



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**ASPECTOS BIOENERGÉTICOS DEL CRECIMIENTO Y
MADURACIÓN SEXUAL DE JUVENILES DE
CAMBARELLUS MONTEZUMAE (SAUSSURE):
INFLUENCIA DEL NIVEL DE LÍPIDOS Y FUENTE DE
PROTEÍNA EN LA DIETA.**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

Presenta:

VARGAS TAMAYO DULCE ANDREA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JOSÉ ROMÁN LATOURNERIÉ CERVERA

México, 2019





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.

Agradecimientos:

A la Secretaria de Ciencia Tecnología e Innovación (SECITI), por la beca de licenciatura otorgada para la realización de la presente investigación dentro del proyecto SECITI 070/2016. "Rescate de especies nativas y actividades productivas sustentables en Xochimilco I. Ajolote y acocil".

Al Dr. José Román Latournerié Cervera por las enseñanzas a lo largo de mi estancia en el Laboratorio interdisciplinario de investigación en Acuicultura y Recursos Naturales. Facultad de Ciencias, UNAM por el apoyo y paciencia brindada durante ese lapso y el que llevo la elaboración de este trabajo.

A los miembros del jurado Dr. René de Jesús Cárdenas Vázquez, Dr. José Luis Villalobos Hiriart, Biól. Dafne Bonilla Cerquedo y el Dr. Adolfo Gracia Gasca por sus comentarios y aportaciones a la revisión de este trabajo

A la Biól. Dafne Cerquedo, a la Lic. en Economía Alma Rosa Estrada y a la M. en C. Yamel Nacif, profesoras que contribuyeron con mi formación académica, dándome una visión holística, por su apoyo durante este trabajo, por sus enseñanzas en campo y en laboratorio, gracias.

A la Universidad Nacional de Autónoma de México, a la Facultad de Ciencias por la oportunidad de haberme dado una casa, experiencias académicas y momentos personales que nunca olvidaré.

A mis compañeras Mariela Arredondo e Isabel Rangel por su amistad y apoyo durante mi estancia en el Laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática, Facultad de Ciencias.

A mis compañeros Jesús Morelos y José Juan Torres, y compañeras Ana Escobar e Itza Lavana, por su amistad y apoyo durante mi estancia en el Laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática, Facultad de Ciencias, en las salidas a campo y en la fase experimental de este trabajo, su apoyo en mi vida académica y personal ha significado mucho para mí, gracias por todo.

A Elizabeth Galindo, Victoria Ojeda, Miguel Ángel Nava, Agustín Sánchez, Miguel Ángel Guzmán, por esa amistad incondicional y por el apoyo y orientación que siempre me han dado.

A Carlos Zugarazo por su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida, por los momentos de ocio y ayuda con mis deberes académicos.

A mis hermanos Janett y Andrés, los quiero mucho, por llenar mi vida de felicidad y enojo, todo ha servido gracias, a mis tíos Eduardo Vargas y Juan Vargas a mis abuelos Clotilde Altamirano y Ramón Vargas por su cariño y por cuidar de mí, los quiero y agradezco tenerlos en mi vida.

A mis papás María Magdalena Tamayo Hernández y José Andrés Vargas Altamirano, por los buenos y malos momentos de los que siempre he aprendido algo de ustedes y de mí, los amo y siempre será así.

**La felicidad se puede hallar hasta en los más oscuros
momentos, si somos capaces de encender la luz.**

Albus Dumbledore.

Contenido	Página
Resumen.....	9.
Abstract.....	10.
Agradecimientos.....	2.
Índice.....	4.
Listado de abreviaturas.....	6.
Índice de Figuras.....	7.
Índice de Tablas.....	8.
1. Introducción.....	11.
2. Marco teórico.....	12.
2.1 <i>Cambarellus (Cambarellus) montezumae</i>	12.
Taxonomía.....	12.
Distribución.....	12.
Morfología.....	13.
Ciclo de vida.....	13.
Hábitat y hábitos.....	14.
Parámetros del hábitat natural.....	15.
Dieta.....	15.
2.2 Formulación de dietas.....	15.
2.2.1 <i>Amaranthus</i> sp.....	16.
Uso histórico.....	16.
Ciclo de vida de <i>Amaranthus</i>	17.
Propiedades nutricionales.....	17.
2.2.2 Camaronina.....	17.
Propiedades nutricionales.....	17.
2.2.3 Aceite de hígado de bacalao.....	18.
Propiedades nutricionales.....	18.
2.3 Bioenergética.....	19.
Ecuación general del balance de energía.....	20.
3. Antecedentes.....	20.
4. Justificación.....	25.
5. Hipótesis.....	26.
6. Objetivo.....	26.
6.1 Objetivo general.....	26.
6.2 Objetivos particulares.....	26.
7. Materiales y métodos.....	26.
7.1 Área de estudio.....	26.

7.2 Fase de colecta.....	27.
7.3 Diseño experimental.....	28.
Fase de aclimatación.....	28.
7.4 Fase experimental.....	29.
7.4.1 Calidad de agua.....	30.
7.4.2 Fase de crecimiento.....	31.
Biometrías.....	31.
Supervivencia.....	31.
7.4.3 Índices fisiológicos y del balance de energía.....	31.
Tasa metabólica, respiración (R).....	31.
Tasa de excreción nitrogenada, excreción (U).....	32.
Producción (P).....	32.
Consumo (C).....	33.
7.4.4 Maduración sexual.....	33.
8. Resultados y Discusión.....	34.
8.1 Calidad de agua.....	34.
8.2 Fase de crecimiento.....	35.
Biometrías.....	36.
Relación Peso Húmedo– Longitud Total.....	39.
8.3 Índices fisiológicos y de balance de energía.....	40.
Tasa metabólica, respiración (R).....	40.
Tasa de excreción nitrogenada, excreción (U).....	41.
Producción (P).....	43.
8.4 Supervivencia y maduración sexual.....	44.
9. Conclusión.....	47.
10. Recomendaciones.....	47.
11. Literatura Citada.....	48.

Listado de abreviaturas.

A – Asimilación

AGE - Ácidos grasos esenciales.

AQP- Análisis Químico Proximal.

Cambarellus (C.) montezumae - *Cambarellus Cambarellus montezumae*.

DS – Desviación estándar

LT- Longitud total.

L-2% - Dieta con 2% de lípidos.

L-4% - Dieta con 4% de lípidos.

L-6% - Dieta con 6% de lípidos.

MFI - Macho morfo uno.

MFII - Macho morfo dos.

N - Muestra

P_i - Peso inicial.

P_f - Peso final.

P - Producción.

PH - Peso húmedo.

ppm- partes por millón

P+R - Alimento asimilado.

R - Tasa metabólica.

U - Tasa de excreción nitrogenada.

ΔP/día - Delta producción por día.

Índice de Figuras

Figura 1: Morfología de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> (Saussure, 1857).....	13.
Figura 2: Ciclo de vida de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> (Saussure, 1857).....	14.
Figura 3: Mapa de colecta de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> (Saussure, 1857).....	28.
Figura 4: Colecta de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> (Saussure, 1857), Canal el Bordo.....	28.
Figura 5: Diseño experimental aleatorizado y montado en el laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática.....	29.
Figura 6: Biometría de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> (Saussure, 1857).....	31.
Figura 7: Curvas de crecimiento en PH (g) de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> (Saussure, 1857) en las dietas ensayadas.....	37.
Figura 8: Distribuciones de talla LT (mm) de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> (Saussure, 1857) en las dietas ensayadas.....	38.
Figura 9: Patrón de crecimiento (PH-LT) de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> (Saussure, 1857) en las diversas dietas.....	39.
Figura 10: Tasa metabólica (QO ₂ /h) de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> (Saussure, 1857) en los diversas dietas.....	40.
Figura 11: Tasa metabólica de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> (Saussure, 1857) (QO ₂ /h) con relación al peso corporal, datos agrupados.....	41.
Figura 12: Metabolismo nitrogenado de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> (Saussure, 1857) en relación al peso corporal.....	42.
Figura 13: Porcentaje de sobrevivencia y machos MF-I de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> (Saussure, 1857).....	44.

Índice de Tablas

Tabla 1: Taxonomía de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> Henry Saussure 1857 de acuerdo con De Grave y colaboradores (2009).....	12.
Tabla 2: Dietas preparadas a base de Camaronina: Camaronex 35 de Purina®, Amarantho comercial de Tulyehualco CDMX, aceite de hígado de bacalao y como aglutinante 1% grenetina.....	29.
Tabla 3: Análisis químico proximal de dieta control y dietas formuladas.....	30.
Tabla 4: Factores de calidad del agua medidos durante la fase experimental.....	34.
Tabla 5: Indicadores de PH y LT de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> (Saussure, 1857) en las diversas dietas y tiempos durante la fase experimental (Media ± DS).....	36.
Tabla 6: Metabolismo aerobio de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> (Saussure, 1857) en las dietas ensayadas (Media ± DS).....	40.
Tabla 7: Excreción nitrogenada en calorías hora y día (QN-NH ₄), de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> (Saussure, 1857) en los diversos tratamientos. (Media ± DS).....	42.
Tabla 8: Efecto del nivel de lípidos en la dieta sobre el crecimiento y algunos índices del Balance de energía de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> (Saussure, 1857).....	43.

Resumen

El cultivo de crustáceos ha adquirido un gran impulso en las últimas décadas, debido a que varias de las especies tienen un ciclo de vida corto y una gran producción de crías, así como una gran demanda y también por la disminución que han sufrido las poblaciones naturales a causa de la pesca excesiva y factores ambientales provocados por el hombre. En el presente trabajo se planteó comparar la factibilidad de las dietas ensayadas para el cultivo de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) con base en sus efectos sobre el crecimiento, maduración sexual y algunos de los elementos de la ecuación general de balance de energía (Grodzinski, et al., 1975), en crías de la especie, se utilizó una dieta control, camaronina: Camaronex 35 Purina® y 3 dietas formuladas con distinto porcentaje de lípidos L-2%, L-4% y L-6%, elaboradas con amaranto comercial, camaronina (Camaronex 35 Purina®) y aceite de hígado de bacalao. Cada tratamiento contó con 16 organismos, los cuales se monitorearon 4 veces por semana para evaluar supervivencia y calidad de agua, cada 15 días se realizaron biometrías para evaluar crecimiento y maduración sexual, se midió la tasa metabólica (R), tasa de excreción nitrogenada (U), producción (P), así como el alimento asimilado (P+R). La dieta control y L-2% fueron más eficaces para llegar a un estado de maduración sexual, mayor crecimiento y mayor sobrevivencia, en conjunto. Con los indicadores fisiológicos y bioenergéticos evaluados. Se llegó a la conclusión de que la dieta L-2% presentó una mayor asimilación del alimento con una menor pérdida de energía en excreción y de energía en respiración en comparación con las dietas evaluadas. Mientras que la dieta control y L-6% presentaron valores más altos en crecimiento.

Abstract.

Crustacean culture has acquired a great impulse through the last decades due to short lifecycle and a great production of larvae that many species present, as well as to the great demand and the decrease of natural populations due to overfishing. On this study, a comparison of the viability to raise *Cambarellus. (C.) montezumae* (Saussure, 1857) with experimental diets was done, based on its growth, sexual maturation and some parameters of the general energy balance equation. Camaronina (Camaronex 35 Purina®) was used as control diet and three formulated diets with different lipid percentage: L-2%, L-4% y L-6%, made of commercial amaranth, camaronina and cod liver oil were tested. Each treatment consisted of 16 organisms, which were monitored four times a week to evaluate survival and aquarium water quality. Every two weeks, biometrics where taken to evaluate growth and sexual maturation. Also, metabolic rate (R), nitrogen excretion rate (U), production (P), as well as assimilated nutriments (P+R) were measured. It was concluded that L-2% treatment had higher nutrient assimilation with a smaller energy loss through excretion and metabolism, than the other experimental diets evaluated.

1. Introducción.

En México el estudio de los crustáceos ha tenido una historia de registros larga y discontinua (García-Madrigal y Villalobos-Hiriart, 2012), se estima que para el caso del subphylum Crustacea, el número de especies descritas para México representa el 11.9% del total mundial y el porcentaje de endemismo varía entre el 20% y 90% para especies marinas y dulceacuícolas respectivamente (Martínez-Meyer *et al.*, 2014).

Los crustáceos se caracterizan por tener apéndices formados por segmentos articulados y presentar un cuerpo protegido por una cubierta gruesa de quitina, la cual necesitan mudar para poder crecer. Se distribuyen en distintos hábitats, viven en aguas marinas, salobres y dulces, la mayoría son acuáticos, muchas especies son explotadas comercialmente y forman parte de la alimentación humana, siendo en muchos países la base de la economía pesquera por los altos costos que estos organismos han alcanzado en los mercados internacionales (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997)

El cultivo de crustáceos ha adquirido un gran impulso en las últimas décadas, debido a que muchas especies tienen un ciclo de vida corto y una gran producción de crías, así como por la demanda y la disminución que han sufrido las poblaciones naturales a causa de la pesca excesiva. En el México antiguo, así como en otros países de Mesoamérica, la utilización del agua incluía prácticas de pesca y algunas actividades que se pueden considerar como de cultivo. En las zonas pantanosas de Tenochtitlán se consumían algas, insectos acuáticos, acociles, peces, salamandras y aves acuáticas (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997)

De acuerdo con la Carta Nacional Acuícola (2012), elaborada por el INAPESCA, *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) es un crustáceo susceptible de ser cultivado dentro del campo de la acuicultura, debido a su desarrollo larval abreviado, así como a su amplio rango de tolerancia a distintas condiciones ambientales, por lo cual se le considera como una especie nativa con potencial acuícola de gran valor nutricional. Dentro de las ventajas de la especie se encuentra el hecho de ser un animal de rápido crecimiento y que se reproduce durante todo el año, con elevadas tasas de supervivencia incluso en altas densidades, lo que hace potencialmente factible su producción en sistemas semi-intensivos para atender la demanda del mercado, siempre y cuando se contemplen los requerimientos de la especie (Latournerié-Cervera, *et al.*, 2016).

2. Marco teórico.

2.1 *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* (Saussure, 1857).

TAXONOMÍA.

C. (C.) montezumae (Saussure, 1857) fue descrita por primera vez por Henry de Saussure en 1857, de acuerdo con la clasificación propuesta por De Grave y colaboradores (2009) tabla 1, la posición taxonómica de la especie es la siguiente:

Reino	Animalia Linnaeus, 1758
Phylum	Arthropoda Latreille, 1829
Subphylum	Crustacea Brünnich, 1772
Clase	Malacostraca Latreille, 1802
Orden	Decapoda Latreille, 1802
Suborden	Pleicyemata Burkenroad, 1953
Infraorden	Astacidae Latreille, 1802
Superfamilia	Astacoidea De Haan, 1841
Familia	Cambaridae Hobbs, 1942
Género	<i>Cambarellus</i> Ortmann, 1905
Subgénero	<i>Cambarellus</i> Ortmann, 1905
Especie	<i>Cambarellus (Cambarellus) montezumae</i> Saussure, 1857.

Tabla 1: Taxonomía de *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* (Saussure, 1857) de acuerdo con De Grave y colaboradores (2009).

DISTRIBUCIÓN.

Para el género *Cambarellus* se reporta una distribución discontinua a partir de la cuenca del Río Mississippi, la costa del Golfo de México y la cuenca del Río Lerma (Thorp y Covich, 1991). La distribución natural para *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) está limitada a ciertos cuerpos de agua como son los lagos de Zumpango, Guadalupe, Texcoco, Xochimilco y el sistema del Río Lerma-Chapala, así como en los estados de Querétaro, Tlaxcala, Michoacán y Jalisco (Cornejo-Rodriguez, 1991; Villalobos-Hiriart, 1993).

MORFOLOGÍA.

