



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Influencia de la densidad y cobertura en el
crecimiento y producción del acocil *Cambarellus*
(*Cambarellus*) *montezumae* (Saussure, 1857)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

ANA PAOLA GALICIA GALLARDO



Director de tesis:
Dr. José Román Latournerié Cervera
2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

1. Datos del alumno

Galicia
Gallardo
Ana Paola
57530400
bemba3x3@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
304329582

2. Datos del tutor

Dr
José Román
Latournerié
Cervera

3. Datos del sinodal 1

Dr
José Luis
Villalobos
Hiriart

4. Datos del sinodal 2

Dr
Ignacio
Méndez
Ramírez

5. Datos del sinodal 3

Dr
José Jaime
Zúñiga
Vega

6. Datos del sinodal 4

M. en C.
Yamel
Nacif
Osorio

7. Datos del trabajo escrito

Influencia de la densidad y cobertura en el crecimiento y producción del acocil
Cambarellus (Cambarellus) montezumae (Saussure, 1857)
66 p
2012

AGRADECMIENTOS

Quisiera expresar mi sincero y profundo agradecimiento a cada una de las personas que participaron y que hicieron posible la culminación de este trabajo.

Primeramente agradezco al Dr. José Román Latournerié por el apoyo, confianza, paciencia, tiempo y enseñanzas que me ha otorgado, gracias por permitirme concluir esta etapa.

A los miembros del jurado Dr. Ignacio Méndez Ramírez, Dr. José Luis Villalobos Hiriart y Dr. José Jaime Zúñiga Vega por las observaciones y comentarios realizados al presente trabajo.

A la M. en C. Yamel Nacif por las aportaciones y el apoyo brindado.

Al Dr. René Cárdenas Vázquez por abrirme las puertas de su laboratorio, por la enorme paciencia y apoyo en la fase experimental de este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México que me ha formado profesional y personalmente; no tengo satisfacción y orgullo más grande que pertenecer a la Máxima Casa de Estudios, en donde he aprendido y vivido tanto.

***QUERÍA TAN SÓLO INTENTAR VIVIR AQUELLO QUE
TENDÍA A BROTAR ESPONTÁNEAMENTE DE MÍ.
¿POR QUÉ HABRÍA DE SERME TAN DIFÍCIL?***

Herman Hesse

DEDICATORIAS

A la mujer excepcional quien es mi mayor ejemplo de fortaleza y amor, al pilar más grande de mi vida, a mi madre. Este logro es tuyo, sin ti jamás hubiera sido posible, agradezco a la vida por regalarme a la mejor mamá del mundo; gracias por darme una vida llena de felicidad y amor.

A mi hermano Arturo por apoyarme y animarme siempre, por escucharme aunque no siempre me entiendas, por tu cariño y alegría ¡te quiero!

A Chofis por el insustituible amor y tu apoyo incondicional, gracias por estar siempre cerca. Este logro también te pertenece a ti, gracias por ser un ángel en mi vida, ¡gracias por ser mi coma!

A toda mi familia por creer en mí, por las palabras de aliento, cariño y confianza que siempre me han dado, porque tengo la fortuna de pertenecer a una gran familia, gracias a todos.

René gracias por recorrer conmigo esta etapa, por estar ahí y no dejarme caer; por los momentos que hemos compartido y que siempre están en mi corazón; gracias, tú sabes porque Morongu...

A Diana por estos años de amistad, Mireya por las horas de trabajo en las que sufrimos y nos reimos tanto, Karla por tu sincera amistad, Alejandra mi eterna compañera de desvelos, Nidia por tu palabras, Israel, Azucena y Marisol, gracias a todos.

A las personas tan especiales que he conocido en Universum, principalmente a José Luis Tenango por ofrecerme tu sincera amistad y a Ale por tu cariño, tus ánimos y por todas esas sonrisas compartidas, gracias ¡te quiero Chacharita!

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la densidad y la presencia-ausencia de cobertura en el crecimiento y producción de crías del acocil *Cambarellus (Cambarellus) montezumae*. Se emplearon 104 organismos distribuidos en tres densidades: 64, 144 y 208 organismos/m², cada densidad con presencia y ausencia de cobertura; los acociles se mantuvieron a 23 °C y fueron alimentados cada tercer día con una ración equivalente al 5% de su peso corporal. Después de 75 días bajo estas condiciones, los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos, se encontró que existe un efecto de la densidad sobre el crecimiento de los organismos ($p < 0.05$), donde a 144 acociles/m² se presentó el mayor crecimiento y máxima producción. Los tratamientos fueron agrupados en 2 subgrupos, de acuerdo a la media del peso final, subgrupo 1: 208 acociles/m² con y sin cobertura y 144 acociles/m² sin cobertura y el subgrupo 2: 64 organismos/m² con y sin cobertura y 144 acociles/m² con cobertura, en este último subgrupo se obtuvieron los mejores resultados de crecimiento. La supervivencia de los acociles fue afectada por la densidad, los valores más elevados de mortalidad se presentaron a 208 acociles/m².

Se encontró que a densidades elevadas, los organismos comienzan a tener afectaciones debido al estrés generado por la interacción con otros individuos, la composición bioquímica puede ser influida por la densidad, principalmente en los niveles de glucosa, considerado éste un buen indicador de estrés; se observó que la presencia de refugios influyó en la disminución de la glicemia de los organismos, al minimizar los efectos del estrés. Los niveles de proteína del tejido fueron mayores en los tratamientos donde debido a la densidad o a ausencia de cobertura las condiciones de estrés pudieron ser mayores, estos resultados coincidieron con los subgrupos obtenidos en el crecimiento. Se encontraron diferencias significativas en el contenido calórico, materia orgánica y minerales.

Lo anterior permite sugerir que el cultivo de *C. (C.) montezumae* a una densidad de 144 organismos/m² con cobertura, permite obtener una mayor producción con bajas afectaciones a causa del estrés.

