
- Rodríguez, C.A. 2007. Bioenergética y campo de crecimiento del acocil quela roja *Cherx quadricarinatus* alimentado con dos dietas modificadas en su contenido de carbohidratos. Tesis de Doctorado. UAM. 77 pp.
- Rodríguez-Serna, M., 1991. Influencia de la dieta en la eficiencia de asimilación: Pérdidas de energía por respiración y productos nitrogenados en el balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea:Cambaridae). Tesina de Licenciatura, U.A.M.-X, 43 pp.

Rodríguez-Serna, M., Carmona-Osalde, C. & Olvera-Novoa, M.A., 1998. Growth and survival of juvenile crayfish *Procambarus* (A.) *llamasi* fed with fresh or artificial or artificial diats. 12 th Internatinal Symposium of Astacology (I. A. A.), del 3 al 9 de Agosto, Haus St. Ulrich, Augsburg Germany.

Rodríguez-Serna, M. 1999. Biología y sistemática de los Cambáridos del sudeste de México y su otencial aprovechamiento en la acuicultura. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, 101 pp.

Rodríguez, S. M., Carmona O.C. 2002. Balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea: Astacidae: Cambaridae) perdida de energía en la tasa metabólica. Universidad y Ciencia. Vol. 18, número 036. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, México. 128 – 134 pp.

Rosas, C., Sánchez, A., Diaz, E., Soto, L. A., Gaxiola, G., & Brito, R. 1996. Effect of dietary protein level on apparent heat increment and post-prandial nitrogen excretion of *Penaeus setiferus*, *P. schmitti*, *P. dourarum* and *P. notialis* postlarvae. Jour. World Aquac. Soc. 27: 92 - 102.

Sánchez, M, P. 2007. Aprovechamiento de los ambientes reducidos en los canales de Xochimilco para el cultivo del acocil *Cambarellus montezumae*, para consume humano. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de México, 48 p.

Sanguanruang, M. 1988. Bioenergetics of red swamp crawfish (*Procambarus clarkii*) and white river crawfish (*Procambarus acutus acutus*) in cultivated,

- non-cultivated and wooded ponds in South Louisiana. Ph. D. Thesis Louisiana State University. Baton Rouge. Louisiana, U.S.A. 118 pp.
- Salazar, I. 1999. Estudio sobre el efecto toxico y genotóxico sobre el acocil *Cambarellus montezumae*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. Universidad Nacional Autónoma de México, 50 p.
- Skinner, D. M. 1985. Molting and regeneration. p. 44 – 128. (D. E. Bliss and L. H. Mantell Ed) In: The Biology of Crustacea, Vol. 9. Academic Press., New York, 550 pp.
- Sierra-Uribe, E., F. Díaz Herrera, y L. F. Buckle Ramírez. 1997. Effect of unilateral eyestalk ablation on the physiological energetics of *Procambarus clarkii* (Decapoda, Cambaridae). Riv. Ital. Acqua. 32: 105 – 113 p.
- Syvokiene, J. & Mickeniene I. 1993. The activity of gut bacteria of the crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana), in producing essential free amino acids. University of Southwestern Louisiana, (U.S.A.). 235-240 pp.
- Talbot, C. 1985. Laboratory in fish feeding and nutritional studies, 125 – 154. (P. Tayler y P. Calow, ed). In: Fish energetics: news perspectives. Croom Helm Publishers, London, 300 pp.
- Vargas, L. 1989. Notas preliminares sobre el acocil (*Cambarellus montezumae*, Saussure) del Lago de Xochimilco, D.F. en memorias del VI Simposio sobre fauna silvestre. Fac. Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México. 49 pp.