La especie *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) al igual que otros acociles está cubierto por un exoesqueleto que cambia mediante la muda o écdisis, su cuerpo se divide en tres tagmas: el cefalón y el torác se fusionan para formar el cefalotórax y el abdomen; en la hembra las somitas abdominales 2 a 5 presentan un par de pleópodos, la abertura del oviducto se encuentra en la base del tercer par de apéndices torácicos. En los machos los gonóporos se encuentran modificados con propósitos de cópula y se les conoce como gonópodos. En los machos existen dos formas sexuales o morfos: el macho sexualmente maduro MFI (Macho morfo I) que se caracteriza por presentar el primer par de pleópodos grandes, endurecidos (quitinizado) y con una coloración blanquecina mientras que la forma no reproductiva MFII (Macho morfo II) el primer par de pleópodos no está quitinizado (Villalobos-Figueroa, 1955), figura 1.

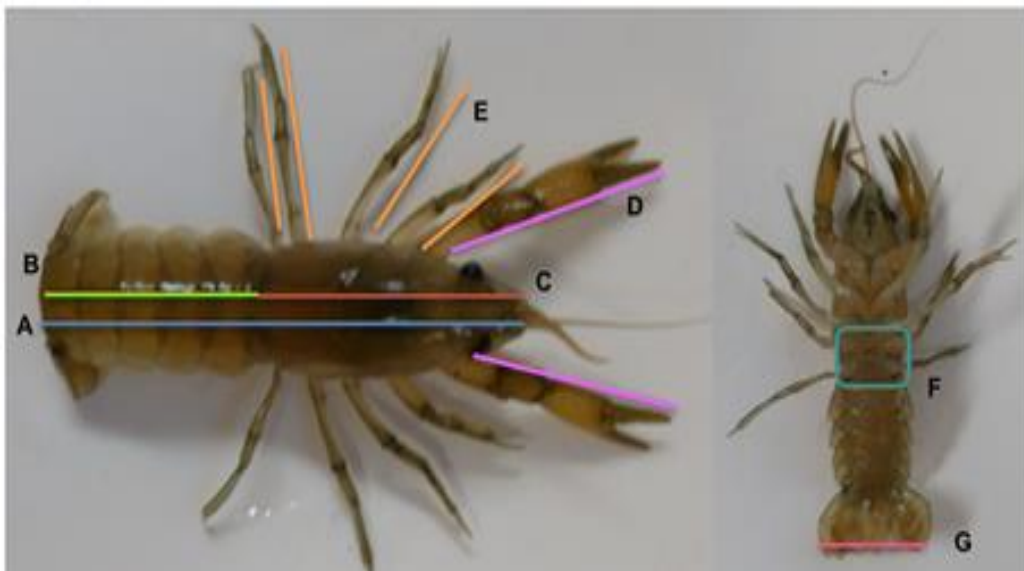


Figura 1: Morfología externa de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) tomada en el Laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática. Facultad de Ciencias. UNAM. **A** longitud total, **B** abdomen, **C** cefalotórax, **D** quelas, **E** pereriópodos, **F** zona de dimorfismo sexual, **G** telson y urópodos.

Con respecto a la coloración del organismo depende mucho de su alimentación. Las hembras tienen un tamaño mayor, siendo así más anchas del abdomen, para transportar sus huevos, mientras que el macho es más pequeño y esbelto

CICLO DE VIDA.

La reproducción se lleva a cabo durante todo el año, después de la cópula ocurre la ovoposición, los huevos se desarrollan en un período de 10 a 30 días (Rosas, 1976), el desarrollo es directo sin estados de nauplio. Las larvas permanecen en el abdomen de la

hembra por un período de 35 a 45 días (Cantú, 1959), ésta puede generar una corriente de agua que les proporciona oxígeno si en el hábitat hay escasez. Las crías, una vez que son liberadas, tienen la misma morfología que un acocil adulto, (Carta Nacional Acuícola, 2012), ver figura 2.

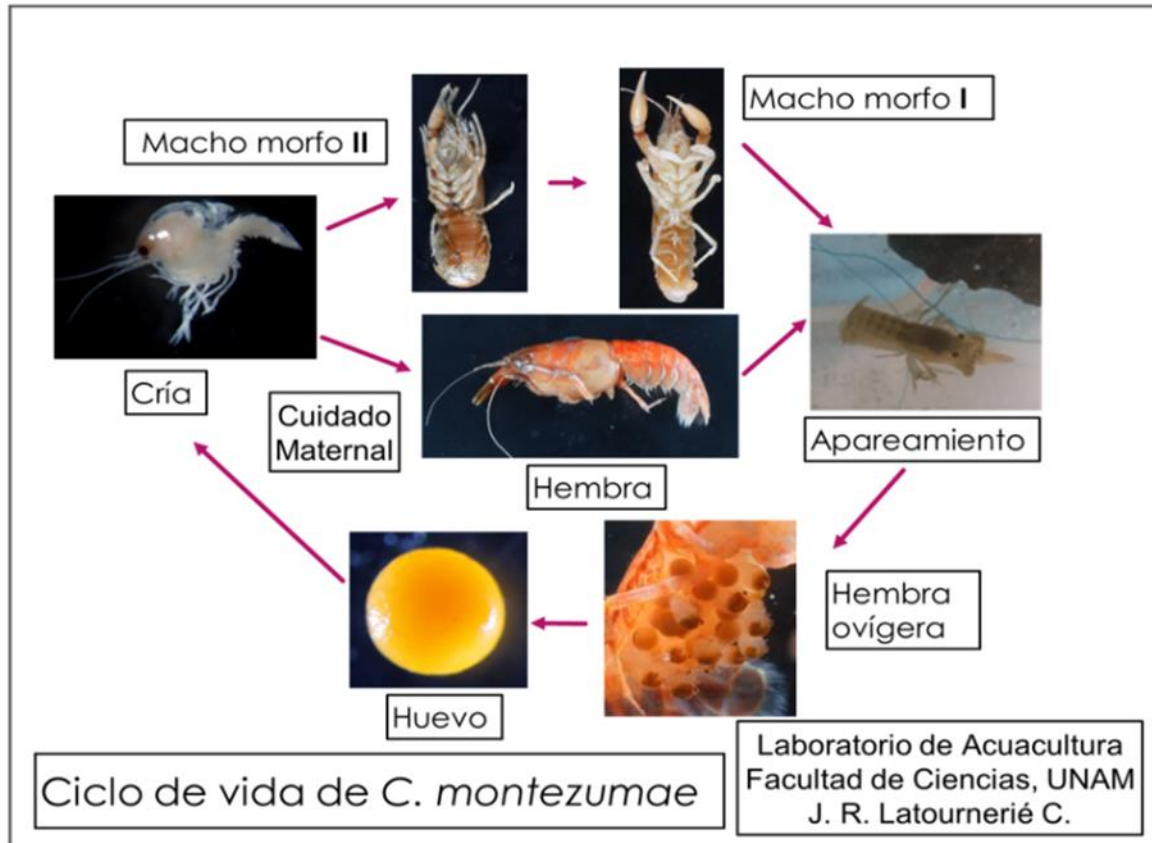


Figura 2: Ciclo de vida de *Cambarellus*. (*C.*) *montezumae* (Saussure, 1857) elaborado en el laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática Facultad de Ciencias. UNAM.

HÁBITAT Y HÁBITOS.

Cambarellus (*C.*) *montezumae* (Saussure, 1857) se localiza en toda la Cuenca de México (Villalobos-Figueroa, 1955), ocupando residuos lacustres que han quedado del enorme depósito de agua. Tales como los lagos de Zumpango, Guadalupe, Texcoco y Xochimilco, y además al sistema del río Lerma–Chapala (Cornejo, 1991).

La especie es considerada omnívora y oportunista que consume diversos alimentos, como detritus, vegetales y restos de animales, aparte de ser un activo depredador (Moctezuma, 1996; Latournerié y Román, 2006). Los acociles juveniles son primordialmente cazadores y preferentemente consumen proteína animal, los adultos no depredan, consumen pequeñas cantidades de animales y gran parte de su alimento consiste en detritus vegetal. (Huner, 1981; Rodríguez-Serna, 1991, 1999).

PARÁMETROS DEL HÁBITAT NATURAL.

Los acociles usados en el presente estudio se recolectaron en el canal El Bordo, dicho canal se encuentra en Xochimilco, el clima de la zona de Cuernavaca está clasificado como C(w2)(w)b(i): templado, semi seco y sin estación invernal bien definida (UAM, 2001). La temperatura media anual fluctúa entre 17° y 22°C, con temperaturas mínimas en diciembre y enero (12° a 13°C) mientras que las más altas se presentan en los meses de mayo a julio alcanzando los 25.5°C. El pH promedio es de alrededor de 8.5 ± 0.5 mientras que la concentración de oxígeno disuelto varía, dependiendo del estrato superficie-fondo, entre 4 y 9.5 mg/l (Flores-Ramírez, 2009).

DIETA.

Rosas (1976) observó que las crías dependen de vitelo hasta los 10 días después de la eclosión, posteriormente se alimentan de microcrustáceos además de algas filamentosas, diatomeas, protozoarios y rotíferos. En el estado adulto prevalece esta dieta y materia orgánica no identificada. Este autor reportó que el microhábitat del organismo puede influir en su dieta, por ejemplo: la frecuencia de microcrustáceos en el tracto digestivo es mayor en los que se encuentran en el raigambre de los lirios, mientras que las algas filamentosas y el detritus en los que habitan en la vegetación riparia. García-Padilla (2010), reportó que sus requerimientos de proteína cambian con el estadio del ciclo biológico y la época del año, siendo mayores en etapas de juvenil y tiende a ser omnívoro detritívoro con predominancia de detritus vegetal y fauna asociada, en las etapas subsecuentes.

Ahora bien, la intensificación del manejo productivo de una especie en cautiverio requiere del conocimiento de los posibles insumos que podrían emplearse para el diseño de dietas, que fueran de bajo costo y con materiales que estuvieran disponibles en el área cercana al sistema de cultivo, con la finalidad de abatir los costos de alimentación (Latournerié-Cervera, et al., 2016). Por tal motivo a continuación se presentan los conceptos y elementos técnicos más relevantes para el diseño de dietas, uno de los puntos centrales de esta investigación.

2.2 Formulación de dietas.

La utilización del alimento en los crustáceos es igual que en otros grupos de animales, se siguen básicamente cuatro pasos: primero se obtiene el alimento, la alimentación activa incluye la detección y orientación, la captura y la ingestión; el segundo es la digestión que se refiere a la hidrólisis del alimento; el tercer paso es la absorción o incorporación de nutrientes y el cuarto es la excreción o la eliminación de sustancias no asimilables por el organismo.

En acuicultura encontramos dos tipos principales de alimento, el alimento natural y el artificial, en un cultivo extensivo o semi-intensivo se emplea normalmente el alimento natural; bacterias, fitoplancton, zooplancton, insectos, crustáceos entre otros, mientras que en un

cultivo intensivo se utiliza un alimento artificial que satisfaga las necesidades de la especie y sea de bajo costo (Castelló-Orvay, 1993).

2.2.1 *Amaranthus* spp. (Linnaeus, 1753)

USO HISTÓRICO

Las especies del género *Amaranthus* Linnaeus, 1753 que se utilizan para la producción del grano son originarias de América. *Amaranthus cruentus* (L.) Thell., 1912 es una especie que se usa en la producción de grano, es originaria de América Central, probablemente de Guatemala y del sureste de México, donde su distribución es muy amplia. Otra especie que cuenta con un amplio rango de distribución es *Amaranthus hypochondriacus* Linnaeus, 1753, este se cultivaba desde el tiempo de los aztecas y en la actualidad se sigue cultivando. Los “amarantos” fueron nombrados *huauhtli* por los aztecas. En el náhuatl del siglo XVI huach fue un radical nominal independiente, no relacionado con alguna otra raíz; *huaqui*, “secar”, daría el nombre *huactli* o “una cosa secada en el exterior”, palabra que se puede derivar de alguna raíz auto-azteca (Costea y Tardit, 2003). La relación del amaranto con el hombre va más allá de los 6000 años (Early, 1977; Mapes-Sánchez, 2015).

El amaranto después de la conquista fue un alimento mayormente cultivado en la Mesa Central de México. Entre los aztecas y sus vecinos, el grano tuvo además una importancia religiosa (Sauer, 1967). Dentro de los usos comestibles que reportaron los informantes de Sahagún se narró que las hojas de la planta se cocían y se les exprimía el agua para comérselas sazonándolas con sal, en tamales, en las tortillas, donde mezclaban masa de maíz y el amaranto, también de potajes hechos con amaranto cocido y chile amarillo, tomates y pepitas de calabaza. (Barros y Buenrostro, 1997).

En la cuenca de México los amarantos se cultivaron en dos zonas distintas; en tierra firme donde se cultivaba al lado de maíz, frijol, calabaza u otras plantas anuales y en chinampas, donde crecía al lado de otras plantas que eran parte de la dieta mesoamericana, aunque no se sabe si el cultivo en chinampas era para la siembra en almácigos de lodo y chapines, para su posterior trasplante a tierra firme o si eran sembrados en suelo chinampero donde permanecían definitivamente (Mapes-Sánchez, 2015). Se puede suponer que al ser cultivado en chinampas partes de la planta formaron parte de la alimentación de *Cambarellus (C) montezumae* (Saussure, 1857).

En la actualidad, este cultivo se mantiene marginado y sólo persiste entre algunos grupos indígenas. El principal centro de cultivo en México es Tulyehualco. (Espitia et al. 2010; Espitia, 2012).

CICLO DE VIDA DE *Amaranthus spp.* (Linnaeus, 1753).

El amaranto o huautli se reproduce por semillas, tiene un ciclo de vida anual de verano, que se lleva a cabo entre marzo y diciembre, se encuentra en estado vegetativo de marzo a septiembre, florece de mayo a octubre y fructifica de julio a diciembre. La época desfavorable la pasa en forma de semilla. (Villaseñor y Espinosa, 1998).

PROPIEDADES NUTRICIONALES.

El amaranto es un producto vegetal muy completo, es una fuente importante de proteínas, ya que el contenido proteico es del 14% al 18% mostrando un excelente balance de aminoácidos, por su composición la proteína de amaranto es semejante a la proteína de la leche y se acerca mucho a la proteína propuesta por la FAO para la alimentación humana (Mapes-Sánchez, 2015). Posee altos niveles de minerales y vitaminas naturales: A, B, C, B1, B2, B3, así como ácido fólico, calcio, niacina: para la producción de hormonas sexuales, del crecimiento y metabolismo, hierro, fósforo y lisina: para la producción de anticuerpos, hormonas y enzimas, aminoácido que se encuentra en abundancia en este alimento si se le compara con el maíz (Contreras-Navarrete et al., 2016).

Es capaz de proporcionar requerimientos proteicos y de calorías que en la actualidad solo se pueden obtener de 20 especies vegetales, entre ellos el trigo, arroz, sorgo, papa, frijol y soya (Contreras-Navarrete et al., 2016). Siendo así un alimento recomendado para prevenir y ayudar a curar afecciones como la osteoporosis, obesidad, hipertensión arterial entre otros. (Contreras-Navarrete et al., 2016).

2.2.2 Camaronina.

PROPIEDADES NUTRICIONALES.

En México una de las grandes empresas dedicadas a la investigación, diseño y fabricación de alimentos destinados a la acuicultura en el país es: Agribands Purina México, S. de R.L. de C. V., empresa que ofrece a los acuicultores un completo portafolio de planes y productos que se adecuan a los objetivos y características particulares de prácticamente todas las explotaciones acuícolas en México.

La empresa ofrece experiencia en nutrición basada en estudios que se han realizado en instituciones de investigación con prestigio internacional y en un Centro de Innovación ubicado en Elk River, Minnesota, EUA. De acuerdo a su publicidad, esto les permite contar con dietas balanceadas de alta calidad que satisfacen eficientemente las necesidades nutricionales de las principales especies de camarón y peces cultivados en la República Mexicana. El portafolio de productos con el que cuenta la empresa incluye diferentes tamaños de partícula, la cual se adecua a las diferentes etapas de vida de los camarones y/o peces. Los beneficios finales asociados a la utilización de los planes y productos que se ofrecen son:

- Obtener mayores ingresos.
- Un costo de producción eficiente.
- Incrementar la rentabilidad de su negocio.