CONTENIDO

	Página
Resumen	I
Índice de figuras	IV
Índice de cuadros	VI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Biología de la especie	3
1.2 Antecedentes	5
1.3 Justificación	7
1.4 Objetivo	8
2. MÉTODO	9
2.1 Área de estudio	9
2.2 Colecta de organismos	9
2.2.2 Caracterización del hábitat	10
2.3 Fase de laboratorio	10
2.3.1 Diseño experimental	10
2.3.2 Evaluación del crecimiento	12
2.3.3 Supervivencia	12

2.3.4	Índices fisiológicos	13
2.3.5	Análisis bioquímicos y del tejido	14
2.3.6	Análisis estadístico	15
3.	RESULTADOS	17
4.	DISCUSION	44
5.	CONCLUSIONES	53
6.	LITERATURA CITADA	54

ANEXO:

1. Parámetros físicos-químicos del canal de Cuemanco el día de la colecta de los organismos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Crecimiento de <i>C. (C.) montezumae</i> a través del tiempo de acuerdo a la densidad	20
2	Crecimiento de acuerdo a la presencia o ausencia de cobertura	20
3	Crecimiento de acuerdo a las densidad a lo largo del experimento	21
4	Valores promedio del peso al finalizar el experimento	21
5	Crecimiento de LT a lo largo del experimento de acuerdo a la densidad	22
6	Crecimiento de LCT a lo largo del experimento de acuerdo a la densidad	23
7	Producción (mg) al final de experimento	27
8	Niveles de mortalidad de <i>C. (C.) montezumae</i> de acuerdo a la densidad.	28
9	Niveles de QO_2 en los diferentes tratamientos	30
10	Valores de QNH_4 en cada uno de los tratamientos	31
11	Pérdidas energéticas por consumo de oxígeno en cada uno de los tratamientos	33
12	Pérdidas energéticas en la excreción nitrogenada en cada uno de los tratamientos	33
13	A. Relación PS- QO_2 a una densidad de 64 org/m^2 con cobertura	34
	B. Relación PS- QNH_4 a una densidad de 64 org/m^2 con cobertura	
14	A. Relación PS- QO_2 a una densidad de 64 org/m^2 sin cobertura	34
	B. Relación PS- QNH_4 a una densidad de 64 org/m^2 sin	

cobertura

15	Niveles de glucosa en el tejido de acuerdo al tratamiento	37
16	Niveles de triglicéridos en el tejido de acuerdo al tratamiento	38
17	Niveles de lípidos en el tejido de acuerdo al tratamiento	39
18	Niveles de proteína soluble en el tejido de acuerdo al tratamiento	39
19	Niveles de proteína total en el tejido de acuerdo al tratamiento.	40
20	Porcentaje de agua contenida en el tejido	42
21	Porcentaje de materia orgánica contenida en el tejido	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
I	Diseño de tratamientos	11
II	Análisis de mediciones repetidas (peso)	18
III	Promedios de peso (mg) al finalizar el experimento	18
IV	Análisis de mediciones repetidas (LT y LCT)	22
V	Promedios de LT y LCT (mm) al concluir el experimento	19
VI	Crecimiento (mg) a lo largo del experimento	24
VII	Crecimiento LCT y LT (mm)	25
VIII	Producción de biomasa	26
IX	Producción por tratamiento	27
X	Índices fisiológicos	29
XI	Pérdidas energéticas por metabolismos respiratorio y excreción nitrogenada	32
XII	Relación QO_2 y Peso Seco	35
XIII	Análisis bioquímicos	36
XIV	Análisis del tejido	42

1. INTRODUCCIÓN

Debido al incremento poblacional en los últimos 500 años, así como a los cambios de régimen hidrológico y a la demanda de recursos, las características físicas e hidrológicas de los lagos de la cuenca de México se han ido modificando. Éstos han sufrido una reducción del 99% de su extensión total, quedando en la etapa actual únicamente el lago de Xochimilco, el cual se encuentra en un proceso de desecación constante (de la Rosa, 2006).

Durante la época de la Colonia se inició el proyecto de desagüe artificial de la cuenca, para evitar inundaciones. Posteriormente, en su periodo presidencial, Porfirio Díaz, dispuso de los manantiales de Xochimilco para dar solución al abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México y en 1945 ya se extraían 3m³/segundo de los cuatro manantiales: San Luis Tlaxialtemalco, Santa Cruz, Santa María Nativitas y la Noria (de la Rosa, 2006).

Lo anterior provocó que en 1950 el sistema quedara reducido, afectando las actividades productivas de las comunidades aledañas así como la biodiversidad existente (Romero, 1993). Para contrarrestar este impacto, en 1959, el Departamento del Distrito Federal, realizó obras para verter aguas negras con tratamiento primario a la red de canales, resarcido el agua que en otro momento consistió en agua de manantial.

Al problema de desecación se suma el aumento de sales y metales pesados presentes en el agua (Ramos *et al.*, 2001). Actualmente el lago de Xochimilco recibe aguas tratadas de las plantas de tratamiento: Cerro de la Estrella, San Luis Tlaxialtemalco y la de San Lorenzo Tezonco (de la Rosa, 2006). La primera contribuye con cerca del 80% del suministro de agua del sistema y realiza una descarga diaria de aproximadamente de 1.6 m³/s (González, 2006). Además recibe desechos sanitarios de los asentamientos humanos, regulares e irregulares (de la Rosa, 2006); lo cual también se conjuga con el vertimiento constante de fertilizantes y plaguicidas agrícolas (Valiente, 2006).

Estas descargas han arrojado agua que contiene compuestos tóxicos como: arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg), plomo (Pb), zinc (Zn) de origen industrial, además de sales, detergentes, compuestos orgánicos, bacterias, virus y parásitos (de la Rosa, 2006).