- Vásquez, G. A. 2009. Aspectos sobre la reproducción y el crecimiento del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure, 1857) en condiciones de laboratorio. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, 95 p.
- Verhoef, G. D. & C. M. Austin. 1999. Combined effects of temperature and density on the growth and survival of juveniles of the Australian freshwater crayfish, *Cherax destructor*, Clark, Part 1. *Aquaculture*. 170:37-47.
- Villalobos-Figueroa, A. 1955. Cambarinos de la Fauna Mexicana (Crustacea: Decapoda). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM. 290 pp.
- Villalobos-Figueroa, A. 1983. Crayfish of Mexico (Crustacea: Decapoda) Smithsonian Institution Libraries and the National Science Foundation. American Publishing. New Delhi. 1-276 p.
- Villarreal-Colmenares, H. 1991. A partial energy budget for the Australian Crayfish *Cherax tenuimanus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 22:252-259.
- Vondracek, B., J. J. Cech, & D. Longanecker. 1982. Effect of cycling and constant temperatures on the respiratory metabolism of the tahoe sucker, *Catostomus tahoensis* (Pisces: Catostomidae). *Comp. Biochem. Physiol.* 73A: 11 – 14 p.
- Waterman, T. 1960. *The Physiology of Crustacea*. Volume 1: Metabolism and Growth. Academic Press. New York. USA. 1- 670 p.
- Wetzel, R. G. 1983. *Limnology*. Saunders. Philadelphia. U.S.A. 1-743 p.
- Zar, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall. USA. 1-620p.

X. ANEXOS

Cuadro I. Parámetros Físico - Químicos del Lago de Xochimilco.

	MES	LOCALIDAD	ESTRATO	T °C	O2 (mg/l)	pH	Conduc (µs)	p. Redox (mV)	mg NO ₃ /L	mg NO ₂ /L	mg PO ₄ /L
Época cálida	Mayo	Bordo	Superficie	23.8	5.3	9.09	221	432	19	4.7	3.4
			Fondo	21.7	4.2	9.01	675	456	21	3.2	2.8
		Cuemanco	Superficie	21.2	5	8.72	668	467	37	0.2	6.2
			Fondo	20.8	3.2	8.63	661	479	32	0.8	3.2
	Junio	Bordo	Superficie	20.8	7.3	8.7	572	398	5	1.9	1.9
			Fondo	20	4.4	8.2	602	474	40	7.6	9
		Cuemanco	Superficie	25.4	6	9.2	682	298		2	4.8
			Fondo	23.1	5.2	9.15	667	399	5	1.9	1.9
	Julio	Bordo	Superficie	23.8	8.1	9.3	671	472	9	2.5	2.2
			Fondo	22.6	8.1	8.9	641	1200	12	2.6	5.2
		Cuemanco	Superficie	23	8.2	8.9	661	346	23	0.3	4.9
			Fondo	21.5	8.1	8.7	631	485	20	0.1	2.2
	Agosto	Bordo	Superficie	19.8	12.6	9.55	746	377	4	0.5	5
			Fondo	19.3	6.1	9.57	780	388	11	2	3.4
Cuemanco		Superficie	19.3	12.5	9.26	845	423	4	7	6	
		Fondo	18	6.8	9.25	854	423	17	0.6	4.5	
Septiembre	Cuemanco	Superficie	23	12.8	9.49	942	470	15.0	5.7	6.1	
		Fondo	21	8.4	9.5	940	452	27	10	7.7	
Epoca fría	Octubre	Bordo	Superficie	19.8	12.6	9.55	746	377	8	0.3	9
			Fondo	19.3	6.1	9.57	780	388	18	0.8	3.9
		Cuemanco	Superficie	19.1	12.4	9.26	845	423	5	1.9	1.9
			Fondo	18	6.8	9.25	854	423	14	2.3	5.8
	Enero	Bordo	Superficie	18.1	10.8	10.05	740	320	2	0.1	3.8
			Fondo	17.8	2.8	10.08	720	370	16	1	7.2
	Cuemanco	Superficie	17.1	15	9.8	741	371	16	2	3.4	
		Fondo	17.6	7	9.8	740	374	11	1.2	7.6	

Cuadro II. Resultado del contraste múltiple de medias, mediante la prueba de Tukey.

Parametro	Conclusión
Temperatura	Mayo = Junio = Julio = Agosto = Septiembre \neq Octubre = Enero
Oxígeno disuelto	Mayo = Junio = Julio = Agosto = Septiembre = Octubre = Enero
pH	Mayo = Junio = Julio \neq Agosto = Septiembre = Octubre \neq Enero
Potencial Redox	Mayo = Junio = Julio = Agosto = Septiembre = Octubre \neq Enero
Conductividad	Mayo = Junio = Julio \neq Agosto = Septiembre = Octubre = Enero
Nitratos	Mayo = Junio = Julio = Agosto = Septiembre = Octubre = Enero
Nitritos	Mayo = Junio = Julio = Agosto = Septiembre = Octubre = Enero
Fosfatos	Mayo = Junio = Julio = Agosto = Septiembre = Octubre = Enero

Cuadro III. Caracterización de las colectas de *C. montezumae* en el lago de Xochimilco.