Esta empresa describe el producto Camaronex 35 como un alimento fabricado para satisfacer los requerimientos nutricionales de las especies de camarón blanco en cultivo *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), alimento completo con 35% de proteína, para engorda de camarón en sistema extensivo, desde juvenil de 5 g hasta cosecha. Purina ®.

2.2.3 Aceite de hígado de bacalao.

PROPIEDADES NUTRICIONALES.

Los lípidos se pueden utilizar como energía, permitiendo que las proteínas se destinen exclusivamente para el crecimiento. Son componentes esenciales de todas las membranas celulares y subcelulares (ácidos grasos poli-insaturados contenidos en fosfolípidos y ésteres de esteroles), sirven como vehículo biológico en la absorción de vitaminas liposolubles A, E, y K y son fuente de ácidos grasos esenciales, indispensables para el mantenimiento e integridad de las membranas celulares, que se requieren para el óptimo transporte transmembranal y que son precursores de prostaglandinas, representan la principal fuente de combustible aeróbico para el metabolismo energético del músculo de peces. Se considera que los lípidos juegan un papel importante como colchón mecánico para el soporte de los órganos vitales y ayudan en el mantenimiento de la flotabilidad neutra. como precursor de la vitamina D3, los ácidos biliares y hormonas andrógenos, estrógenos, hormonas adrenales y corticosteroides (Tacón, 1989).

Los requerimientos dietéticos de ácidos grasos esenciales (AGE) para peces aumentan al incrementar el nivel lipídico y/o con disminución de la temperatura del agua (Castell, 1986). Los requerimientos de AGE en la dieta de camarones y langostinos, se piensa que, para camarones y langostinos, a semejanza de los peces los ácidos de las series ω -3, tienen una mayor actividad como AGE, en comparación con las series ω -6 (Castell, 1986). Al alimentar tanto a peces como camarones con dietas experimentales deficientes en ácidos grasos esenciales (AGE), se observó una disminución en el crecimiento y supervivencia, así como una pobre eficiencia de conversión alimenticia, tales resultados han sido reportados en condiciones de laboratorio con juveniles de peces y camarones, alimentados con dietas deficientes en AGE, (Tacón, 1989).

En especies como *P. setiferus* (Linneaus, 1767), y *P. duorarum* (Burkenroad, 1939), Gaxiola-Cortés y colaboradores en 1999 determinaron que los requerimientos nutricionales de las postlarvas, en *P. setiferus* (Linneaus, 1767) de 40 días fueron de 40% de proteínas, 12% de carbohidratos, 8.26 - 8.5% de lípidos, con una energía digestible de 3 kcal/g. mientras que

las postlarvas de *P. duorarum* (Burkenroad, 1939), de 40 días mostraron un requerimiento de 40% de proteínas, 12- 36.47% de carbohidratos y de 5.78-16.9% de lípidos.

Los lípidos (aceites y grasas) son considerados fuentes de energía dietaria, pero su uso en forma purificada es costoso. Los lípidos purificados, ejemplo: aceites de pescado, son incluidos en las dietas comerciales de crustáceos como el camarón. La cantidad de lípidos purificados incluidos en una dieta está determinada por la cantidad de lípidos/ácidos grasos de otros ingredientes de la dieta. La concentración de lípidos en la mayoría de alimentos comerciales es menor del 8% de la dieta. Concentraciones mayores pueden resultar en pobre aglutinación y reducir la hidroestabilidad. (Moreno-Ochoa, 2001).

La digestibilidad de las grasas es mayor cuando su punto de fusión es bajo, es decir cuando es líquido, por ello es mejor utilizar en la dieta aceite de hígado de bacalao o de soya que el aceite de coco o el sebo de animales. Los ácidos grasos ω 3 se obtienen principalmente de aceites vegetales y de pescados, siendo la mayor fuente de ácido eicosapentaenoico (EPA), utilizado en fármacos para hiperlipidemia y ácido docosahexaenoico (DHA). Para el ser humano, su consumo puede tener un posible efecto positivo contra el deterioro que causa el Alzheimer, ambos ácidos se concentran en el tejido adiposo, en la grasa muscular y en las vísceras (Uauy-Valenzuela, 1992). Desde el punto de vista de tecnología de alimentos, los lípidos actúan como lubricante, que ayuda en el paso del alimento a través del dial de la peletizadora; además ayudan a reducir el polvo en los alimentos y desempeñan un importante papel en la palatabilidad del alimento (Tacón, 1989).

Por otra parte, la evaluación de una dieta formulada debería efectuarse por medio de un enfoque ecofisiológico - bioenergético, empleando como modelo de estudio el análisis del balance de energía, dado que éste es el que mejor refleja las transferencias y destinos de la energía en el organismo sujeto de estudio (Latournerié-Cervera, 2007).

2.3 Bioenergética.

La bioenergética se puede definir como la cuantificación de los intercambios y transformaciones de la materia y la energía entre el ambiente y cualquier entidad biológica (Lucas, 1996), es decir, es el estudio del balance entre el aporte de energía proveniente de la dieta y su inversión, para ello se puede evaluar a través de la ecuación general del balance de energía (Grodzinski, et al., 1975) la cantidad de energía que se destina y se transforma en distintos procesos biológicos como: el crecimiento, la producción de biomasa o gametos (Rosas, 2003)

ECUACIÓN GENERAL DEL BALANCE DE ENERGÍA.

El balance de energía es medido a través de la ecuación general $C=P+R+F+U$ (Grodzinski, et al.,1975), la cual describe como la energía contenida en el alimento ingerido se distribuye en el organismo. Esta ecuación permite inferir el crecimiento a partir de la energía disponible de aquella ingerida en el alimento, tomando en cuenta pérdidas metabólicas, como la energía destinada a la respiración y otros procesos metabólicos como la excreción nitrogenada, así como la pérdida por heces (Jobling, 1994; Rosas, 2003). Los elementos de la ecuación son los siguientes:

C= energía proveniente del consumo de alimento

P= energía destinada al crecimiento

R= energía destinada a la respiración, (QO_2 , metabolismo aerobio)

F= energía que se pierde como heces fecales

U= pérdidas por excreción nitrogenada

3. Antecedentes.

García-Ortega (1991) evaluó el efecto de seis dietas basadas en alimento comercial (marca Gigante), *Spirulina* spp (Turpin ex Gomont, 1892) y *Elodea* spp. (Michx, 1803), sobre la sobrevivencia y crecimiento de las crías de acocil *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857). Utilizando 90 crías, consideró el crecimiento en peso seco, la producción, la tasa instantánea de crecimiento cada 15 días por cinco semanas, alimentado los organismos a saciedad. El crecimiento fue mayor para la dieta Gigante-*Elodea* (Michx, 1803) (GIG-*Elodea* proporción 1:1), mientras el más pequeño fue con *Spirulina* spp (Turpin ex Gomont, 1892) la sobrevivencia más alta fue para la mezcla Gigante y *Spirulina* spp (Turpin ex Gomont, 1892). La tasa instantánea de crecimiento tuvo dos dietas con valores altos, Gigante-*Elodea* (Michx, 1803) (GIG-*Elodea* proporción 1:1) y Gigante, la menor correspondió también para la *Spirulina* spp (Turpin ex Gomont, 1892). Los valores de ingesta individual más altos se observaron en la dieta nombrada: *alimento tratado* (ensilado a base de *Elodea* y sedimento del medio) y los más bajos a la dieta mezcla Gigante y *Spirulina* spp (Turpin ex Gomont, 1892), mientras la ingesta total presentó un valor mayor para Gigante-*Elodea* (Michx, 1803) (GIG-*Elodea* proporción 1:1) y el más bajo para *Elodea* spp. (Michx, 1803). Las dietas presentaron diferencias significativas para todos los índices evaluados. Este autor concluye que las dietas: Gigante, mezcla Gigante y *Spirulina* spp. (Turpin ex Gomont, 1892) y Gigante-*Elodea* (Michx, 1803) GIG-*Elodea* proporción 1:1) son las que dan mejores resultados en comparacion con *Spirulina* spp. (Turpin ex Gomont, 1892), alimento tratado y *Elodea* spp. (Michx, 1803).

Rodríguez-Serna y Carmona (2002) midieron el balance energético del acocil *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857), su objetivo fue determinar las pérdidas de energía por metabolismo aerobio y su efecto en la nutrición de los acociles de esta especie. Los juveniles se obtuvieron de la presa Guadalupe Victoria del Estado de México y fueron alimentados con un ensilado de *Elodea* spp. (Michx 1803). En el sistema experimental se manejaron dos temperaturas y cinco niveles de ración. La temperatura de 17°C mostró la mayor tasa de consumo, así como la mejor eficiencia de asimilación. El nivel de ración 5 presentó la mayor tasa de ingesta considerando la relación consumo-crecimiento de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857). El alimento ensilado no fue adecuado para el óptimo crecimiento de esta especie.

Campaña-Torres y colaboradores (2005) realizaron un estudio de los parámetros de producción del acocil australiano *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1858), variando el nivel de proteína en su dieta. Para cumplir su objetivo se utilizaron tratamientos con diferentes niveles de proteína cruda, se evaluó el crecimiento y la sobrevivencia encontrando diferencias entre los grupos tratados con el de menor contenido de proteína versus los de mayor cantidad, concluyendo que el contenido de proteínas si afecta la respuesta productiva de los juveniles de la especie.

Latournerié y colaboradores (2006) midieron el crecimiento, la supervivencia, producción y eficiencias de transferencia de energía en juveniles tempranos de acocil de la especie *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) empleando detritus de *Egeria densa* (Planch, 1849) enriquecido microbiológicamente. Durante cinco semanas se evaluó el crecimiento y la supervivencia. Al concluir la fase experimental, el peso de los organismos incrementó 10.3 veces, la supervivencia fue de 34.4% y la biomasa aumentó 3.3 veces. Para la transferencia de energía se midieron las tasas metabólica y de excreción de nitrógeno en acociles de distinta talla. Los valores de pérdidas de energía y asimilación presentaron una relación inversa con el peso de los especímenes. Concluyeron que el uso de detritus vegetal enriquecido favorece la producción de crías de acocil en sistemas de cultivo extensivo.

Rodríguez-Canto (2007) midió en juveniles de *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1858) el efecto de la inclusión de diferentes proporciones y tipos de carbohidratos en la dieta, sobre el crecimiento somático y el campo de crecimiento de los acociles en dos localidades, Mérida Yucatán y México, D.F. Durante 60 días, los cuatro grupos se mantuvieron con dietas isoprotéicas (30%) e isolipídicas (12%) con 44% de almidón (A), 44% de fibra (B), 17% almidón+27% fibra (C) y 33% almidón+11% fibra (D). El crecimiento en peso húmedo se

evaluó a través de las tasas de crecimiento absoluto (TCA, g/día), relativo (TCR, %) y específico (TCE, %). La estimación del incremento en peso relativo evidenció que el peso inicial de los acociles influyó en los resultados. Para determinar la energía potencial de crecimiento, se midieron las diferentes tasas fisiológicas incluidas en la ecuación del balance energético: $P = I (R + H + U + EDE + m)$. Al comparar localidades, se observó que la variable peso inicial, aunque tuvo influencia sobre algunas tasas no fue significativa sobre la pérdida de calor. La dieta también influyó en la tasa de ingestión entre localidades, influyó en todos los grupos sobre los acociles más pequeños de México D.F., en los cuales la tasa de ingestión fue más alta con la dieta D. La dieta no afectó la tasa de asimilación en México ni en Mérida, pero se observaron diferencias significativas entre localidades, resultados similares se obtuvieron en la eficiencia de asimilación. El contenido de carbohidratos de la dieta también modificó la tasa respiratoria entre localidades con valores más altos en México que en Mérida. Se observó que los acociles de México con la dieta C tuvieron el consumo de oxígeno más bajo. La tasa de excreción amoniacal presentó valores más altos en Mérida para los de la dieta B, mientras que en México fue para los alimentados con la dieta D. Los acociles alimentados con las dietas B y D mudaron más en México que en Mérida y en México el menor valor se encontró con la dieta C. El campo de crecimiento (P) fue más alto en Mérida en la dieta D que en México. Los resultados mencionados permitieron obtener las eficiencias de crecimiento bruta ($K1=P/I$) y neta ($K2=P/A$); el peso inicial de los organismos no modificó estos indicadores de producción, en cambio el efecto de la dieta fue significativo siendo mayores los valores con la dieta A en Mérida que en México. Con esto permite establecer que los juveniles de *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1858) tienen la capacidad de procesar el alimento con alto contenido de carbohidratos totales, almidón y fibra con ahorro de la energía proveniente de la proteína, esta capacidad es dependiente de la edad de los organismos.

Aguilar-Román (2011) realizó un estudio del efecto de la temperatura en el metabolismo energético y crecimiento de crías de acocil *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857), contempló tres temperaturas 20°, 25° y 30°C en crías de la especie, las cuales se alimentaron con una dieta comercial de 40% de proteína, durante 60 días y realizó biometrías quincenales, registró una supervivencia de 90, 70 y 70% para cada temperatura respectivamente. Mostró diferencias significativas en el análisis de crecimiento total para la interacción de los factores tiempo-temperatura. La tasa de crecimiento instantáneo promedio fue mayor en los organismos que se mantuvieron a 25°C (5.6 mg/día), así como la producción (Media \pm DS, g PH): 0.16 \pm 0.10 para 20°C; 0.32 \pm 0.22 para 25°C; 0.24 \pm 0.12 para 30°C. Analizó el efecto de la temperatura sobre los índices metabólicos de consumo de oxígeno QO_2 y de excreción nitrogenada $Q-NH_4$, obteniendo los valores de QO_2 menores a 25°C y los mayores de $Q-NH_4$

a esta temperatura. Realizó un análisis de la composición del tejido: proteína (método químico próximo: N-total), lípidos, triglicéridos y glucosa, en el que los valores de estos indicadores no presentan una correlación directa con la temperatura, el valor obtenido de proteína más alto fue a 25°C. La autora concluye que el rango de temperatura recomendado para obtener un rápido crecimiento y mayor producción de las crías de la especie es de 20° a 25°C.

Arredondo-Figueroa y colaboradores, (2011) mediante un estudio sobre los aspectos reproductivos de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857), en condiciones controladas, estimaron la factibilidad de la producción de huevos y juveniles y su potencial aplicación a conservación y producción. Los ensayos experimentales fueron 2, uno en tanques exteriores y otro en recipientes dentro del laboratorio. Cada hembra produjo en promedio 45 ± 23 huevos por puesta. El 83.7% de los huevos eclosionaron, obteniéndose un total de 3,162 juveniles. Los indicadores de desempeño mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre sexos con respecto a 6 de ellos. Mostrando así la factibilidad para su cultivo y producción de huevos y juveniles.

Rojas-Parra (2012), comparó el efecto de una dieta formulada con un contenido de 46% de proteína y 31% de lípidos contra camaronina comercial en crías de acocil *Cambarellus (C) montezumae* Saussure 1857 de aproximadamente 25 días de eclosionadas considerando el crecimiento en un período de 150 días, el contenido energético del tejido al igual que su composición química, el éxito reproductivo mediante el índice de desove y los índices fisiológicos de consumo de oxígeno (QO_2) y de excreción de nitrógeno ($Q-NH_4$). Donde mostró diferencias significativas mayores en el peso para los organismos alimentados con camaronina, en el cual las hembras las de mayor peso: ($0.41 \pm 0.02g$ y los machos ($0.36 \pm 0.017g$). Los organismos alimentados con la dieta formulada presentaron un peso en base húmeda de $0.31 \pm 0.012g$ hembras y $0.29 \pm 0.018g$ en machos, por lo que las diferencias significativas se encontró en las hembras alimentadas con camaronina ($p < 0.05$). Por otra parte, no obtuvo diferencias significativas en los porcentajes promedio de proteína en el tejido mientras que para el contenido de lípidos y de energía sí lo hubo en la interacción sexo - tratamiento ($p < 0.05$). El desempeño reproductivo fue mayor para los organismos bajo la dieta formulada, que en aquellos alimentados con la dieta control, pero no fue estadísticamente diferente. Los índices fisiológicos QO_2 y $Q-NH_4$ no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$). En su análisis concluyen que solo el contenido de lípidos y el contenido energético del tejido de los acociles fueron determinantes en la discriminación de los tratamientos ensayados y hace la recomendación de ahondar conocimientos en el nivel óptimo de los lípidos, así como en la incorporación de ingredientes vegetales en las dietas de maduración de los acociles.