En la zona lacustre de Xochimilco se ha perdido el control hidrológico, debido al manejo inadecuado del acuífero, que ha generado entre otras cosas el agotamiento de los manantiales que alimentaban al sistema, que aunado al aporte actual de aguas residuales tratadas, ocasionaron la pérdida de la calidad del agua y la degradación física y química del suelo (Aranda, 2004). Estos impactos han repercutido en la supervivencia de algunas especies de flora y fauna, las cuales se han visto afectadas por el deterioro del hábitat, así como por la introducción de especies exóticas como la carpa (*Cyprinus carpio*, Linnaeus, 1758) y la tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1757). Existen poblaciones endémicas que se han visto reducidas, como el ajolote (*Ambystoma mexicanum*, Shaw, 1789) y la rana de Xochimilco, así como el acocíl *Cambarellus (C.) montezumae* (Aranda, 2004).

El cultivo de especies es una alternativa viable para la conservación y apoyo de prácticas de repoblamiento y eventualmente de producción de especies en riesgo (Rojas, 2005). El éxito del cultivo de cualquier especie consiste en establecer las condiciones en las cuales se registra la tasa mínima de mortalidad y el mayor crecimiento. Estos factores pueden dividirse en aquéllos que dependen del organismo y aquéllos que están relacionados con el ambiente y se denominan factores externos. Entre los externos, la temperatura es uno de los más importantes, pues este parámetro afecta todos los procesos metabólicos de los individuos, los cuales tienen un rango de temperatura óptimo en el cual se desarrollan favorablemente, con un menor gasto de energía. La calidad del agua es un aspecto fundamental para el crecimiento de organismos acuáticos, donde es necesario monitorear las concentraciones de diversos elementos disueltos en el agua, así como algunos compuestos íntimamente relacionados con la fisiología de los organismos, como la concentración de oxígeno, nitritos, nitratos sulfatos y el pH (Barbosa, 1998).

Resulta fundamental conocer la cantidad de alimento a suministrar para obtener un crecimiento óptimo. Se conoce como ración de manutención a la cantidad de alimento que proporciona al animal la energía suficiente para desarrollar sus funciones mínimas de supervivencia, sin destinar energía para su crecimiento; para conseguir un crecimiento óptimo la porción de alimento proporcionado debe de ser mayor a esta ración (Barbosa, 1998).

Además de los factores ya mencionados, dentro de la producción acuícola, la densidad poblacional puede llegar a ser un factor limitante, dado que el objetivo primordial de esta actividad consiste en maximizar el número de organismos en el área de cultivo, este factor se

agudiza más en organismos bénticos, como los acociles, pues éstos no utilizan el espacio de la columna de agua (Barki *et al.*, 2006).

En general, los crustáceos decápodos son agresivos y territoriales (Holschmit-Martínez, 1987), esto tiene especial importancia en los sistemas de cultivo donde los organismos se encuentran confinados. Por lo tanto, la densidad a la que se encuentran los individuos puede influir en su crecimiento y desarrollo (García, 1977). Diversos estudios revelan que estos crustáceos presentan una relación inversa entre la densidad poblacional y su crecimiento (Barki *et al.*, 2006). En el cultivo de crustáceos, se ha observado que los episodios de canibalismo son más frecuentes a densidades mayores, es decir que también existe una relación directa entre el número de organismos/m² y el canibalismo (Domingues y Alaminos, 2008). Además, la densidad a la que se encuentran sometidos los individuos no solo influye en el crecimiento, también incide en otros procesos del desarrollo de los organismos (Harán *et al.*, 2004).

Por ende, optimizar la densidad poblacional permite evitar un exceso de individuos, que puede tener efectos negativos sobre el crecimiento y el comportamiento. Por otro lado, se ha demostrado que la presencia de refugios artificiales incrementan la supervivencia y producción en el cultivo de acociles, debido a que las interacciones entre los organismos disminuyen (Barki *et al.*, 2006). Ulikowski (2006) reporta que un elevado número de refugios tiene un efecto positivo sobre la supervivencia y producción de biomasa, lo cual resulta relevante en el cultivo de especies, puesto que se cubre el principal objetivo que es maximizar los niveles de supervivencia, crecimiento y producción.

1.1 Biología de la especie

Existen alrededor de 600 especies de acociles, las cuales se encuentran agrupadas en tres familias: Astacidae, Parastacidae y Cambaridae (Hobbs, 1942). En México, la familia Cambaridae se encuentra representada por tres géneros *Cambarellus* (Saussure, 1857); *Orconectes* (Cope, 1872) y *Procambarus* (Ortmann, 1905) (Álvarez y Rangel, 2007).

En México existen más de 50 especies descritas de acociles, 10 de éstas pertenecen al género *Cambarellus* (Gutiérrez y Morales, 2000), dentro del cual se incluye a *Cambarellus* (*C.*)

montezumae, que es una de las especies de acociles dulceacuícolas con mayor área de distribución (Álvarez y Rangel, 2007).

Posición taxonómica de acuerdo a Hobbs (1989):

Subphylum	Crustácea Brünmich, 1772
Clase	Malacostraca Latreille, 1802
Orden	Decápoda Latreille, 1802
Infraorden	Astacidea Latreille 1802
Superfamilia	Astacoidea Latreille, 1802
Familia	Cambaridae Hobbs, 1942
Subfamilia	Cambarellinae Laguarda, 1961
Género	<i>Cambarellus</i> Ortmann, 1905
Subgénero	<i>Cambarellus</i> Ortmann, 1905
Especie	<i>Cambarellus (Cambarellus) montezumae</i> Saussure, 1857

C. (C.) montezumae es un decápodo dulceacuícola endémico del Altiplano Central Mexicano, en cuencas del Eje Neovolcánico, desde Puebla hasta Jalisco (Villalobos, 1955). Se encuentra en ríos, lagos, presas, bordos y canales, asociados a las raíces de la vegetación riparia en los primeros 50 cm de profundidad (Álvarez y Rangel, 2007).

C. (C.) montezumae presenta un dimorfismo sexual evidente. Los machos presentan los dos primeros pares de apéndices abdominales (pleópodos) modificados para la reproducción, el primero de ellos se encuentra esclerotizado y adaptado para la transferencia del espermatóforo a la cavidad espermática de la hembra.