Mes	Núm. Hembras	Núm. Machos	Total	Relación Sexos	P.H. IC 95%	LT IC 95%	LCT IC 95%
Mayo	186	68	254	1:2.7	(0.32, 0.40)	(21.91, 23.74)	(10.24, 11.09)
Junio	141	44	185	1:3.2	(0.173, 0.227)	(18.23, 19.59)	(8.48, 10.12)
Julio	113	54	167	1:2.0	(0.181, 0.254)	(18.36, 20.22)	(8.67, 9.60)
Agosto	240	117	357	1:2.0	(0.131, 0.164)	(16.42, 17.50)	(7.87, 8.38)
Septiembre	179	90	269	1:1.9	(0.099, 0.131)	(15.20, 16.39)	(7.23, 7.78)
11:00	39	15	54	1:2.6	(0.063, 0.118)	(13.12, 15.47)	(6.56, 7.68)
15:00	30	29	59	1:1.0	(0.072, 0.127)	(13.90, 16.18)	(6.59, 7.70)
19:00	28	16	44	1:1.5	(0.062, 0.103)	(14.05, 16.34)	(6.55, 7.69)
24:00	34	14	47	1:3.0	(0.105, 0.211)	(16.27, 19.74)	(7.59, 9.16)
09:00	48	17	65	1:4.3	(0.099, 0.185)	(15.26, 17.96)	(7.18, 8.45)
Época Cálida	859	373	1232	1:2.3	(0.19, 0.215)	(18.17, 18.87)	(8.06, 8.93)
Octubre	100	30	130	1:3.3	(0.105, 0.152)	(15.19, 17.02)	(6.88, 7.81)
Enero	124	71	195	1:1.7	(0.265, 0.355)	(20.29, 22.28)	(9.90, 11.01)
11:00	86	41	127	1:2.0	(0.197, 0.299)	(18.46, 20.87)	(9.17, 10.5)
19:00	7	4	11	1:1.7	(0.292, 0.796)	(23.45, 32.13)	(11.48, 15.93)
24:00	13	14	27	1:0.9	(0.232, 0.460)	(19.43, 24.87)	(9.17, 11.91)
09:00	18	12	30	1:1.5	(0.318, 0.589)	(21.68, 27.68)	(10.20, 13.21)
Época Fría	224	101	325	1:2.2	(0.207, 0.268)	(18.41, 19.96)	(8.80, 9.63)

Cuadro IV. Análisis de la composición del tejido de *C. montezumae*.