Escalante-Garnelo (2013) evaluó el crecimiento de crías de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857), alimentadas con macrófitas *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms 1883 y *Typha latifolia* (Linneaus, 1753) sometidas a un proceso de descomposición aeróbico, empleando camaronina como tratamiento control y tres tiempos de degradación de las macrófitas, la fase experimental fue de 90 días, y obtuvo una sobrevivencia del 86%, un crecimiento en peso húmedo de $0.229 \pm 0.02g$ y de longitud total de $21.08 \pm 0.84mm$ y una cantidad de lípidos de 12.35% y 3.82% de triglicéridos, pero entre el tratamiento control y los ensilados no hubieron diferencias significativas. Sin embargo, el uso de este tipo de ensilados aportó más del doble de proteínas a la composición del tejido del acocil, siendo este un alimento de bajo costo.

García-Padilla (2014) realizó un estudio de aspectos sobre el crecimiento y reproducción del acocil *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857), así como un análisis ecofisiológico. Tomó en cuenta proporción sexual, relación peso longitud, indicadores de desempeño reproductivo, indicadores de calidad de huevo, desarrollo embrionario y la respuesta fisiológica de las hembras ovígeras, en su trabajo concluyó que el organismo tiene una época reproductiva bien definida, una fecundidad que al año se mantiene constante, huevos con características más favorables para su rápido desarrollo y sobrevivencia de las crías en la época cálida del año, menciona que las condiciones ambientales y la calidad del huevo se ven reflejadas en el tiempo de incubación y en el tamaño de la cría al eclosionar, en cuanto a su tasa metabólica las hembras ovígeras tienen un gasto extra de energía, implica un beneficio para las crías pero tiene un costo reflejado en el aumento del consumo de oxígeno, esto con muestreos realizados en un año. En su fase experimental usó una dieta formulada de harina de calamar, aceite de pescado y camaronina y una dieta control de camaronina 40 Purina®, utilizó 10 hembras ovígeras en cada tratamiento durante 60 días, sus resultados apuntan a que un aumento en los niveles de proteínas y lípidos en la dieta, tuvieron un efecto significativo sobre la tasa de crecimiento y sobrevivencia de los organismos, los altos niveles de proteínas y ácidos grasos en la dieta se reflejaron en el índice de desove y la fecundidad de las hembras, donde obtuvo una mayor calidad del huevo, mientras que con la dieta formulada observó un menor tiempo de incubación y mayor supervivencia de las crías.

Cerón-Ortiz y colaboradores (2015) evaluaron el efecto interactivo del alimento y la calidad de agua en el crecimiento y sobrevivencia de postlarvas de acocil de río *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857), para esto utilizaron *Daphnia pulex* (Leydig, 1860) y Camaronina Purina 35 con 35% de proteína con el fin de determinar el efecto del tipo de alimento con relación al crecimiento y sobrevivencia. Se emplearon 4 tratamientos para

evaluar durante 14 semanas su efecto en el crecimiento, obteniendo diferencias significativas entre tratamientos, dando mejores resultados en crecimiento y supervivencia la camaronina, se obtuvieron valores de proteína en el tejido de hasta 45% y en la fracción lipídica se identificaron los ácidos grasos al considerar el cuerpo total del organismo.

Gallardo-Pineda y colaboradores (2015), realizaron un estudio sobre el efecto de la temperatura en el crecimiento, supervivencia, desove y viabilidad en el acocil *Cambarellus patzcuarensis* (Villalobos, 1943). Utilizando 90 juveniles, que se colocaron en nueve tinas de 51 x 35 x 12 cm, 3 tinas por tratamiento, con aireación constante y refugios individuales de PVC. Se probaron tres temperaturas $18^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $22^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $26^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$, controlando la alimentación y calidad del agua. Hubo diferencias significativas entre tratamientos con respecto a la supervivencia de las hembras y la viabilidad, pero no en el porcentaje de desoves. La mayor viabilidad se registró a 26°C y el índice más alto de supervivencia de hembras se obtuvo a 18°C .

4. Justificación.

Cambarellus (C.) montezumae (Saussure, 1857), es una especie nativa de México con gran potencial acuacultural, para optimizar su manejo en cautiverio requiere de una dieta que cubra sus requerimientos nutricionales y cuyos insumos sean accesibles y de bajos costos de producción para un cultivo rentable. El uso de diferentes fuentes de proteínas y lípidos en dietas formuladas ha permitido comprobar en distintos grupos de organismos que éstas tienen un efecto en aspectos de crecimiento en talla y peso, en el incremento de supervivencia, en la aceleración de la maduración sexual, así como en el éxito reproductivo. Las dietas comerciales para crustáceos van destinadas en su mayoría para camarones, para *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857), un aspecto a considerar es el nivel de proteínas y lípidos, ya que requiere una proporción distinta de estos de acuerdo a su estadio. Las evaluaciones sobre el balance energético en animales acuáticos han demostrado ser de gran utilidad pues a través de estas es posible conocer la forma en que los organismos usan la energía, ofreciendo una forma de analizar y comprender muchos procesos fisiológicos que en acuicultura permiten saber si la dieta administrada es eficaz.

5. Hipótesis

Cambarellus (C.) montezumae (Saussure, 1857), requiere en su dieta una proporción distinta de proteínas y lípidos de acuerdo a su estadio. Se espera una diferencia significativa entre las crías de la dieta control y las dietas formuladas en cuanto a crecimiento y maduración sexual así como de los elementos de la ecuación general de balance de energía. Ya que cada dieta contiene los mismos ingredientes en distintas proporciones.

6. Objetivos.

6.1 Objetivo general.

- Comparar la eficacia de las dietas ensayadas en relación con el crecimiento, asimilación, maduración sexual y los elementos de la ecuación general de balance de energía de crías de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857).

6.2 Objetivos particulares.

- Establecer el nivel de lípidos adecuado en las dietas formuladas para crías de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857), para su óptimo crecimiento y maduración sexual.
- Cuantificar el efecto de estas dietas sobre la tasa de crecimiento, sobrevivencia, metabolismo energético, composición del tejido y posible transición a estados sexualmente maduros.
- Contrastar las dietas formuladas con una dieta de referencia (Camaronina comercial) en condiciones de laboratorio.

7. Materiales y métodos.

7.1 Área de estudio.

De acuerdo con el Programa de Manejo del Área Natural Protegida con carácter de Zona de Conservación Ecológica "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco" 2006 (GODF, 2006), Xochimilco cuenta con un área natural protegida (ANP) con carácter de zona de conservación ecológica, denominada: "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco" esta se localiza en la porción centro y norte de la delegación política, al sur de la ciudad de México. El perímetro del ANP limita aproximadamente con 49 colonias y/o barrios de las delegaciones políticas de Xochimilco, Tláhuac, Iztapalapa y Tlalpan.

Las principales zonas que conforman el ANP son la Ciénega Chica y la Ciénega Grande; dos lagunas de regulación artificiales, las zonas productivas; que se ubican en el llamado distrito de riego, en el Ejido de San Gregorio Atlapulco y en la zona chinampera, áreas destinadas a

las actividades culturales y deportivo-recreativas, entre ellas el Parque Ecológico de Xochimilco, el Deportivo Cuemanco, el Mercado de flores de Cuemanco y la Pista Olímpica de Remo y Canotaje “Virgilio Uribe”. Programa de Manejo del Área Natural Protegida con carácter de Zona de Conservación Ecológica “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” 2006 (GODF, 2006).

En el ANP, se encuentran tres tipos de vegetación natural: vegetación halófila, pastizal bajo y denso en el que dominan las gramíneas, vegetación acuática y subacuática (pantano), los tipos más notables de comunidades arraigadas y emergidas son los “tulares”, la vegetación flotante está integrada por capas delgadas, pero muy densas de lentejilla *Lemna minuscula* (Herter, 1954), lirio acuático *Eichhornia crassipes* (Solms, 1833) y vegetación terrestre o riparia a la orilla de los canales se encuentran diferentes especies de árboles, como ahuejote *Salix bonplandiana* (Kunth, 1817) y ahuehuete *Taxodium mucronatum* (Lawson, 1851) introducidas como sauce llorón *Salix babylonica* (Linneaus, 1753), trueno *Ligustrum lucidum* (Aiton, 1810), araucaria *heterophylla* (Salisbury) (Franco, 1952), jacaranda *mimosifolia* (Don, 1822), casuarina *equisetifolia* (Linneaus 1759), eucalipto *Eucalyptus* spp. (L’Héritier), por mencionar algunos, en cuanto a la flora se han registrado 180 especies, distribuidas en 135 géneros y 63 familias, siendo Asteraceae la mejor representada, con 23 especies, también se tiene registro de 115 especies de algas, distribuidas en 63 géneros, siendo el grupo de las Clorofitas el predominante, (GODF, 2006) .

A partir de trabajos realizados, se obtuvo un registro de 139 especies de vertebrados para el Área Natural Protegida: 21 de peces, 6 de anfibios, 10 de reptiles, 79 de aves y 23 de mamíferos. De éstas, 11 se encuentran enlistadas dentro de alguna categoría de protección de acuerdo a la NOM- 059-SEMARNAT-2001. Programa de Manejo del Área Natural Protegida con carácter de Zona de Conservación Ecológica “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” 2006 (GODF, 2006).

7.2 Fase de recolecta.

Se recolectaron seis hembras ovígeras de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857), en los canales cercanos al Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco (CIBAC) figura 3, en el mes de noviembre de 2016, la pesca se efectuó introduciendo una red de cuchara con marco triangular de 1mm de luz de malla en la vegetación riparia y agitando vigorosamente durante 30 segundos, se realizaron 30 esfuerzos de captura figura 4.



Figura 3: Mapa de colecta de *Cambarellus(C.) montezumae* (Saussure, 1857) flechas rojas canal El Bordo, cerca del embarcadero Cuemanco Xochimilco.



Figura 4: Colecta de *Cambarellus (C.) montezumae*, Canal el Bordo. Grupo de trabajo del laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática. Facultad de Ciencias, UNAM.

7.3 Diseño experimental.

FASE DE ACLIMATACIÓN.

La aclimatación de las hembras ovígeras se efectuó en la zona de acuarios de las instalaciones del laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática (Facultad de Ciencias, UNAM), se utilizó una pecera de 40 litros para colocar a las seis hembras, se emplearon contenedores individuales de plástico en el interior del acuario para minimizar el estrés (un organismo por contenedor), la temperatura se mantuvo a 20 ± 0.5 °C con aireación constante y monitoreo cada tercer día de pH, O₂ disuelto y sólidos totales, se ofreció alimento a saciedad cada tercer día (Camaronina 35% de proteína), las crías fueron liberadas 13 días después del traslado.

7.4 Fase experimental.

La fase experimental inició en el mes de enero y tuvo una duración de 63 días, para contrastar las dietas formuladas (tabla 2) con una dieta de referencia (Camaronina comercial) en condiciones de laboratorio se empleó un diseño experimental de efectos fijos totalmente aleatorizado con dos réplicas y seis tiempos de medición. Para esto se utilizaron ocho jabas figura 5, dos para cada tratamiento, cada jaba con ocho organismos, en total 64 crías, confinadas a los tratamientos de manera aleatoria a $23 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, provistos de mallas y tubos PVC que fungieron como refugios para evitar canibalismo y estrés, así como de aireación constante y medición de parámetros físico-químicos. (fig.5).

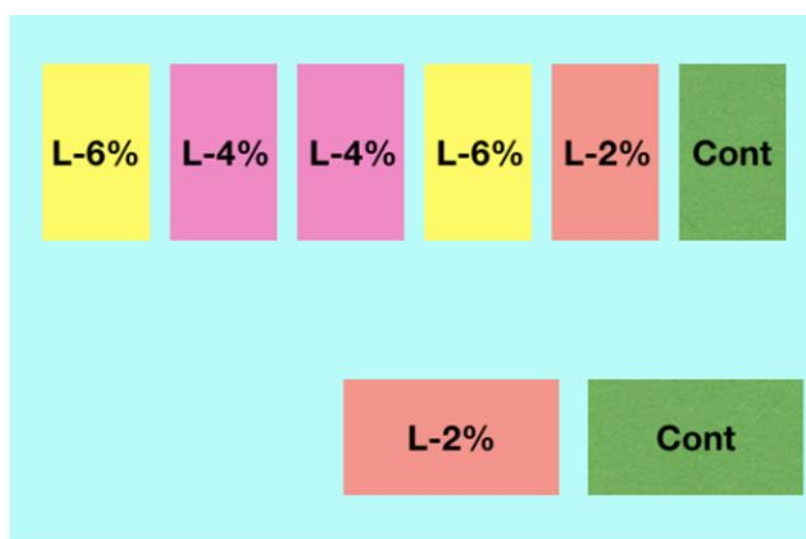


Figura 5: Diseño experimental aleatorizado y montado en el laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática. Dietas: tratamiento control, tratamiento L-2%, tratamiento L-4%, tratamiento L-6%. Jabas con 8 organismos.

Se prepararon cuatro dietas: una control y tres experimentales, la composición de cada dieta se muestra en la tabla 2.

Tabla 2: Dietas preparadas a base de Camaronina: Camaronex 35 de Purina®, Amaranto comercial de Tulyehualco CDMX, aceite de hígado de bacalao y como aglutinante 1% grenetina.

Dietas	Camaronina Camaronex 35 Purina® [g]	Amaranto [g]	Aceite de hígado de bacalao [ml]
Control	500	—	—
L6%	235	235	30
L4%	240	240	20
L2%	245	245	10

Los ingredientes se pesaron y mezclaron hasta obtener una mezcla homogénea. De todas las dietas se enviaron muestras (100g) al Laboratorio de Nutrición y Bioquímica, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM para verificar que la composición de cada dieta fuera la planteada, el resultado del análisis químico proximal se muestra en la tabla 3.

Tabla 3: Análisis químico proximal de dieta control y dietas formuladas.

Análisis químico proximal (AQP) [%]				
Dieta AQP	Control	L-2%	L-4%	L-6%
Materia seca	98.42	99.09	98.56	98.20
Humedad	1.58	0.91	1.44	1.80
Proteína cruda (nitrógeno *6.25)	34.10	24.06	22.38	23.97
Extracto etéreo	8.22	10.03	13.70	11.78
Cenizas	10.84	6.50	6.34	6.48
Fibra cruda	2.25	4.05	3.50	2.45
Extracto libre de nitrógeno	43.02	54.45	52.64	53.51

L – 2, 4 y 6 %, indican nivel de lípidos adicionados en la dieta.

7.4.1 Calidad de agua.

Los parámetros se midieron con un multianalizador HANNA, el instrumento se colocó al centro de cada jaba entre las 12 y 13 horas del día, cuatro veces por semana durante la fase experimental en todas las jabas se tomó la temperatura (°C), conductividad (mS), sólidos totales (ppt), y pH, para el oxígeno disuelto (mg/L) se utilizó un oxímetro EcoSense ODO-200 ($\pm 2\%$), manteniendo una temperatura de $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

Durante la fase experimental se realizó una prueba para medir la concentración de amoníaco, con la finalidad de evaluar su concentración y controlar su posible acumulación para evitar que causara algún efecto en el metabolismo de los organismos, esta se llevó a cabo tomando muestras de agua de cada jaba, 5 ml, y agregando gotas del kit de test Nutrafin®.