C. (C.) montezumae tiene una influencia significativa en varios niveles tróficos, debido a que es capaz de modificar su tipo de alimentación. Puede consumir cantidades importantes de macrófitas, puede actuar como presa de anfibios, reptiles y peces o como depredador (Álvarez

y Rangel, 2007); además se ha demostrado que un incremento en la población de acociles crea un cambio en el tamaño y composición de algunos invertebrados consumidos por estos organismos (Holdich, 2002).

Los acociles juveniles son filtradores de materia orgánica y consumidores de algas. Los adultos se alimentan de detritus, fraccionan las raíces de la vegetación riparia y las hojas que caen de los árboles, favoreciendo su degradación. Debido a estos hábitos, pueden mantener altas densidades poblacionales, sobretodo en zonas con gran abundancia de macrófitas, que proveen una amplia diversidad de hábitats y refugios, lo que tiene un efecto directo en el reclutamiento de crías (Holdich, 2002).

De acuerdo a Rangel (2009) *C. (C.) montezumae* ejerce una influencia sobre distintos niveles tróficos, jugando un papel de eslabón crítico dentro de éstos y si la especie fuera extraída seguramente la diversidad de distintas especies sería afectada.

1.2 Antecedentes

Hasta la fecha son muchos los estudios realizados acerca del acocil *C. (C.) montezumae*, en los que se han adquirido conocimientos importantes acerca de su biología y aspectos importantes sobre su cultivo.

Moctezuma, (1996) realizó estudios bajo condiciones de laboratorio sobre algunos factores relacionados con el cultivo del acocil como sustrato, profundidad del agua, cobertura vegetal y oxigenación, así como su distribución natural. Encontró que los juveniles y las hembras ovígeras prefieren aguas más someras y que cuando el nivel de agua disminuye construyen madrigueras.

Latournerié y colaboradores (2006) midieron el crecimiento, supervivencia, producción y eficiencias de transferencia de energía de juveniles tempranos de *C. (C.) montezumae* empleando detritus de *Egeria densa* enriquecido microbiológicamente, encontrando condiciones favorables para la producción de crías de acocil.

Álvarez y Rangel en 2007, efectuaron un estudio poblacional de *C. (C.) montezumae*, en el que encontraron que la tasa de crecimiento diario es de 0.084 mm; que la mortalidad es

elevada los 2 primeros meses de vida y que sólo el 4% de la población alcanza tallas reproductivas.

Rangel (2009) realizó un estudio sobre la dinámica poblacional de *C. (C.) montezumae* en la pista de Remo y Canotaje “Virgilio Uribe”, donde encontró que la talla máxima que puede alcanzar este acocil, bajo condiciones determinadas, es de 48.7 mm, además identificó las especies dominantes con las que coexiste: *Ambystoma mexicanum*, *Tamnophis sp*, *Cyprinus carpio*, *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852), *Centrocorisa sp* y *Belostoma sp*. Encontró que la temperatura tiene un efecto significativo sobre la abundancia del acocil por lo que el crecimiento poblacional aumenta en meses cálidos.

Sin embargo, solo existe un trabajo relacionado con la influencia que ejerce la densidad poblacional así como la presencia de refugios. No obstante para otras especies de acocil se han realizado diversas investigaciones relacionadas con el efecto de la densidad que deben considerarse.

Arredondo y colaboradores (2010), midieron el crecimiento y rendimiento del acocil *C. (C.) montezumae* a tres distintas densidades: 77, 154 y 231 acociles/m², después de cuatro meses encontraron diferencias significativas entre ellas en el peso y la supervivencia de los organismos, siendo en la densidad de 77 organismos/m² donde se obtuvieron las mayores tallas.

Barki y colaboradores (2006) elaboraron un estudio sobre el crecimiento del acocil *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868). Emplearon 144 compartimientos individuales y encontraron que los organismos que se encontraban rodeados tanto horizontal como verticalmente por otros acociles, presentaron una tasa de crecimiento significativamente menor, igualmente se observaron efectos negativos en el crecimiento de organismos pequeños rodeados de acociles de mayor tamaño, es decir, que aunque los acociles se encontraban en compartimientos separados, las interacciones tuvieron efectos desfavorables sobre el crecimiento.

En otro estudio Ulikowski y Krzywosz (2006), determinaron el impacto de la frecuencia y el número de refugios en el crecimiento y supervivencia en juveniles de *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823); usaron 0, 60, 150 y 300 refugios/m². Estos autores reportaron haber obtenido diferencias significativas en la supervivencia y producción de biomasa. Por otra

parte, no observaron diferencias significativas en el crecimiento de *A. leptodactylus* al variar la cantidad de refugios disponibles.

Oliveira y colaboradores (2008) evaluaron el efecto de 5 diferentes densidades (20, 40, 60, 80 y 100 organismos/m²) en el crecimiento y supervivencia del acocil *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) bajo condiciones de laboratorio y reportan un efecto significativo de la densidad en el crecimiento, detectaron una relación inversa entre el número de organismos//m² y la longitud total, peso húmedo y tasa de crecimiento; respecto a la supervivencia no reportan diferencias significativas.

1.3 Justificación

Conocer la densidad óptima de las especies es fundamental, debido a que este factor puede ser clave para un cultivo exitoso, debido a que las especies como *C. (C.) montezumae* se caracterizan por ser individuos territoriales. Por lo que evaluar los efectos de la densidad, la presencia de cobertura y su interacción, sobre el crecimiento y producción de este acocil coadyuvaría a potencializar su cultivo con fines de reintroducción a su hábitat y para una posible explotación económica.

El estado fisiológico de los organismos, la concentración de metabolitos secundarios (proteína, lípidos, glucosa y triglicéridos) y la composición del tejido (materia orgánica, minerales, humedad y contenido de energía) permiten conocer el impacto que genera la densidad poblacional sobre aspectos funcionales de los organismos, lo que facilita identificar las condiciones de densidad y cobertura a las que los gastos energéticos son menores, de manera que esta energía pueda canalizarse al crecimiento o producción de los acociles.