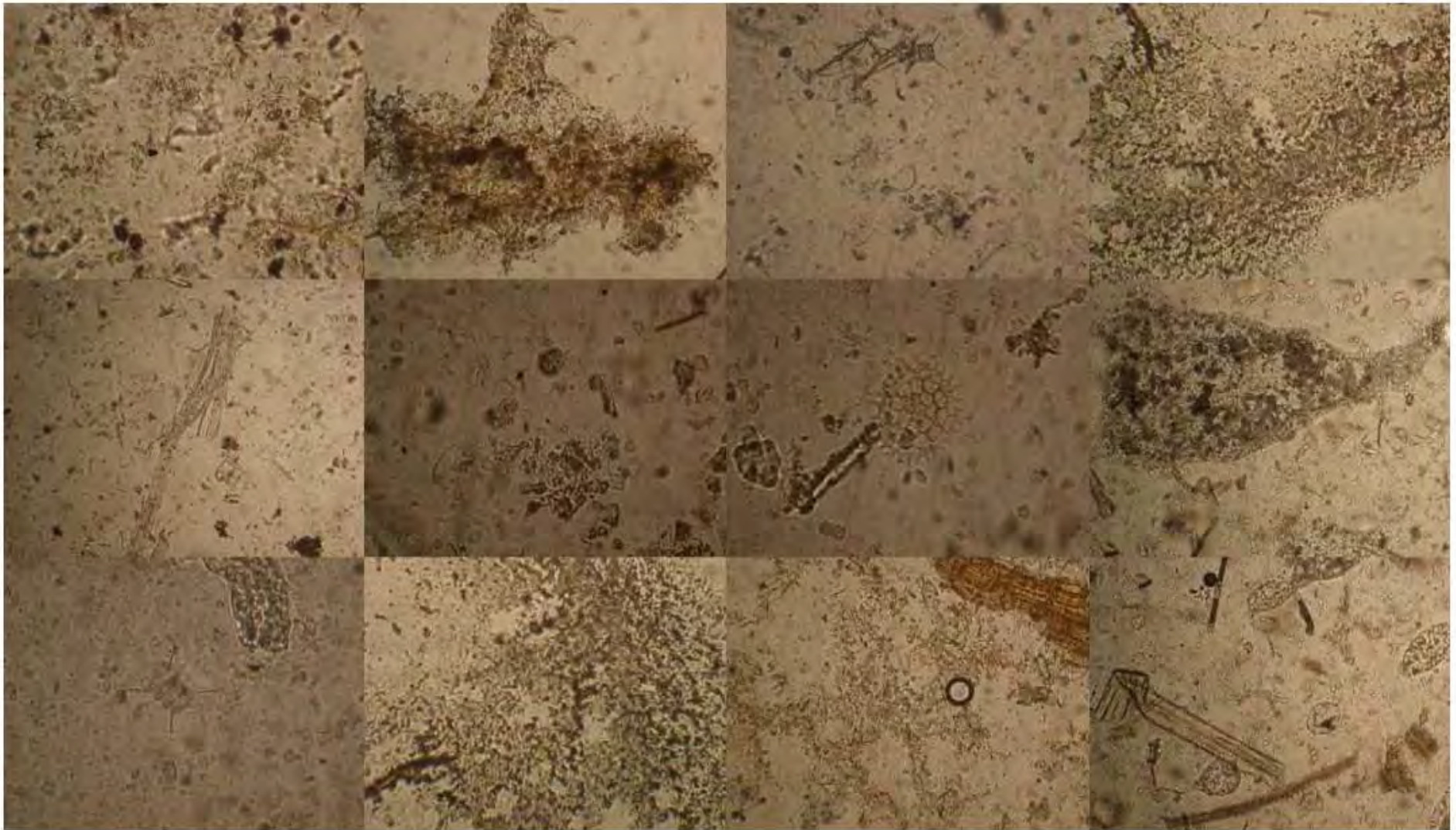
Época	Mes	Clase Talla*	% de H ₂ O	% M.O.	% Ce	CE cal/gr
Cálida	Mayo	Chicos	77 ± 3	81	19	3049.2
		Medianos	79 ± 4	71	29	3100.1
		Grandes	77 ± 2	72	28	3262.8
	Junio	Chicos	81 ± 7	69	31	3289.0
		Medianos	78 ± 1	72	28	2938.9
		Grandes	77 ± 2	62	38	3174.5
	Julio	Chicos	79 ± 2	71	29	3065.1
		Medianos	78 ± 1	78	22	2904.0
		Grandes	80 ± 2	71	29	2473.0
	Agosto	Chicos	78 ± 1	65	35	1754.9
		Medianos	79 ± 1	76	24	3110.2
		Grandes	78 ± 3	70	30	3202.7
Septiembre	Chicos	79 ± 1	78	22	2619.4	
	Medianos	78 ± 1	84	16	2030.3	
	Grandes	77 ± 2	74	26	4262.9	
Fría	Octubre	Chicos	74 ± 11	69	31	3035.6
		Medianos	73 ± 13	65	35	3085.3
		Grandes	80 ± 2	74	26	3218.6
	Enero	Chicos	79 ± 3	78	22	2637.1
		Medianos	78 ± 2	71	29	2032.8
		Grandes	80 ± 2	72	28	3577.7

* El peso promedio de los organismos de la clase talla chicos es 0.169 ± 0.01 g, de la clase talla medianos es 0.386 ± 0.03 g y de la clase talla grandes es 0.757 ± 0.08 g