7.4.2 Fase de crecimiento.

BIOMETRÍAS.

Para cuantificar el efecto de las dietas sobre la tasa de crecimiento de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) una vez iniciada la fase experimental, los acociles se alimentaron cuatro veces por semana a razón del 5% de su biomasa. Este nivel se ajustó cada 15 días de acuerdo al incremento en peso de los organismos y se hicieron biometrías, registrando el peso húmedo (g), el sexo, la longitud total (mm) y la longitud del céfalo-torácica (mm), utilizando una balanza analítica y un vernier digital figura 6, los registros de estos datos se analizaron con los programas estadísticos JMP v. 10.0 y SPSS v. 20.0, tomando en cuenta el peso húmedo (g) de los organismos y su longitud total (mm). Se analizaron por medio de ANOVA de mediciones repetidas, la significancia entre las medias de los tratamientos se contrastó por medio de la prueba post hoc de Tukey ($p=0.05$). También se realizó análisis multivariado en su modalidad discriminante para evaluar la interacción de las diversas respuestas medidas entre los tratamientos señalados.

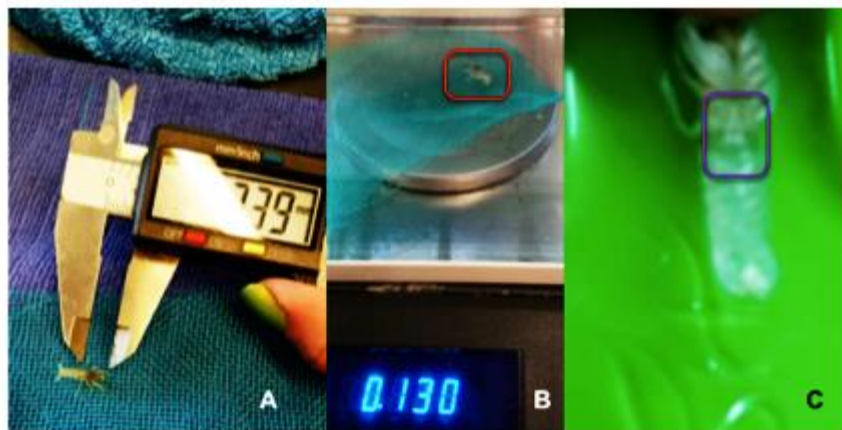


Figura 6: Biometría de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857). A longitud de cefalotórax, B peso húmedo, C sexado.

SUPERVIVENCIA.

Se realizaron conteos de los organismos por tratamiento cuatro veces por semana durante la fase experimental, el registro de los datos permitió generar gráficos de porcentajes de sobrevivencia por tratamiento.

7.4.3 Índices fisiológicos y el balance de energía.

TASA METABÓLICA, RESPIRACIÓN (R).

Para estimar la energía destinada a la respiración se instaló un respirómetro semicerrado en una jaba con agua recirculante a 23°C, se colocaron las cámaras respirométricas, (bolsas ziploc de 1L), con tres cuartas partes de agua, éstas se airearon por un lapso de 30 minutos y a continuación se colocó un organismo en c/u de ellas, se les dejó en aclimatación por 1h

para disminuir el efecto de la manipulación y posteriormente se iniciaron los ensayos: cinco organismos por cada tratamiento y una sin organismo (cámara control). Se hicieron dos determinaciones, durante la mañana y otra por la tarde, el oxígeno consumido se obtuvo por diferencia, una medición al inicio de la fase experimental, posteriormente el cierre hermético de las cámaras, estas permanecieron cerradas por un lapso de 1.5 a 2h, a continuación, se abrieron y se tomó la lectura final, las cámaras se re-oxigenaron entre intervalos de medición. Al término de los ensayos los organismos se midieron, pesaron y sexaron, lo que permitió calcular la tasa metabólica en base húmeda (VO_2 : mg O_2 /gPH/h), este valor se convirtió a base seca (QO_2 : mg O_2 /gPS/h), conociendo el contenido de agua corporal promedio del tejido del acocil: $78.1 \pm 1.9\%$, (García-Padilla, 2010), la fracción de energía canalizada a respiración se expresó por día al multiplicar $\times 24$ y se convirtió a cal/gPS/día, multiplicando por el coeficiente oxicalórico $Q_{ox} = 3.32$ cal/mg/ O_2 (Brafield y Solomon, 1972).

TASA DE EXCRECIÓN NITROGENADA (U).

Para medir la tasa de excreción nitrogenada se utilizaron las muestras de agua tomadas en los tiempos de medición de la respirometría, empleándose una fracción de 50 ml en las que se determinó por el método de azul de indofenol (Rodier, 1981), la concentración de productos nitrogenados ($N-NH_4$).

El principio de este método colorimétrico se basa en que en un medio alcalino y en presencia de nitroprusiato que actúa como catalizador, los iones amonio tratados por una solución de hipoclorito sódico y de fenol dan el azul de indofenol susceptible de una determinación colorimétrica. Se usó un espectrofotómetro para obtener las lecturas de absorbancia de la curva de calibración ($\lambda = 640$ nm) y de las muestras problema. Para calcular la tasa de excreción nitrogenada se siguió un procedimiento similar al que se hizo para la tasa metabólica, utilizando el coeficiente de excreción o nitrocalórico $Q_{ex} = 4.05$ cal/mg $N-NH_4$. (Brafield y Salomon, 1972)

PRODUCCIÓN (P).

La energía destinada al crecimiento se determinó midiendo el contenido de energía en una muestra de los organismos provenientes de cada tratamiento, al término de la fase experimental mediante calorimetría directa. Los organismos se eutanizaron por medio de shock hipotérmico a $-20^\circ C$ por 15 minutos, a continuación fueron pesados y secados hasta peso constante (peso seco: PS) en una estufa a $60^\circ C$, posteriormente se molieron en un mortero (de manera individual), hasta obtener una muestra homogénea, la cual sirvió para hacer pellets con una peletizadora el peso promedio fue de 0.05 g para la dieta control y L-2%, 0.01 g para la dieta L-4% y 0.04 g para L-6%, estos se usaron en las determinaciones calorimétricas (calorímetro Parr ® , previamente estandarizado con pastillas de 1 g de ácido

benzoico grado calorífico). Debido a que el total de la muestra fue de 0.983 g fue necesario incorporarlas en pastillas excavadas de ácido benzoico grado calorífico, por lo que el contenido de energía se obtuvo por diferencia entre pastillas enteras y aquellas con muestra adicionada y conociendo el peso de éstas.

CONSUMO (C).

Para conocer la energía del alimento ingerido se hicieron determinaciones calóricas de muestras de los alimentos de cada tratamiento y del alimento remanente. Para los pellets de alimento remanente se hicieron sifoneos tres veces por semana durante la fase experimental, se registró el peso húmedo de las muestras y se colocaron en una estufa convencional a 60°C hasta que llegaron a peso constante. En el caso del alimento remanente se hicieron 4 pellets de cada dieta con ayuda de la peletizadora, cada pellet de 37.5mg y del alimento remanente se hicieron 3 pellets por dieta cada uno de 50mg.

Para cada dieta se calculó un factor de dilución (“factor de pérdida del alimento”). Para cada dieta considerando la ración suministrada con la finalidad de determinar cuánta comida se diluye en el agua, ya que se conoce la cantidad de comida que se proporciona, después de 24 horas de colocar la ración se sifonearon las peceras colectando la comida del fondo, registrando el peso húmedo y colocando estos en una estufa convencional a 60°C hasta que llegaron a peso constante. Estos valores se emplearon para calcular la ingesta real de los organismos.

7.4.4 Maduración sexual.

Durante las biometrías fueron sexados los acociles y se identificó el apéndice modificado o gonópodo copulador en los machos Macho Morfo I y Macho Morfo II situado en el primer par de pleópodos, la ausencia determinaba el sexo del organismo, en las hembras se observó el annulus ventralis o receptaculo seminal, ubicado entre el cuarto y quinto par de apéndices torácicos. Se analizaron solo los datos de la última biometría ya que en esta se tomaron como indicadores de maduración el tamaño de las hembras y la forma alternante Macho Morfo I. Mediante gráficos se presentaron los porcentajes generales y por dieta.

8. Resultados y discusión.

8. 8.1 Calidad de agua.

Tabla 4: Factores de calidad del agua medidos durante la fase experimental.

Tratamientos (dietas)	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (mS)	Sólidos Totales (ppm)	O ₂ (mg/L)
Control	22.33 ± 1.73	8.34 ± 0.14	0.82 ± 0.16	0.41 ± 0.08	6.43 ± 0.65
L-2%	22.26 ± 1.74	8.33 ± 0.24	0.8 ± 0.14	0.4 ± 0.10	6.49 ± 0.61
L-4%	22.57 ± 1.33	8.4 ± 0.24	0.78 ± 0.12	0.39 ± 0.06	6.68 ± 0.36
L-6%	21.99 ± 1.36	8.39 ± 0.11	0.78 ± 0.13	0.39 ± 0.07	6.58 ± 0.50

Se representan los valores promedios y la desviación estándar de los parámetros fisicoquímicos registrados a lo largo de la fase experimental.

La calidad del agua es un factor determinante de la salud de un ecosistema (Arboleda, 2006), también es un aspecto fundamental dentro de la acuicultura, las condiciones a las que se someten los organismos tienen un efecto muy importante en su desempeño y continuidad de su ciclo de vida. Dentro de los parámetros más importantes en un cultivo se encuentran la temperatura, el pH, la conductividad, los sólidos totales y el oxígeno disuelto. Los organismos tienen un rango de temperatura que permite un crecimiento óptimo, por ello la temperatura es muy importante, es un parámetro que se procura medir a diario, ya que esta nos determina el rendimiento del cultivo.

El incremento de la temperatura acelera el metabolismo, y los procesos anabólicos responsables del crecimiento, esto se traduce en que el organismo deba comer más presentando un mayor costo en su mantenimiento. La importancia de este parámetro es tal que si no se tiene cuidado con el rango elegido, se puede tener un ambiente eutrofizado que requiera hacer recambios constantes de volumen de agua, aumentando los costos operativos en el sistema de cultivo, en el peor de los casos un mal manejo de la temperatura puede generar presencia de patógenos. La temperatura durante la fase experimental se mantuvo constante a $23 \pm 1^\circ\text{C}$ (intervalo óptimo encontrado por Cornejo, 1991), la cual varía en el hábitat natural de la especie, la cual presenta un intervalo que varía entre los 17°C y 22°C . Las temperaturas promedio de los tratamientos se ubicaron entre: $21.99^\circ\text{C} \pm 1.4^\circ\text{C}$; L-6%, $22.57^\circ\text{C} \pm 1.3^\circ\text{C}$; L-4%, $22.26^\circ\text{C} \pm 1.7^\circ\text{C}$; L-2% y $22.33^\circ\text{C} \pm 1.7^\circ\text{C}$; Control. Aguilar- Román (2011) considera que un rango óptimo para un rápido crecimiento de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) es de 20°C a 25°C , todos los tratamientos estuvieron dentro

de este intervalo, por lo tanto, el agua en cuanto a temperatura fue adecuada. Por otra parte, existe una proporcionalidad entre el oxígeno disuelto y la temperatura, a mayor temperatura menor oxígeno y viceversa. Este gas es muy importante no solo en el hábitat natural de la especie, sino también en la producción, un buen nivel de oxígeno disuelto en el caso de las hembras ovígeras evita que se destine energía para crear una corriente que irrigue oxígeno a los huevecillos y así eclosionen la mayoría de estos. En Xochimilco la concentración de oxígeno disuelto varía, dependiendo del estrato superficie o fondo, entre 4 y 9.5 mg/L (Flores-Ramírez, 2009), y en los tratamientos éste varió de: 6.43 ± 0.7 mg/L control; 6.58 ± 0.5 L-4% y 6.58 ± 0.4 L6% mg/L, es decir, a pesar de una temperatura cálida se tuvo un buen nivel de oxígeno disuelto.

El potencial de hidrogeno (pH) indica los niveles de iones de hidrógeno, valores fuera del óptimo determinado para la especie pueden provocar que este disminuya el o cese el consumo de alimento, comprometa su sistema inmunológico o haya mortalidad masiva.

Se reporta que el agua de Xochimilco tiene un pH promedio de 8.5 ± 0.5 (Flores-Ramírez 2009), en los tratamientos este fluctuó de: 8.33 ± 0.2 para el L-2%; 8.40 ± 0.2 para el L-4%, por lo que se ubican dentro del rango previamente señalado, y no generó problemas en cuanto a pérdida de apetito o mortalidad. Se le denominan sólidos totales a la materia suspendida o disuelta, estos pueden favorecer el crecimiento de patógenos, en su hábitat natural los sólidos totales para la temporada de secas son: 0.42 ± 0.01 mg/l y para lluvias 2.97 ± 2.4 mg/l, en el área de canales, existe una variación entre 0.42 y 2.97 mg/l a través del ciclo anual. Para la dieta control los valores fueron 0.41 ± 0.08 ppm, para L-2% 0.4 ± 0.10 ppm, 0.39 ± 0.06 ppm para L-4% y 0.39 ± 0.07 ppm para L-6%. Debido al mantenimiento semanal durante la fase experimental, no acontecieron efectos negativos debido a este factor. La conductividad es la capacidad de conducir corriente eléctrica, este valor es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, entre mayor sea la concentración, mayor será la conductividad. En los tratamientos se mantuvieron rangos de conductividad que fueron: 0.78 ± 0.1 ms L-4% y de 0.82 ± 0.2 ms tratamiento control, y en 0.39 ± 0.1 ppm L-4% L-6% y 0.41 ± 0.1 ppm control. Estos factores pueden verse aislados o en conjunto, en este trabajo se eligió como factor principal la temperatura ya que influye en el crecimiento de los crustáceos y a la vez en el resto de los factores, al mantener constante este, se descarta que la calidad del agua influya en la bioenergética y maduración de *Cambarellus*. (C.) *montezumae* (Saussure, 1857) objetivos centrales de la presente investigación.

8.2 Fase de crecimiento.

Los resultados de crecimiento se expresan en la tabla 5 y figuras 7 y 8.

La reproducción y el crecimiento son los aspectos más importantes en el desarrollo de la acuicultura, así como en el ciclo de vida del organismo. El crecimiento somático es el aumento del tamaño y número de células (aumento del tamaño total) (Martínez-Porchas,

2009). En etapas juveniles, se invierte energía en el crecimiento somático, presentando tasas de crecimiento exponencial (Martínez-Porchas, 2009).

BIOMETRÍAS.

Tabla: 5 Indicadores de PH y LT de *C. (C.) montezumae* en las diversas dietas y tiempos de medición durante la fase experimental (Media \pm DS).

Dieta	Tiempo (semanas)	N	Media \pm DS PH (g)	Media \pm DS LT (mm)	Biomasa total (g)
Control	1	16	0.06 \pm 0.02	12.96 \pm 1.67	.977
	3	10	0.07 \pm 0.03	15.01 \pm 2.9	.723
	5	10	0.13 \pm 0.04	17.18 \pm 0.09	1.309
	7	10	0.18 \pm 0.09	19.30 \pm 2.8	1.75
	10	13	0.29 \pm 0.1 ^A	22.57 \pm 3.3 ^A	3.778
L-2%	1	16	0.05 \pm 0.02	12.26 \pm 1.8	.814
	3	10	0.07 \pm 0.03	14.24 \pm 1.6	.655
	5	10	0.09 \pm 0.03	15.95 \pm 3.04	.906
	7	10	0.12 \pm 0.04	17.10 \pm 2.4	1.166
	10	9	0.18 \pm 0.06 ^B	19.45 \pm 2.19 ^B	1.586
L-4%	1	16	0.04 \pm 0.002	11.23 \pm 1.6	.892
	3	10	0.06 \pm 0.03	13.36 \pm 1.1	.582
	5	10	0.08 \pm 0.04	15.09 \pm 2.7	.769
	7	9	0.10 \pm 0.02	15.51 \pm 1.4	.943
	10	5	0.15 \pm 0.08 ^B	18.02 \pm 3.94 ^B	.731
L-6%	1	16	0.04 \pm 0.02	11.49 \pm 1.4	.676
	3	10	0.06 \pm 0.02	13.57 \pm 1.6	.616
	5	9	0.10 \pm 0.03	15.98 \pm 1.5	.878
	7	8	0.14 \pm 0.04	18.40 \pm 1.6	1.158
	10	5	0.24 \pm 0.14 ^B	21.42 \pm 4.02 ^B	1.194

Dietas, tiempo en semanas (S-1 a S-10, semana de biometría) y días (0-63 días), Peso húmedo (PH) en gramos, longitud total (LT) en milímetros. Los superíndices entre tratamientos (sombreado), indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre dietas, prueba post hoc de Tukey.