1.4 Objetivos

Objetivo general

Comparar el efecto de la densidad y la presencia de refugios sobre el crecimiento y producción de biomasa del acocil *C. (C.) montezumae* bajo condiciones de laboratorio.

Objetivos particulares

- ◆ Comparar el efecto de tres diferentes densidades y la presencia de refugios sobre el crecimiento del acocil *C. (C.) montezumae*.
- ◆ Determinar si la producción de biomasa del acocil se ve afectada por la densidad poblacional y la cobertura.
- ◆ Evaluar si la densidad y cobertura influyen en la supervivencia de los organismos.
- ◆ Determinar si la densidad poblacional y la presencia de cobertura influyen sobre algunos índices fisiológicos.
- ◆ Analizar algunos aspectos de la composición bioquímica y del tejido de *C. (C.) montezumae*, comparando el efecto de tres densidades diferentes y la presencia de cobertura.
- ◆ Observar e identificar las condiciones óptimas de densidad y cobertura para el cultivo del acocil *C. (C.) montezumae*.

2. MÉTODO

2.1 Área de estudio

La colecta de los acociles se realizó en los canales de Cuemanco y el Bordo, entre las coordenadas: 19° 17'10.55" N y 99° 6'5.71" O y 19° 16'59.78" N y 99° 4'45.97" O de la zona lacustre de Xochimilco, ésta se encuentra ubicada al sureste de la Ciudad de México, a una altitud de 2240 msnm. El clima es templado semifrío, con lluvias en verano el cual es fresco y largo, con poca oscilación térmica y presenta canícula, su clasificación de acuerdo a Köppen es: Cb (wo) (w) (i') w'' (García, 2004). La zona lacustre de Xochimilco posee un área de 24 km² y se reduce a una serie de canales, acequias, lagunas permanentes y otras temporales (Ortiz y Ruvalcaba, 2005).

En estudios previos realizados en el laboratorio de Acuicultura y producción acuática de la Facultad de Ciencias, UNAM, se ha realizado una amplia descripción sobre el área de estudio (Flores, 2009 y Villa, 2010).

2.2 Fase de campo

2.2.1 Colecta de organismos

Se realizó un muestreo en los canales de Cuemanco y el Bordo de la zona lacustre de Xochimilco en el mes de junio de 2010, donde se colectaron los acociles usando una red de cuchara con una luz de malla de 1 mm. Los organismos capturados fueron transportados al Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ciencias UNAM, donde se obtuvieron sus medidas morfométricas: longitud total (LT), longitud cefalotórax (LCT) y peso húmedo (PH); se sexaron y posteriormente estuvieron en un periodo de aclimatación previo a la fase experimental.

2.2.2 Caracterización del hábitat

Durante la colecta de los organismos se monitorearon algunos parámetros físico-químicos del agua del canal: Temperatura, pH, concentración de oxígeno de la superficie y fondo. (Anexo 1)

1.1 Fase de laboratorio

1.1.1 Aclimatación

En el laboratorio, después de realizar las mediciones correspondientes, los organismos fueron distribuidos en acuarios de 40 L con aireación constante, ahí permanecieron una semana en un periodo de aclimatación, durante este tiempo se realizaron recambios de agua de aproximadamente 50%, con el fin de sustituir la del canal por agua corriente y la temperatura se ajustó de manera gradual, aumentando un grado diariamente hasta alcanzar 23 °C. Después de la colecta, permanecieron en ayuno de 24 horas, posteriormente fueron alimentados cada tercer día a una ración equivalente al 5% del peso total de los organismos.

2.3.2 Diseño experimental

De acuerdo a la bibliografía consultada, se consideraron tres diferentes densidades: 64, 144 y 208 organismos/m², estas densidades se escalaron a un área de 0.0625 m², por lo que se usaron densidades de cuatro, nueve y trece acociles/m². Se emplearon peceras de 20 L, que correspondían al área ya mencionada.

Los organismos se distribuyeron de forma aleatoria; realizándose dos réplicas independientes por cada tratamiento. Por ende, el diseño de tratamientos empleado es considerado de efectos fijos: Factorial (3 X 2 X 6: 3 densidades por presencia/ausencia de cobertura por 6 tiempos de medición) con réplica, la distribución de los organismos fue totalmente aleatorizada. A cada una de las densidades con el fin de simular mayor cobertura, se le instalaron ramilletes (múltiples segmentos de rafia verde atados en un extremo) y tubos de PVC de 5 cm que funcionaron como refugios disponibles para los organismos; a la densidad denominada 1, con cuatro animales, se les agregó sólo un ramillete y dos tubos de PVC; en la segunda densidad, de nueve organismos, se le colocaron dos ramilletes y cuatro tubos de PVC ; y en la tercera

densidad, de 13 organismos, se le pusieron 3 ramilletes y 8 tubos de PVC. Por otra parte estas densidades se mantuvieron bajo las mismas condiciones, pero libres de los ramilletes y tubos de PVC, es decir en ausencia de refugios.

Se emplearon crías de acocil con un peso húmedo menor a 100 mg, se mantuvieron a una temperatura constante de 23°C; cada tercer día se tomaron mediciones de los parámetros físico-químicos: temperatura, pH y oxígeno; semanalmente se midieron los niveles de amonio en el agua a través de la técnica de azul de indofenol (Rodier, 1978), para evitar que éstos se elevaran. Todo lo anterior se realizó con el objetivo de mantener condiciones constantes y similares en cada uno de los tratamientos.

Los animales fueron alimentados cada tercer día a una ración de 5% de su peso corporal con alimento formulado (Camaronina 35), cuya composición proximal es: 35% de proteína, 8.5 % grasa, 4% fibra cruda y 10 % cenizas.