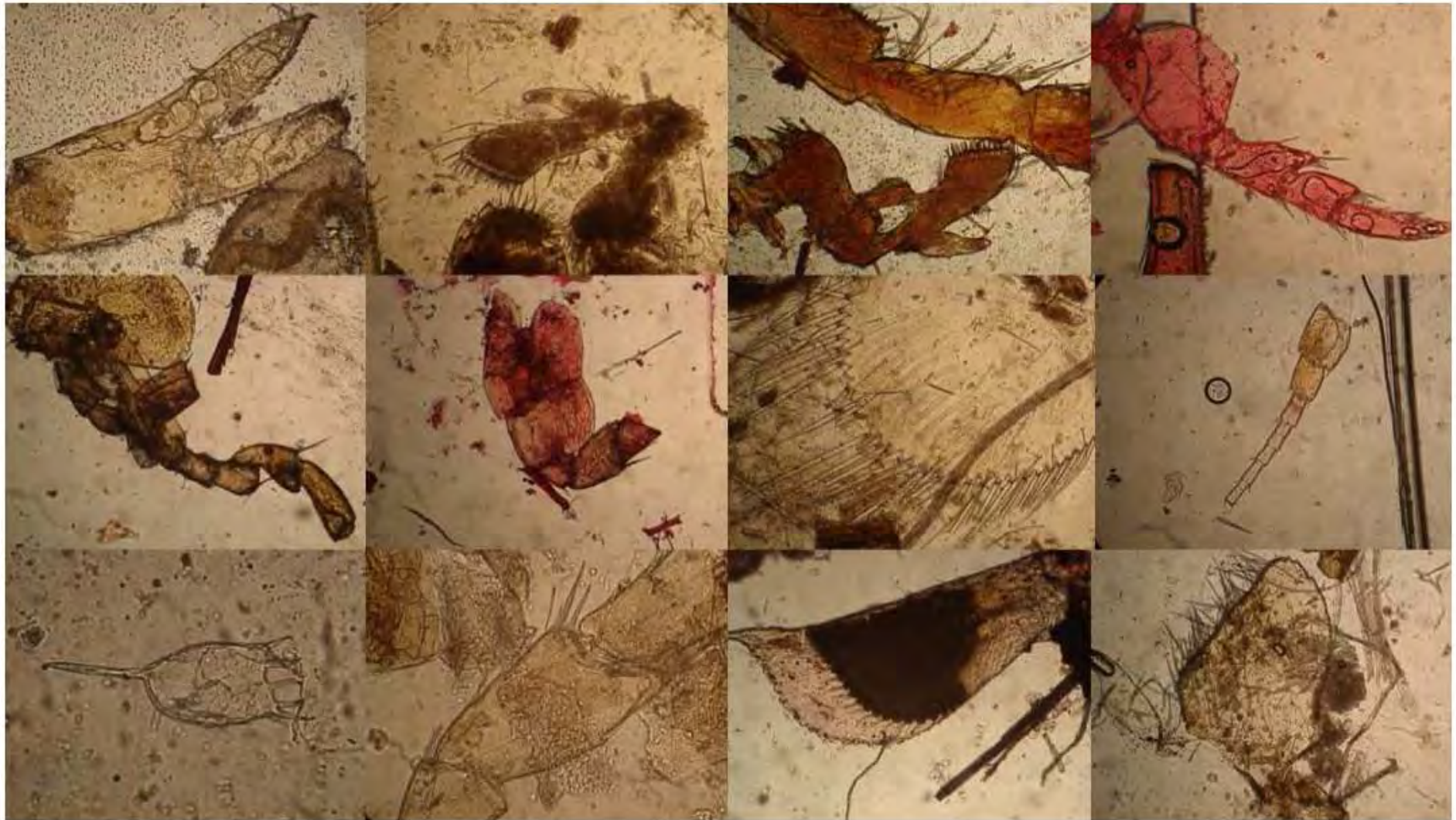
Cuadro V. Componentes principales del contenido estomacal en un ciclo de 24 hrs.

Hora	N	% Llenado (a)	Peso promedio (b) Contenido estomacal (mg)	Componentes Contenido estomacal	Abundancia %
11:00	14	53	15.34	Detritus In-Meiofauna Materia vegetal	10 6 84
19:00	14	62	19.38	Detritus In-Meiofauna Materia vegetal	11 6 83
23:00	14	78	22.29	Detritus In-Meiofauna Materia vegetal	11 7 82
09:00	14	57	18.38	Detritus In-Meiofauna Materia vegetal	10 9 81

- a. Número de estómagos llenos entre el número de estómagos vacíos X 100.
 b. Peso promedio del contenido estomacal de los acociles capturados en cada muestreo.



Lamina A. Detritus encontrado en el contenido estomacal de acociles *C. montezumae*.



Lamina B. In-meiofauna encontrada en el contenido estomacal de acociles *C. montezumae*.



Lamina C. Material vegetal encontrado en el contenido estomacal de acociles *C. montezumae*.