Para cuantificar el efecto de las dietas en el crecimiento de las crías se evaluó el crecimiento visto como el aumento en el peso húmedo y en longitud total, presentándose una diferencia significativa en la última semana del 27 al 30 de marzo 2017 ($p < 0.05$) entre la dieta control y las demás, ver figura 7 que presenta el crecimiento de las diversas dietas.

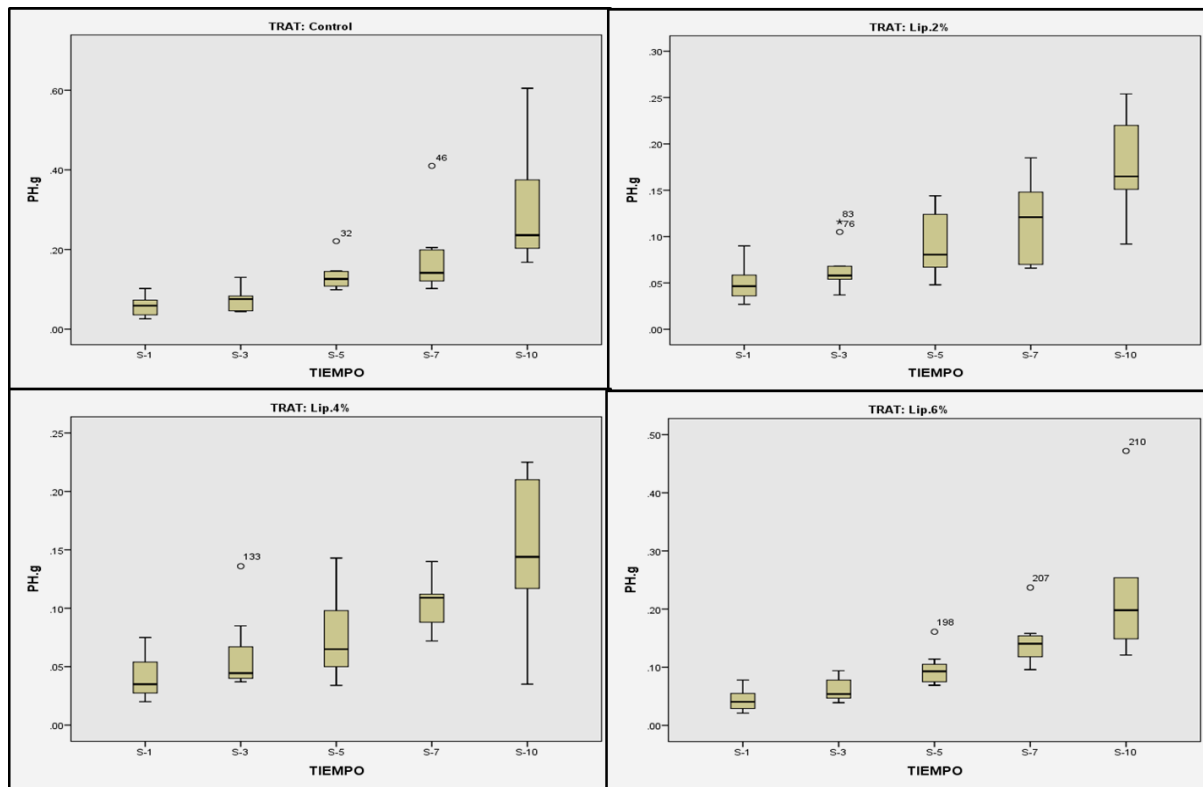


Figura: 7 Curvas de crecimiento en PH (g) de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) en las dietas ensayadas. Peso húmedo (PH), tiempo en semanas (S-1 a S-10, semana de biometría).

En los sistemas de cultivo se busca el mayor crecimiento en longitud y en peso, la media en peso húmedo de la dieta control en la última semana fue la más alta: $0.29 \pm 0.1\text{g}$, seguido de la dieta L-6%, $0.24 \pm 0.1\text{g}$, la dieta L-4% fue el de menor media $0.15 \pm 0.1\text{g}$, ver tabla 5. Es decir los organismos de este tratamiento fueron los de menor peso al final de la fase experimental. Con relación a la longitud total, los organismos de mayor longitud fueron los de la dieta control ($22.57 \pm 3.3\text{mm}$), seguido de L-6% ($21.4 \pm 4.02\text{mm}$), L-2% $19.5 \pm 2.2\text{mm}$, siendo L-4% la dieta con organismos más pequeños ($18.02 \pm 3.9\text{mm}$).

El aumento en peso húmedo a lo largo de la fase experimental fue progresivo, al inicio de los ensayos, dado el proceso de aleatorización de los organismos en las dietas, estos no difirieron estadísticamente entre sí. Al término de los experimentos las distribuciones de tallas reflejaron una alta heterogeneidad en las dietas control y L6%, reflejado en la asimetría de las curvas, en tanto que en la dieta L2%, presentó las tallas más homogéneas ver Figura 8. El mantenimiento de tallas homogéneas en el cultivo es uno de los puntos deseables en el desempeño de los organismos, por lo que se minimiza el efecto de la jerarquía que abate la biomasa de una gran parte de los organismos confinados en el cultivo (Latournerié, et al., 2016).

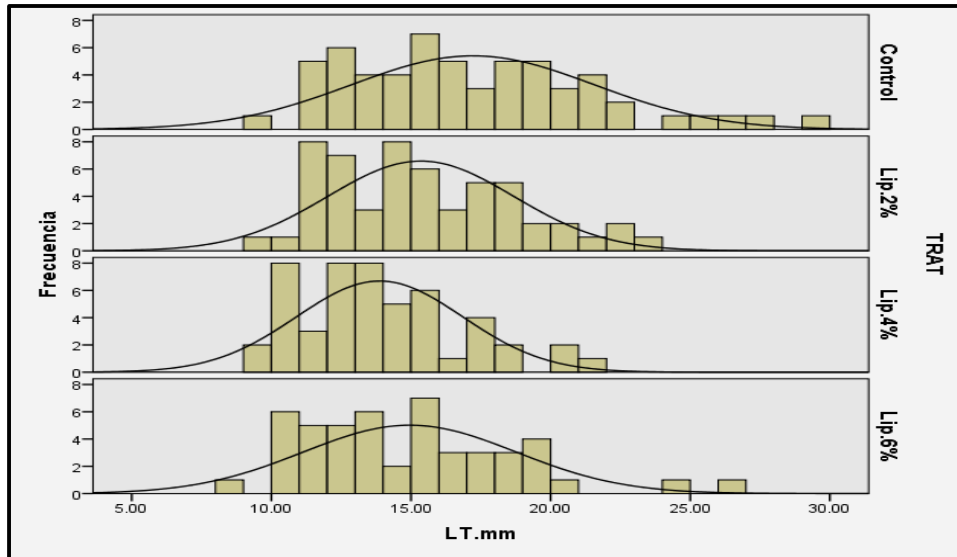


Figura 8: Distribuciones de talla LT (mm) de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) en las dietas ensayadas.

El delimitar los niveles apropiados de lípidos y proteína en la dieta son elementos centrales para obtener el mayor crecimiento, sobrevivencia, índice de maduración y rentabilidad del sistema de cultivo. García-Padilla (2014) reporta en su trabajo sobre crecimiento y reproducción de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) y aspectos de su ecofisiología que el nivel de proteína y ácidos grasos de la dieta formulada en su investigación, se vieron reflejados en el índice de desove y la fecundidad de las hembras de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) En el presente estudio las dietas control, L-2% y L-6% generaron resultados positivos en el crecimiento de los organismos, no obstante el primero y último presentaron un alto nivel de jerarcas.

Este efecto no se presentó en la dieta L-2%, y aunque se encontraron organismos jerarcas (fueron en menor proporción), el crecimiento en peso aumentó de manera progresiva y más homogéneo, lo que se reflejó en las distribuciones de talla finales. Por otra parte García-Ortega, (1991), en su trabajo de efecto de diversas dietas sobre la sobrevivencia y crecimiento de crías de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) reportó que el crecimiento en peso húmedo para cada dieta fue diferente, y señaló que la dieta con *Elodea spp.* (Michx, 1803) en conjunto con alimento marca Gigante, le dio mejores resultados que solo proporcionar *Elodea spp.* (Michx, 1803) o *Spirulina spp.* (Turpin ex Gomont, 1892) en dicha dieta el nivel de proteína fue de 30.0% y 3.64% de lípidos, para nuestros ensayos la dieta L-2%, tuvo valores de proteína del 24% y lípidos totales del 10%, con los resultados ya señalados.

RELACIÓN PESO HÚMEDO – LONGITUD TOTAL.

El estudio de las relaciones longitud - peso proporcionan información indirecta sobre estrategias de crecimiento, madurez, reproducción, nutrición, así como del estado de salud de las poblaciones, permitiendo efectuar estudios comparativos inter-poblacionales (Granado, 1996; Arismendi, et al., 2011).

La relación PH – LT de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) presentó de forma general un crecimiento homogéneo, la mayoría de los organismos al final de la fase experimental se encontraron en longitudes totales entre 10mm y 20mm, encontrando jerarcas por arriba de estos valores. La mayor proporción de los organismos tuvieron pesos por debajo de los 0.20g, el modelo de crecimiento obtenido fue alométrico negativo, es decir, los individuos incrementaron en longitud más que en peso (Cifuentes, et al. 2012) figura 9. No obstante, de los análisis del crecimiento de la especie en condiciones naturales, se ha reportado que ya se encuentran formas sexualmente maduras (MF-I) a partir de 18 - 20 mm de LT (Villa-Narciso, 2010) resultados similares se encontraron en la presente investigación. La relación $PH=5.3 \times 10^{-5} LT^{2.71 \pm 0.06}$, $r^2=0.911$ entre longitud-peso es utilizada con frecuencia para modelar las tendencias de la biomasa basados en la talla y son ampliamente usados en el manejo de poblaciones de importancia económica (Treer, et al., 2008; Agboola y Anetekhai, 2008). La figura 9 presenta un coeficiente de determinación significativo ($r^2=0.911$), explicando el 91.1% de la variabilidad de los datos ajustados por el modelo.

Relación PH – LT de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) (datos agrupados).

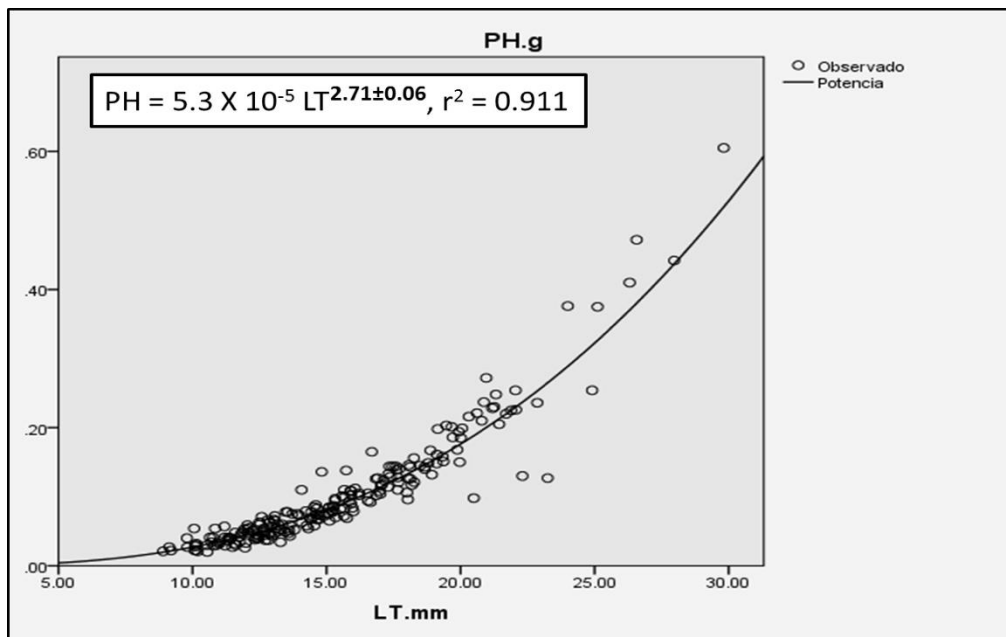


Figura 9. Curva de crecimiento (PH – LT) de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) en las diversas dietas.

8.3 Índices fisiológicos y del balance de energía.

La tabla 6 y figuras 10 y 11, presentan los resultados del metabolismo aerobio de los acociles en las diversas dietas. En todos los casos se observó una alta variabilidad en la respuesta, lo que no permitió detectar diferencias significativas entre los grupos ($p > 0.05$).

TASA METABÓLICA, RESPIRACIÓN (R).

Tabla 6. Metabolismo aerobio de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) en las dietas ensayadas. (Media \pm DS).

Dieta	N	Media \pm DS QO ₂ .h	Media \pm DS PS. g	Media \pm DS QO ₂ .cal/h/org
Control	5	20.53 \pm 15.1	0.06 \pm 0.03	68.15 \pm 50.2
L-2%	5	63.79 \pm 48.6	0.03 \pm 0.01	211.78 \pm 161.5
L-4%	4	54.20 \pm 22.4	0.04 \pm 0.01	179.93 \pm 74.5
L-6%	4	42.70 \pm 29.9	0.05 \pm 0.03	141.76 \pm 99.5

Tasa metabólica, expresada en calorías por hora (QO₂.cal.h/org.), peso seco (PS, g).

Es conocido que los organismos de menor talla (larvas y juveniles) tienen una alta tasa metabólica por unidad de volumen, dado que consumen más energía para formar estructuras y tejidos. Cuando un organismo alcanza su máxima talla, su tasa de crecimiento es muy baja y la energía canalizada hacia el crecimiento ahora es dirigida a la reconstrucción de tejidos dañados, renovación de estructuras corporales y la reproducción (Martínez-Porchas, 2009).

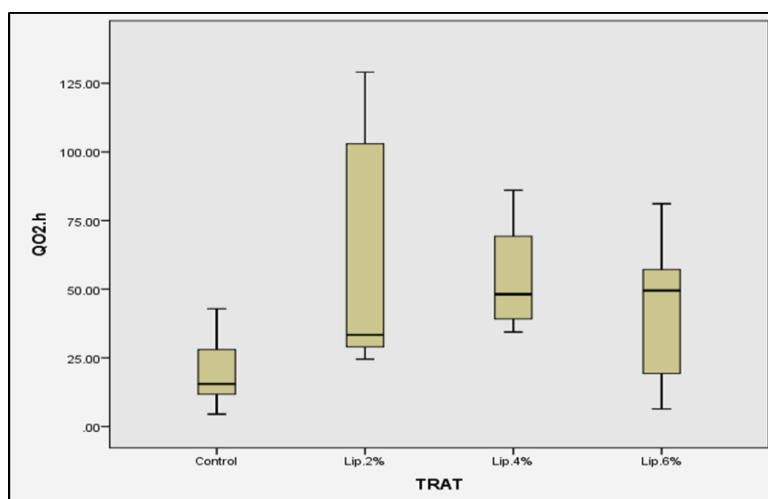


Figura 10: Tasa metabólica (QO₂/h) (de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) en las diversas dietas.