Cuadro I. Diseño de tratamientos empleado en esta investigación

Indicadores de desempeño			
(Crecimiento/Producción/Biomasa)			
	Densidad (No. acociles/m ²)		
Cobertura	64	144	208
Presente	(4)	(9)	(13)
Ausente	(4)	(9)	(13)

El crecimiento se evaluó quincenalmente de T₀ a T₇₅. La producción y biomasa se midió por el método de Chapman (1978). Los datos en paréntesis indican el número de acociles/0.0626 m² en cada tratamiento.

2.3.2 Evaluación del crecimiento y producción.

Quincenalmente se realizó un análisis merístico: LT, LCT y PH de todos los organismos para evaluar el crecimiento y con los datos obtenidos, también se estimó la producción de cada uno de los tratamientos utilizando el método propuesto por Chapman (1978). A través de la ecuación:

$$P = G * B$$

Donde:

P= Producción

B= Biomasa promedio

G= Tasa instantánea de crecimiento

El valor de la tasa instantánea de crecimiento se obtiene con la ecuación:

$$G = \frac{\ln(W_2) - \ln(W_1)}{\Delta t}$$

Donde:

W_1 y W_2 = la media del peso en el tiempo 1 y 2 respectivamente.

La producción puede definirse como la formación total de tejido en cierto intervalo de tiempo (Δt); que puede ser medida en términos de peso húmedo y seco, contenido de Nitrógeno o contenido de energía.

2.3.3 Supervivencia

Se monitorearon y registraron los niveles de mortalidad en cada uno de los tratamientos para determinar la influencia que ejerce la densidad sobre la supervivencia de los acociles. Con el fin de mantener las condiciones de densidad constantes, los acociles que perecieron durante esta fase fueron reemplazados con organismos de una talla similar, tomados de un reservorio

mantenido bajo condiciones semejantes de temperatura, pH, oxígeno y alimentación a los de la fase experimental.

2.3.4 Índices fisiológicos

Considerando que el estado fisiológico de los organismos refleja el efecto de las condiciones a las que se encuentren sometidos y el posible estrés que pueden generarle; medir algunos índices fisiológicos permite evaluar las respuestas metabólicas de los organismos en relación a la influencia de la densidad poblacional y la presencia de refugios. Monitorear el estado fisiológico permite predecir el efecto del estrés causado por las variaciones de los factores ambientales, así como para conocer las condiciones óptimas para su cultivo (Lignot *et al.*, 2000).

En virtud de lo anterior, concluida la fase de crecimiento, se realizó la medición de los índices fisiológicos de una muestra de seis organismos de cada tratamiento, seleccionados de forma aleatoria. En estos se midió el consumo de oxígeno promedio por gramo de peso húmedo (VO_2) y su transformación correspondiente por gramo de peso seco (QO_2) por hora ($mgO_2/g/h$); así como la excreción de nitrógeno amoniacal promedio por gramo de peso húmedo (VNH_4) y por gramo de peso seco (QNH_4) por hora ($mgN-NH_4/g/h$).

Para la determinación de consumo de oxígeno se montó un dispositivo respirométrico semiabierto. Los organismos fueron colocados de forma individual en cámaras respirométricas de aproximadamente 120 mL, que fueron llenadas con agua de un reservorio mantenido a 23 °C con niveles de oxígeno cercanos a la saturación (6 mg/L), una vez que los acociles estuvieron dentro de las cámaras, a cada una se le colocó una fuente de aireación y se mantuvieron a 23 °C hasta el siguiente día, con la finalidad de minimizar el estrés de la manipulación y crear condiciones de ayuno.

El día del ensayo, se efectuaron las mediciones iniciales de oxígeno tomando una alícuota de aproximadamente 60 mL de cada cámara, que se reemplazó con agua del reservorio, a continuación éstas se cerraron por un periodo de 180 minutos; concluido este lapso, las cámaras se abrieron de manera secuencial y se tomó la muestra final. Posteriormente, todas las cámaras se airearon durante 150 minutos, después de este tiempo, el ciclo de mediciones

volvió a repetirse. Durante el experimento se realizaron dos mediciones: T₁: 8:30-11:30 h y T₂: 14:00-16:45 h.

A todas las muestras se les midió inmediatamente la concentración de oxígeno con un oxímetro YSI Modelo 51 B (± 0.05 mg/L) previamente calibrado. A continuación, se usaron 25mL de cada una de las muestras referidas para las mediciones de nitrógeno amoniacal, se empleó la técnica de Azul de Indofenol (Rodier, 1978). Las lecturas se realizaron a una longitud de onda de 640 nm y los valores de absorbancia obtenidos se interpolaron en una curva patrón, construida con estándares de concentración conocida de cloruro de amonio.

Una vez concluidas las mediciones a todos los animales, incluyendo a los que no participaron en los experimentos de índices fisiológicos, se les determinaron sus índices biométricos y se sacrificaron por shock hipotérmico a -20°C para análisis posteriores.

Además se compararon las relaciones $\text{QO}_2\text{-PS}$ ($\text{QO}_2 = \text{K} * \text{PS}^{\alpha}$) y $\text{QNH}_4\text{-PS}$ ($\text{QNH}_4 = \text{K} * \text{PS}^{\alpha}$), donde el término K denota el nivel de actividad metabólica y α representa la tasa de cambio del metabolismo por unidad de peso; utilizando modelos estadísticos de regresión lineal, previa transformación logarítmica de los datos. Estos índices fisiológicos fueron convertidos a equivalentes de energía, que permitieran estimar la fracción de energía destinada a la respiración y excreción, a través de los coeficientes: oxicalórico (Q_{OX}) y de excreción (Q_{EX}) de 3.33 cal/mg O_2 y 4.50 cal/mg N-NH_4^+ respectivamente (Brafield & Salomon, 1972; Kay & Brafield, 1973).

2.3.5 Análisis bioquímicos y del tejido

Para realizar las determinaciones de los niveles bioquímicos se emplearon 24 organismos experimentales (4 acociles de cada tratamiento, al término de la fase de crecimiento) los cuales fueron seccionados de manera individual y colocados por separado en un homogenizador Dounce, al que se le agregaron 2 mL de buffer de Lisis y fueron triturados con el fin de homogenizar el tejido del animal, éste fue filtrado para separar los restos de exoesqueleto, siempre manteniéndolo en hielo para evitar la degradación del tejido.