En virtud de lo anterior, los datos se agruparon y se calculó la relación metabolismo–peso seco con un modelo potencial que se presenta en la figura 11. La tasa metabólica de los

organismos de manera global reflejó una relación altamente significativa, ($r^2=0.875$, $p<0.000$) entre el peso seco y el consumo de oxígeno, por lo que se presenta la ecuación agrupada en dicha figura, con un alto coeficiente de determinación del modelo ajustado (87.5%). Latournerié-Cervera y colaboradores (2006) reportaron una ecuación de regresión potencial para calcular el QO_2 de crías alimentadas con detritus de *Egeria densa*, siendo ésta: $92.52 - 0.494 (Ps)$ $r^2=0.97$ ($\ln y = \ln k + \alpha \ln x$), para mostrar el rango de eficiencias energéticas de acociles de distinta talla, por otra parte, García-Padilla (2010) encontró diferencias significativas en las pérdidas de energía por metabolismo respiratorio entre los meses de septiembre y enero, es decir en época cálida 667.6 cal/g/día y en fría del año 453.4 cal/g/día . La fase experimental se realizó en época fría y en la transición a la época cálida, aportando información que puede ser relevante en el ciclo de vida y la estacionalidad del año en cuanto a metabolismo. Los datos de la presente investigación se ubican dentro de los valores reportados por los autores señalados, aunque en el límite superior, lo que podría indicar que el incremento en el nivel de lípidos en la dieta tiende a elevar el metabolismo aerobio de los acociles, dado que el sustrato energético proporciona una mayor cantidad de energía.

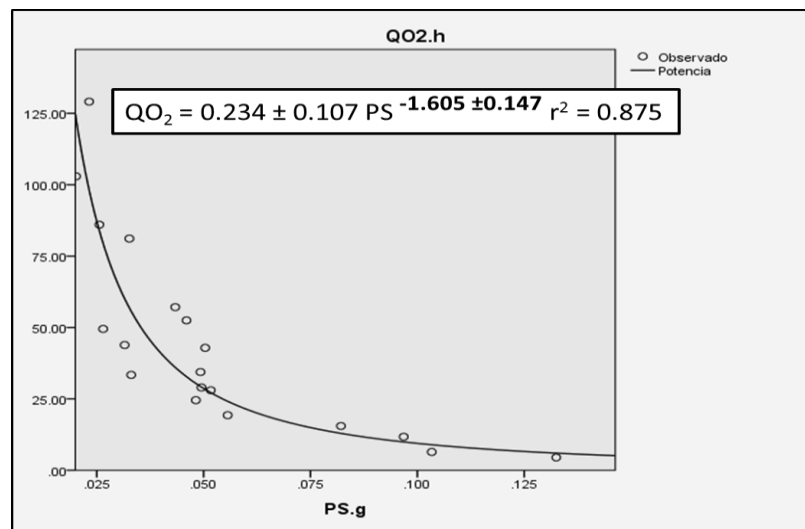


Figura 11: Tasa metabólica de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) (QO_2/h) con relación al peso corporal, datos agrupados.

TASA DE EXCRECIÓN NITROGENADA, EXCRECIÓN (U).

El metabolismo produce una elevada cantidad de residuos, la excreción se puede definir como la separación y eliminación de los subproductos del metabolismo, en la digestión de lípidos o carbohidratos se produce dióxido de carbono y agua como productos finales, pero las proteínas dan lugar a compuestos nitrogenados. El amonio es un producto final del catabolismo de los aminoácidos, es altamente tóxico, su eliminación como amoníaco libre va asociada a la vida acuática (Navarro y Gutiérrez, 1993), una parte importante de la excreción

de amonio es por la orina y vía branquial. En la acuicultura el nitrógeno está presente en distintas formas, el amonio y los nitritos son tóxicos y por ellos los niveles deben ser controlados.

Los resultados de la excreción nitrogenada de los acociles se presentan en la tabla 7. Se observó la misma tendencia que en los datos de metabolismo aerobio y dado lo reducido del tamaño de muestra en los ensayos, tampoco hubieron diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que se procedió a calcular la relación agrupada de los datos entre el QNH₄ y el peso seco. Esta se presenta en la figura 12, con un coeficiente de correlación significativo ($r = 0.68$, $r^2 = 0.46$), denotando una correlación inversa entre el metabolismo nitrogenado y el peso corporal.

Tabla 7. Excreción nitrogenada en calorías hora y día (QN-NH₄), de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) en los diversos tratamientos. (Media ± DS).

Dieta	N	Media ± DS QN-NH ₄ . cal. h	Media ± DS QN-NH ₄ . (cal./org./ día)	Media ± DS PH. g	Media ± DS PS. g
Control	2	1.06 ± 0.79	25.53 ± 19.07	0.34 ± 0.15	0.07 ± 0.03
L-2%	3	4.41 ± 0.62	105.95 ± 14.89	0.12 ± 0.03	0.03 ± 0.006
L-4%	4	4.43 ± 6.61	106.41 ± 158.72	0.13 ± 0.08	0.03 ± 0.02
L-6%	2	3.62 ± 1.82	86.90 ± 43.59	0.19 ± 0.09	0.04 ± 0.02

En animales en cautiverio, las proporciones de excreción de nitrógeno amoniacal están relacionadas directamente a los niveles de proteína digerible consumida y de la calidad de esta.

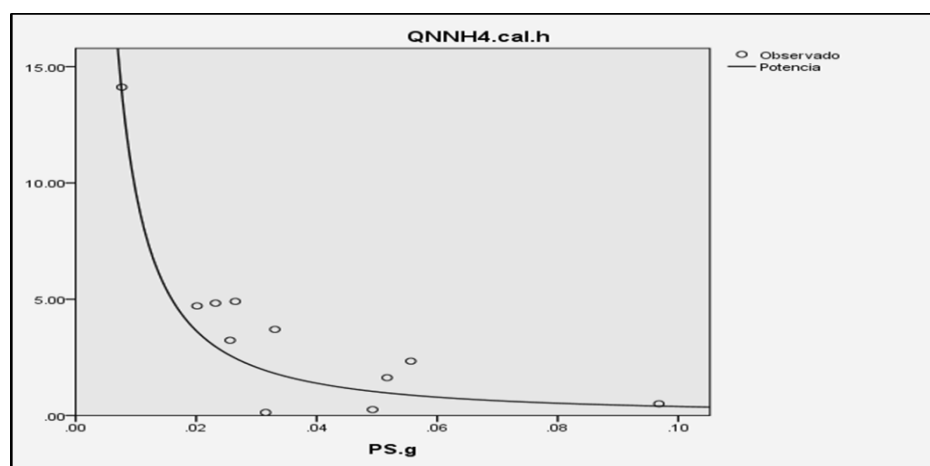


Figura 12: Metabolismo nitrogenado de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) en relación al peso corporal. Datos agrupados. ($r^2 = 0.46$). Excreción nitrogenada en calorías por hora (QN-NH₄: cal/org./h).

En cultivos, la optimización de la tasa de la proteína y energía digeribles, así como el perfil de aminoácidos dietéticos, son esenciales para reducir las pérdidas de nitrógeno y mejorar la

utilización de la proteína, (Kaushik, 2000). En este trabajo se incluyó como fuente de proteínas camaronina y amaranto, el amaranto posee altos niveles de minerales y vitaminas como: A, B, C, B1, B2, B3, así como ácido fólico, calcio, niacina para la producción de hormonas sexuales, del crecimiento y del metabolismo, hierro, fósforo y lisina para la producción de anticuerpos, hormonas y enzimas, por lo que proporcionan requerimientos proteicos y de calorías que en la actualidad solo se pueden obtener de 20 especies vegetales, entre ellos el trigo, arroz, sorgo, papa, frijol y soya (Contreras-Navarrete et al., 2016), por lo tanto la proteína provista en el alimento puede considerarse de calidad y los niveles de excreción nitrogenada fueron bajos, lo anterior indicaría las bondades de los insumos empleados en las dietas.

PRODUCCIÓN (P).

Podemos entender la producción como la formación de tejido corporal total en un intervalo de tiempo, esta puede ser medida en términos de peso húmedo, peso seco, contenido de nitrógeno o de energía (Chapman, 1971).

Tabla 8: Efecto del nivel de lípidos en la dieta sobre el crecimiento y algunos índices del Balance de energía de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857).

DIETAS	P _i (mg)	P _f (mg)	ΔP (mg)	ΔP/día	P (cal/PS/ día)	R (cal/PS/ día)	U (cal/PS/ día)	P + R=A* (cal/PS/ día)
C	58±23	290.6±125	232.6	3.5	2.0	135.1	1.9	138.6
L-2%	50.9±19	176.2±56	125.3	1.9	2.4	177	2.7	178.9
L-4%	40.2±16	146.2±76	106.0	1.6	1.9	164.8	3.03	166.4
L-6%	42.3±18	238.8±139	196.5	2.9	3.8	178	3.6	180.9

Dietas: C = Control, L: (2, 4 y 6) % = Lípidos 2 al 6 %. (P_i, P_f) = peso húmedo inicial y final respectivamente. (P, R, U) = elementos de la ecuación del balance de energía: producción, metabolismo aerobio y nitrogenado respectivamente. * A= Asimilación (se representa al organismo promedio de las dietas: 0.17g PH = 0.047g PS).

Tomando en cuenta los distintos indicadores medidos en esta investigación, la tabla 8 proporciona una síntesis de los incrementos en peso, tasa de crecimiento, canalización de energía hacia producción y metabolismo aerobio y nitrogenado, así como la asimilación en s diversas dietas

De los datos de la tabla 8 se desprende que las mayores eficiencias de asimilación (P+R) se dieron en las dietas L-2% y L-6%, este último con mayor presencia de jercas, lo que conllevó a canibalismo, para el caso del tratamiento control y L-2%, sus curvas de crecimiento fueron muy parecidas hasta la semana 7, ver figura 7, a partir de este punto y hasta el final del experimento, la jerarquía influyó en el crecimiento de L-2%, disminuyendo el crecimiento del grupo. También cabe resaltar que los tres grupos con adición de lípidos tuvieron tasas de metabolismo aerobio y nitrogenado superiores al control, (efecto del sustrato energético adicional en la dieta). No obstante, L-2% evaluado de manera global y considerando los datos de sobrevivencia y % de machos MF-I, resultó la dieta más equilibrada para la promoción de estadios maduros de machos de la especie.

8.4 Sobrevivencia y Maduración de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857).

Uno de los objetivos de esta investigación se enfocó en cuantificar el efecto de las dietas en la sobrevivencia, todos los tratamientos iniciaron con 16 organismos, el tratamiento control terminó con 13 organismos, el L-2% con nueve y el L-4% con cinco al igual que L-6%, es decir que el tratamiento control y el L-2% fueron los que presentaron una mayor sobrevivencia, 81.3% y 56.3% respectivamente, mientras que las dietas L-4% y L-6% tuvieron una supervivencia de 31.3%, ver figura 13.

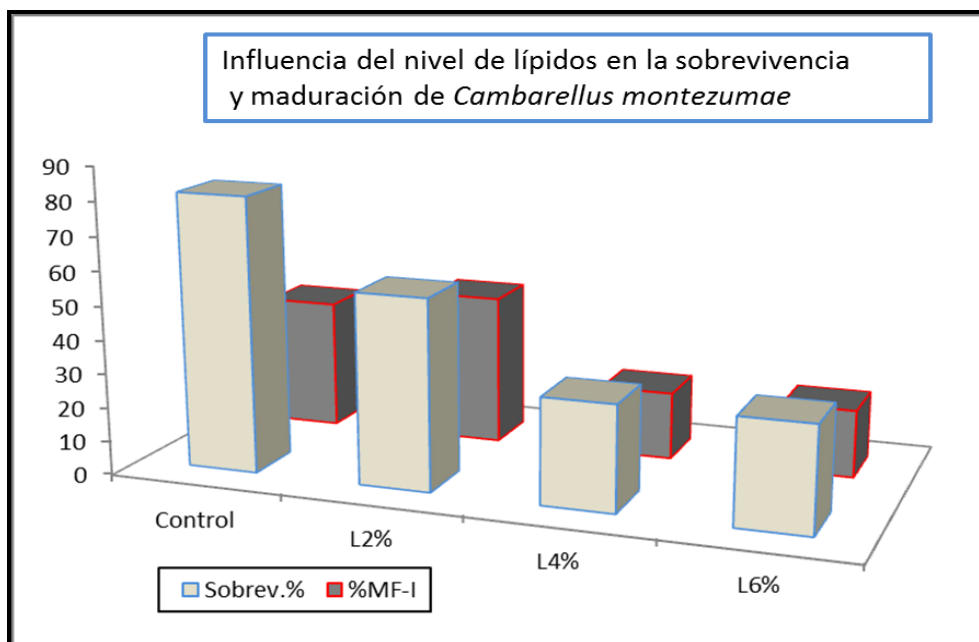


Figura 13: Porcentaje de sobrevivencia y machos MF- I de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857).

Para el acocil australiano *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1858). Campaña-Torres, et al., (2005) reportan que obtuvieron valores de supervivencia más altos con dietas de 37.3% y 45.4% de proteína cruda (84 y 94.7%, respectivamente). *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857). al igual que el acocil australiano presenta mayor supervivencia cuando la dieta tiene mayor cantidad de proteína, Latournerié y colaboradores, (2006) emplearon detritus de *Egeria densa* para evaluar la supervivencia de *Cambarellus (C.) montezumae*, (Saussure, 1857) empleando dos lotes de crías (n = 16) la supervivencia declinó en las dos primeras semanas de la fase de crecimiento hasta 37.5% y se estabilizó a partir de la semana tres en 34.4%, en este caso tuvieron supervivencias similares si comparamos con las dietas L-4% y L-6%. En otro estudio Cerón-Ortíz y colaboradores, (2015) reportaron una mayor supervivencia en dietas con camaronina 35 Purina® de 62 - 64% a diferencia de alimento vivo 41 - 46%. Gallardo-Pineda y colaboradores en el 2015 reportan una mayor supervivencia de *Cambarellus patzcuarensis* (Villalobos, 1943) en temperatura de 18°C con dieta de 30% de proteína y 12% de lípidos. En general, la mayoría de las dietas que reportan altos valores de supervivencia son las de mayor porcentaje de proteínas, lo que concuerda con nuestros resultados para el caso de la dieta control y L - 2%. Asimismo, se observó que durante la fase experimental estos dos tratamientos son los que presentaron los organismos de mayor tamaño y peso, en los tratamientos L-4% y L-6% se encontraron los organismos de menor tamaño y algunos jerarcas, también se puede hablar canibalismo, se encontró un organismo sin quelas y sin un par de pleópodos en el tratamiento L-6%, lo cual indica que esta conducta se hizo presente. Un factor que provoca este comportamiento es la falta de espacio, la especie es territorial y puede requerir más refugios de los colocados, tal vez una relación de dos o tres refugios por organismo. Otro factor que afectó la supervivencia en todas las dietas fue el proceso de muda, ya que los organismos al mudar son más vulnerables debido a que su exoesqueleto en ese momento es más blando, volviéndose una presa fácil. Hubo presencia de mudas a partir de la segunda semana, y una mayor prevalencia a partir de la semana siete. En la dieta L-4% y L-6% se encontraron en ocasiones mudas y animales muertos, lo que indica canibalismo hacia el animal más vulnerable del grupo. La supervivencia global fue del 50%.