Con los homogenados obtenidos se calcularon los valores de glucosa y triglicéridos contenidos en el tejido a través de un método enzimático colorimétrico (Kit de reactivos

SpinReact), usando solución estándar 100mg/dL y 200mg/dL de glucosa y triglicéridos respectivamente para realizar una curva patrón.

Los niveles de proteínas solubles se determinaron por el método de Bradford y para realizar la curva patrón como solución estándar se utilizó albúmina sérica bovina. La cantidad de lípidos totales contenidos en el tejido se calcularon a través del método colorimétrico de fosfovanilina, para la curva patrón se usó como solución estándar 10 mg de aceite de maíz en 10 mL de acetona (Van Handel, 1985; Inouye Guiherme, 2006). Los niveles de Nitrógeno Total del tejido de los organismos se midieron usando el método de digestión de persulfato (0.0 a 25.0 mg/L N).

Los 36 acociles que participaron en el experimento de índices fisiológicos fueron empleados para determinar el porcentaje de humedad, minerales, materia orgánica y contenido de energía. Los organismos fueron colocados en una estufa convencional a 60 °C en donde se deshidrataron, su peso fue monitoreado diariamente hasta que éste fuera constante, el peso final corresponde al peso seco de los organismos (PS); considerando el cambio de peso se calculó el porcentaje de humedad de los organismos %H: $(PH-PS/PH)*100$. El contenido de energía del tejido (CE) fue medido empleando una bomba calorimétrica (PARR), usando ácido benzoico como estándar.

Se realizó la determinación del contenido de cenizas (Ce) y de materia orgánica (MO) empleando la técnica de incineración, en un horno Thermolyne a 550 °C por tres horas y media. Los organismos se pesaron antes y después de la incineración, la proporción de peso que se perdió durante este proceso corresponde a la cantidad de materia orgánica presente en el tejido, mientras que lo que se conservó corresponde a la cantidad de minerales contenidos.

2.3.6 Análisis estadístico

Tomando en cuenta que el diseño de tratamientos (densidad X cobertura X tiempo de medición) tal vez incluya un efecto de dependencia en las medidas de desempeño de los organismos, debido a que éstos fueron medidos a distintos tiempos, el análisis de crecimiento se realizó mediante dos modalidades: diseño factorial completo de efectos fijos y por medio de un diseño de mediciones repetidas. Se realizó un análisis de varianza contrastando los

factores del diseño de tratamientos y posteriormente se utilizó la prueba de Tuckey ($p=0.050$) para realizar un contraste múltiple de medias. El efecto de la densidad en la supervivencia de los acociles se contrastó por medio de una prueba de χ^2 , bajo el supuesto de homogeneidad en la supervivencia de los organismos entre los tratamientos y por una prueba de Wilcoxon; para el caso de los índices fisiológicos se emplearon modelos de regresión. Los análisis se efectuaron utilizando los paquetes estadísticos SPSS 8.0, JPM y Microsoft Excel 2007.

3. RESULTADOS

Crecimiento

El análisis del crecimiento de *C. (C.) montezumae* por medio de un diseño factorial completo señaló que no existieron diferencias significativas entre las réplicas ($p > 0.05$), por lo que éstas se agruparon.

Debido a la limitada disponibilidad de material experimental en la colecta y a pesar de realizar una aleatorización previa de los acociles en cada tratamiento, se detectó heterogeneidad en el peso de los organismos al inicio de la fase experimental ($p < 0.05$, Prueba de Levene). Se detectó significancia estadística por efecto del tiempo ($p < 0.05$), densidad ($p < 0.05$), el factor cobertura no fue significativo ($p > 0.202$), en esta etapa del análisis. Los tres efectos de interacción de segundo orden fueron significativos: biometría X densidad ($p < 0.001$), densidad X cobertura ($p < 0.018$) y biometría X cobertura ($p < 0.051$). Por otra parte la interacción de tercer orden: biometría X densidad X cobertura no fue significativa ($p > 0.125$) (Fig. 1, 2 y 3).

También se realizó un análisis de mediciones repetidas, en el cual se encontró un efecto significativo ($p < 0.05$) de la interacción tiempo X tratamiento (densidad-cobertura) y de tiempo X tratamiento X bloque (Cuadro II). Además se encontró que los seis tratamientos se concentran en dos subgrupos de acuerdo a la media obtenida (Cuadro III, Fig. 4), las medias más elevadas se presentaron en el subgrupo 2, integrado por la densidad 1 en sus dos modalidades (con y sin cobertura) y la densidad 2 con cobertura, siendo este último tratamiento donde se obtuvo el valor máximo, es decir el mayor crecimiento (Cuadro VI).

Cuadro II. Resultados del análisis de mediciones repetidas en el crecimiento de *C. (C.) montezumae*.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Medias cuadradas	F	Valor de P
Tiempo * Tratamiento	0.191	5	0.03824	12,326	0.00
Tiempo* Bloque	0.0026	1	0.0026	0.839	0.362
Tiempo* Tratamiento* Bloque	0.03987	5	0.00797	2.570	0.032

Cuadro III. Peso promedio (mg) de *C. (C.) montezumae* en los diversos tratamientos después de 75 días.