La maduración sexual en *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) machos puede determinarse por la presencia del endurecimiento del primer par de pleópodos (órganos copuladores) endurecidos, y en las hembras por su tamaño en longitud, (Villalobos-Figueroa, 1955). García-Padilla, (2014) reportó que en las hembras la talla mínima, de primera madurez o primera reproducción en condiciones de laboratorio, acontece cuando las hembras miden en promedio: 27.43 ± 2.05 mm de LT, al haberles suministrado una dieta formulada (harina de calamar, camaronina y aceite de hígado de pescado) y de 28.11 ± 1.61 mm de LT con una dieta de camaronina 40% Purina® sin que esta diferencia fuera significativa. Durante la última

biometría (semana 10) se realizó el sexado de los organismos, se contempló en el caso de los machos el par de pleópodos endurecidos y para las hembras el tamaño, se consideró que si median más de 25.00mm eran sexualmente maduras, de manera global al final de la fase experimental se contaba con 32 organismos de los cuales 20 eran hembras, nueve machos MF I y tres machos MF II, en porcentajes 62.5, 28.1 y 9.4% en el orden mencionado anteriormente. Cabe mencionar que las proporciones que se indican son similares a las que se han reportado en el hábitat natural de la especie, predominando las hembras, de éstas, cuatro midieron más de 25.00mm de LT. Para la dieta control se registró que el 38.46% eran machos morfo I y 3 hembras de más de 25.00mm, el porcentaje total de hembras fue de 61.53%, la dieta L-2% a diferencia de la dieta control tuvo una menor proporción de hembras 44.4% y 55.5% de machos, de los cuales 22.2% fueron machos morfo II, siendo la única dieta que presenta los dos morfos, ninguna hembra del grupo rebasó los 25.00mm. En la dieta L-4%, el 80.0% de los organismos fueron hembras y el 20% machos morfo II, fue el único que no presentó organismos sexualmente maduros para ningún sexo, en el caso de la dieta L-6% el porcentaje de hembras fue 80% al igual que en la dieta L-4%, pero el 20% restante fue de machos morfo I, al igual que la dieta control muestra organismos maduros para ambos sexos. La mayoría de las hembras llegaron a más de 18.00mm para la semana diez. Otros factores moduladores de la maduración son la temperatura en interacción con mayores disponibilidades de proteína en la dieta, los cuales se han reportado para *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) por Latournerié-Cervera y colaboradores (2016) al evaluar ciclos anuales de la dinámica poblacional de la especie en Xochimilco.

9. Conclusión.

- La dieta L-2% permite una mayor asimilación del alimento, con una menor pérdida de energía en excreción y de energía en respiración, por lo tanto resultó el más eficaz para el cultivo de *Cambarellus (C.) montezumae*, Con esta dieta los organismos alcanzaron el mejor balance de energía para lograr tallas apropiadas, así como mayor supervivencia y temprana maduración, por ello la adición de 2% de lípidos en el alimento de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) podría considerarse como adecuado para la alimentación de crías.

10. Recomendaciones.

- Resulta esencial detectar la presencia de jercas durante la fase de crecimiento, con la finalidad de evitar el descenso de la producción y promover un óptimo crecimiento en condiciones de cultivo.
- Considerar el usar un mayor número de refugios, al igual que probar con otro tipo de ellos, para evitar el canibalismo.
- Probar las dietas en organismos adultos y en hembras ovígeras, ya que el contenido de lípidos puede contribuir en la cantidad de huevos que la hembra tenga.
- Medir el contenido de fibra y de calcio y de carbonatos de la dieta para tener un mayor control de lo que la dieta aporta y descartar que esto pueda influir en la muda de los organismos.

11. Literatura Citada.

- Agboola, J. & Anetekhai, M. (2008). Length-weight relationships of some fresh and brackish water fishes in Badagry Creek, Nigeria. *Journal of Applied Ichthyology*, 24: 623-625 pp.
- Aguilar-Román, E. (2011). Efecto de la temperatura en el metabolismo energético y crecimiento de crías de acocil *Cambarellus montezumae* Saussure. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 8,67 pp.
- Arboleda-Obregón, D. A. (2006). Limnología aplicada a la acuicultura. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 7(11):1-24 pp.
- Arismend, I., Penaluna, B., & Soto, D. (2011). Body condition indices as a rapid assessment of the abundance of introduced salmonids in oligotrophic lakes of southern Chile. *Lake and Reservoir Management*, 27: 61-69 pp.
- Arredondo-Figueroa, J. L., Vásquez-González, A., Núñez-García, L. G.-S., & Ponce-Palafox, J. T. (2011). Aspectos reproductivos del acocil *Cambarellus* (*Cambarellus*) *montezumae* (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) en condiciones controladas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 169-178 pp.
- Barros, C. & Buenrostro, M. (1997). Amaranto. Fuente maravillosa de sabor y salud. Mexico. Grijalbo. 158 p.
- Bradfield, A. E. & Solomon, D. (1972). Oxicalorific coefficients for animals respiring nitrogenous substrates. *Comparative Biochemistry Physiology*, 43: 837-841 pp.
- Campaña-Torres A., Martínez-Córdova, L. R., Villarreal-Colmenares, H., & Civera-Cerecedo, R. (2005). Estudio de los parámetros de producción del acocil australiano *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1858), variando el nivel de proteína en su dieta. *Hidrobiológica*, 15 (3): 255-260 p.
- Cantú, L. L. (1959). Contribución al conocimiento de la embriología de una especie de acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure.), Crustácea Decápoda. México: Facultad de Ciencias, UNAM. 37 p.
- Castell, J. (1986). Aquaculture nutrition. In Realism in aquaculture: achievements, constraints, perspectives. Review papers from World Conference on Aquaculture, Venice, Italy, 21–25 September 1981: 251–308 pp.
- Castelló-Ovary, F. (1993). Acuicultura marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Barcelona. Universidad de Barcelona. 177 p.
- Cerón-Ortiz, A. N., Moctezuma-Reséndiz, O., Ángeles-Monroy, M. A., Montufar-Serrano, E., & León-Escamilla, J. A. (2015). Efecto interactivo del alimento y la calidad de agua en el crecimiento y sobrevivencia de postlarvas de acocil de río *Cambarellus montezumae*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86 (1):131, 134-136 pp.
- Chapman, W. D. (1971). Production. In: Bagenal, T. (Ed.) Methods for assessment of fish production in fresh waters. Oxford. Blackwell Science Publications. 365 p.
- Cifuentes-Lemus, J. L., Torres-García P., Frías-Mondragón M. (1997). El océano y sus recursos XI. Acuicultura. Ciudad de México. Fondo de cultura económica.
- Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortiz, N., & Piedra, P. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana (Concepción)*, 76(1):102 p.
- Contreras-Navarrete, L., Martínez-Ibarra, M., Caudillo-Ortega, N., Ramírez-Porras, E., & E., M.-M. (2016). Obtención de aceite comestible a partir de semillas de amaranto. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2):24-29 pp.
- Cornejo, R. A. (1991). Selección térmica del acocil *Cambarellus montezumae*, Saussure y su correlación con algunos índices fisiológicos. Diferencias estacionales. México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 50 p.
- Costea, M., & Tardif, F. J. (2003). The name of the amaranth: histories of meaning. *SIDA*, 20(3): 1073-1083 pp.

- DeGraves, S. P. (2009). Classification of living and fossil genera of decapods crustaceans. *National University Singapore, Raffles bulletin of Zoology. Supplement No 21*, 1-109 pp.
- Early, D. (1977). Cultivation and uses of amaranth in contemporary Mexico. Emmaus. Rodale Press. 39-60 pp.
- Espitia-Rangel, E., Mapes-Sanchez C., Escobedo-López et al. (2010), Conservación y uso de los recursos genéticos de amaranto en México, Celaya, INIFAP-Centro de investigación Regional Centro. 201 p.
- Espitia-Rangel, E. (ed.) (2012), Amaranto: ciencia y tecnología, México, INIFAP/SINAREFI. 534 p.
- Escalante-Garnelo, E. (2013). Crecimiento de crías de acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) con diferentes dietas vegetales. México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 10,71 pp.
- Flores-Ramírez, G. (2009). Análisis preliminar de algunos factores físico- químicos indicadores de la calidad del agua en Xochimilco. México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 83 p.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal. (2006). Acuerdo por el que se aprueba el programa de manejo del área natural protegida con carácter de zona de conservación ecológica "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco" Obtenido de Gaceta Oficial del Distrito Federal <http://www.paot.org.mx/centro/gaceta/2006/enero06/11enero06.pdf>
- Gallardo-Pineda, Y., Rodríguez-Serna, M., Carmona-Osalde, C., y Blancas-Arroyo, G. (2015). Efecto de la temperatura sobre el crecimiento, supervivencia y reproducción de juveniles de *Cambarellus patzcuarensis*. *AquaTIC*, 42: 17-27 pp.
- García-Madrugal M., Villalobos-Hiriart J., Álvarez F. & Bastida-Zavala R. (2012). Estado del conocimiento de los crustáceos de México. *Ciencia y Mar*, 16 (46): 43-62.
- García-Ortega, S. (1991). Efecto de diversas dietas sobre la sobrevivencia y crecimiento de crías del acocil *Cambarellus montezumae* (SAUSSURE) (Crustacea: Astacidae). México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 1,2,-12-16 pp.
- García-Padilla, G. (2010). Estimación del balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* en el Lago de Xochimilco. México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 29-71 pp.
- García-Padilla, G. (2014). Aspectos sobre el crecimiento y reproducción del acocil *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* (saussure, 1857) un análisis ecofisiológico. México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. 45, 67-111, 136-176 p.
- Gaxiola-Cortés, M., Pedroza, R., Gómez, L., López, N. & García T. (1999). Algunos aspectos de la nutrición del camarón blanco (*Peneaeus setiferus*) y el camarón rosado (*P. duorarum*) del Golfo de México. 181-204. Memorias del Tercer Simposio Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Monterrey, N.L., México. 181 p.
- Granado, C. (1996). Ecología de peces. Sevilla, España: Secretariado de Publicaciones de la universidad de Sevilla. 353 p.
- Grodzinski, W., Klekowski, R. Z., & Duncan, A. (1975). Methods for ecológica bioenergetics. IBP Handbook No 24. Oxford. *Blackwell Science Publications*, 11 p.
- Huner, J. V. 1981. Information about the biology and culture of red crawfish *Procambarus clarkii* (Girad, 1852) (decapoda: Cambaridae) for fisheries managers in Latin America. Anales del Instituto de Ciencias del mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 8(1):43-50 pp.
- INAPESCA. (2012). Carta Nacional Acuícola 2012.
- Jobling, M. (1994). Fish bioenergetics. London. Chapman & Hall. 121-122 pp.
- Kaushik, S. J. (2000). Factores que afectan la excreción nitrogenada en teleósteos y crustáceos. Avances en nutrición acuícola memorias del IV Simposium internacional de nutrición acuícola. Monterrey, México. 237-250 pp.
- Latournerié-Cervera, Nacif-Osorio, y Cárdenas-Vázquez, R.J. (2006). Crecimiento, Produccion Y Eficiencias De Energía De Crías De Acocil *Cambarellus Montezumae* (Saussure) Alimentadas Con Detritus De Egeria Densa. *Revista electronica de veterinaria*, 7 (12): 1-7.

- Latournerié- Cervera, J. R. (2007). Estudios ecofisiológicos sobre el camarón café *Penaeus aztecus* (Ives) de la laguna de Tamiahua, Veracruz. Tesis de Doctorado. División de Posgrado. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Latournerié-Cervera, J. R., Galicia-Gallardo, A. P., Arana-Magallón, F.C., Cárdenas-Vázquez R. J. & Méndez-Ramírez, I. R. (2016). Effect of density and shelter on growth, physiology and biochemical composition of the crayfish *Cambarellus montezumae* (Saussure, 1857). *Journal of Applied Aquaculture*, 28 (3): 213-219.
- Latournerié-Cervera, J. R., García-Padilla G. M. & A. R. Estrada-Ortega, A. R. (2016). Some aspects of the dynamic population of a mexican crayfish species, *Cambarellus montezumae* (Saussure) from Xochimilco. 21st International Symposium of the International Association of Astacology. Madrid, Spain.
- Lucas, A 1996. Bioenergetics of aquatic animals. Taylor & Francis. USA. 169 pp.
- Mapes-Sánchez, E. C. (2015). El amaranto. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, 66 (3): 9-13.
- Martínez-Meyer., S. J. (2014). El estudio de la biodiversidad en México ¿una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85*, 1-9.
- Martínez-Porchas, M., & Martínez-Cordova, I. (2009). Dinámica del crecimiento de peces y crustáceos. *Revista electrónica de Veterinaria*, 10 (10): 2-12.
- Moctezuma-Malagon, A. (1996). Bases biológicas para el cultivo del acocil *Cambarellus montezumae*. Tesis de maestría. Colima. Facultad de ciencias marinas. Universidad de Colima. 63 p.
- Moreno-Ochoa, E. (2001). *Metodos para mejorar la camaronicultura en centroamérica*. Managua. Editorial-Imprenta UCA. 68-69 p.
- Navarro, I., & Gutierrez, J. (1993). Respiración y excreción. 301-302. En: O. Castello, Acuicultura marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Barcelona, España: Universidad de Barcelona. 301-302 pp.
- Rodier, J. (1981). Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales y agua de mar. Barcelona, España: Ediciones Omega. 1059 p.
- Rodríguez-Canto, A. (2007). *Bioenergética y campo de crecimiento del acocil quela roja Cherax quadricarinatus* alimentado con dietas modificadas en su contenido de carbohidratos. México. Tesis de doctorado. UAM. 29-50 pp.
- Rodríguez-Serna, M., & Carmona Osalde, C. (2002). Balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (crustacea: astacidae: cambaride) pérdida de energía en la tasa metabólica. *Universidad y Ciencia*, 36 (18): 128-134 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 Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco. 43 p.
- Rodríguez-Serna, M. (1999). Biología y sistemática de los Cambaridos del sudeste de México y su potencial aprovechamiento en la acuicultura. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. 118 p.
- Rojas-Parra, F. (2012). Efecto de una dieta controlada sobre el crecimiento, desempeño reproductivo y composición del tejido de crías de acocil. México. Facultad de Ciencias, UNAM. 4,48 pp.
- Rosas, C; Sánchez, A; Chimal, E; Brito, R. (2003). Manual de Métodos para la Evaluación del Balance Energético en Crustáceos. Laboratorio de Ecología y Biología Marina Experimental Facultad de Ciencias, UNAM. 2 p.
- Rosas, M. M. (1976). Datos biológicos sobre el acocil del lago de Pátzcuaro (*Cambarellus montezumae patzcuarensis*). 40-63 En Memorias de Simposio sobre Pesquerías en Aguas Continentales, vol. I, 3-5 de noviembre, Tuxtla Gutierrez, Chiapas: Subsecretaría de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca. 40-63 pp.
- Sauer, J. D. (1967). The grain amaranths and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 37: 561-616.

- Tacon, A. G. (1989). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados, manual de capacitación. Brasil: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.
- Thorp, J., y Covich, A. (1991). Ecology and classification of north american freshwater invertebrates. Academic Press, 855 p.
- Treer, T., Sprem, N., Torcu-Koc, H., Sun, Y., & Piria, M. (2008). Length-weight relationships of some fresh and brackish water fishes in Badagry Creek, Nigeria. *Journal of Application Ichthyology*, 24: 626-628 pp.
- Uauy-Valenzuela, A. (1992). Marine oils as a source of omega-3 fatty acids in the diet: how to optimise the health benefits. *Progress in food & nutrition science*, 16:199-243 pp.
- Vibrans, H. (16 de agosto de 2009.). Malezas de México. Obtenido de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/amaranthaceae/amaranthus-hybridus/fichas/ficha.htm>
- Villa Narciso, A. (2010). Aspectos preliminarres de la dinámica poblacional del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) de Xochimilco. México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 7, 53 pp.
- Villalobos Figueroa, A. (1955). Cambarinos de la fauna mexicana. Tesis de doctorado. México. Facultad de Ciencias, UNAM. 22-43 pp.
- Villalobos-Hiriart, J. (1993). Los crustáceos de agua dulce de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 44: 267-290 pp.
- Villaseñor R., J. L. y F. J. Espinosa G., (1998). *Catálogo de malezas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México. Obtenido de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/amaranthaceae/amaranthus-hybridus/fichas/ficha.htm>