Tratamiento	N	subgrupos	
		1	2
Densidad 3- presente	26	0.2285	
Densidad 3- ausente	26	0.2296	
Densidad 2- ausente	18	0.2306	
Densidad 1- presente	8	0.2913	0.2913
Densidad 1- ausente	8	0.2975	0.2975
Densidad 2- presente	18		0.3461
Significancia		0.149	0.379

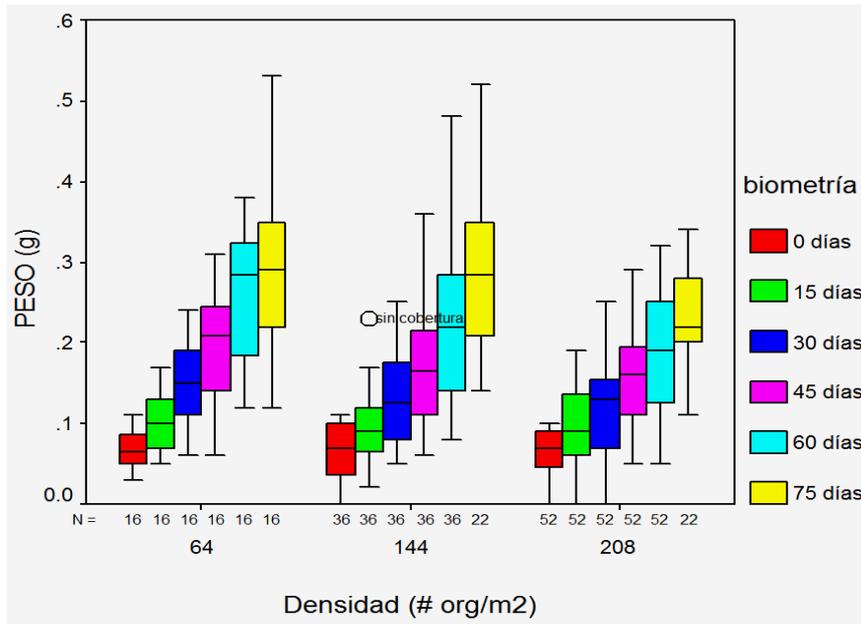


Figura 1. Crecimiento de *C. (C.) montezumae* a lo largo del experimento de acuerdo a la densidad.

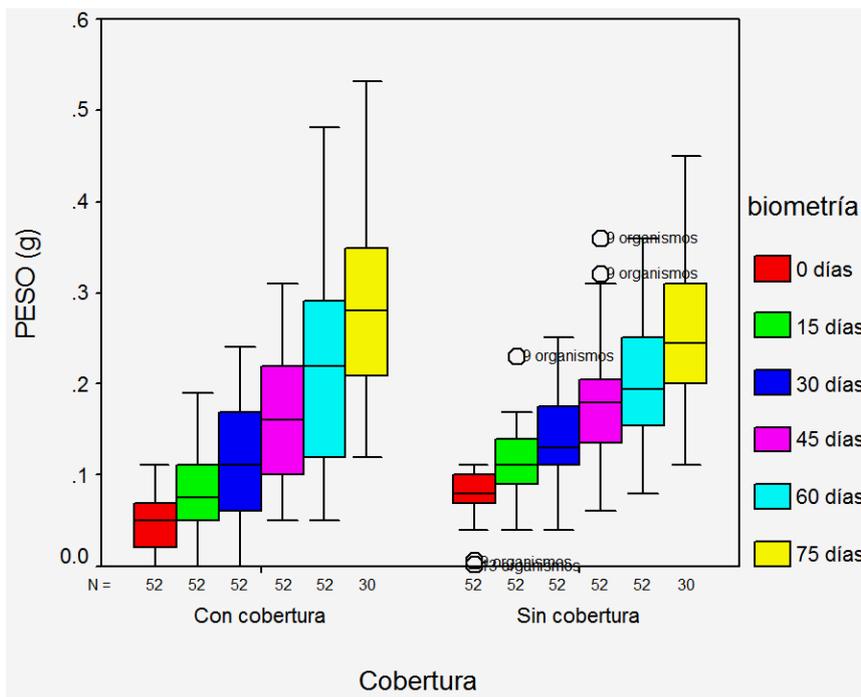


Figura 2. Crecimiento del *C. (C.) montezumae* a lo largo del experimento de acuerdo a la presencia o ausencia de cobertura.

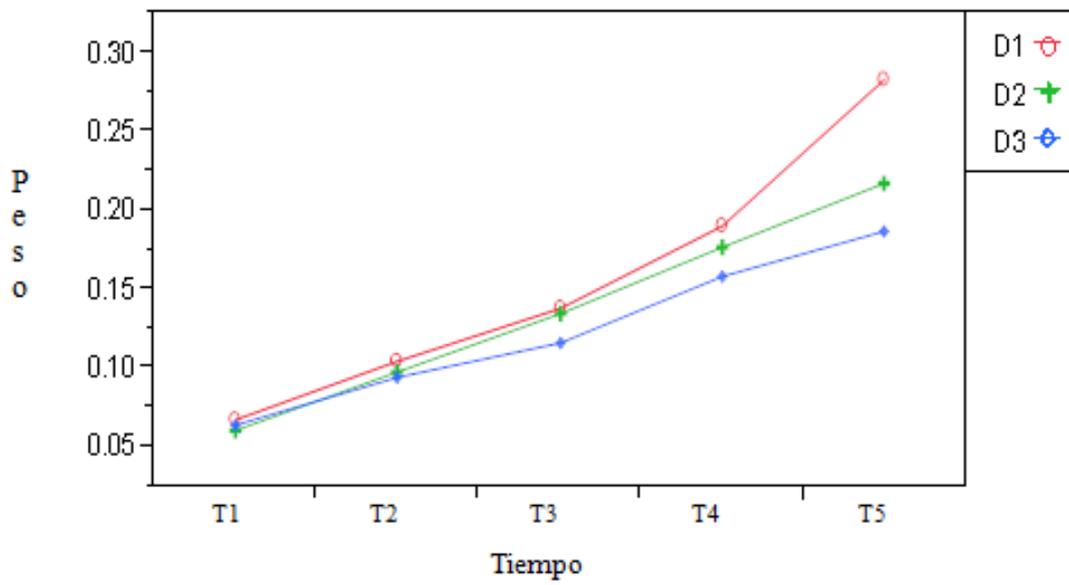


Figura 3. Crecimiento (g) de *C. (C.) montezumae* bajo condiciones diferentes de densidad durante 75 días.

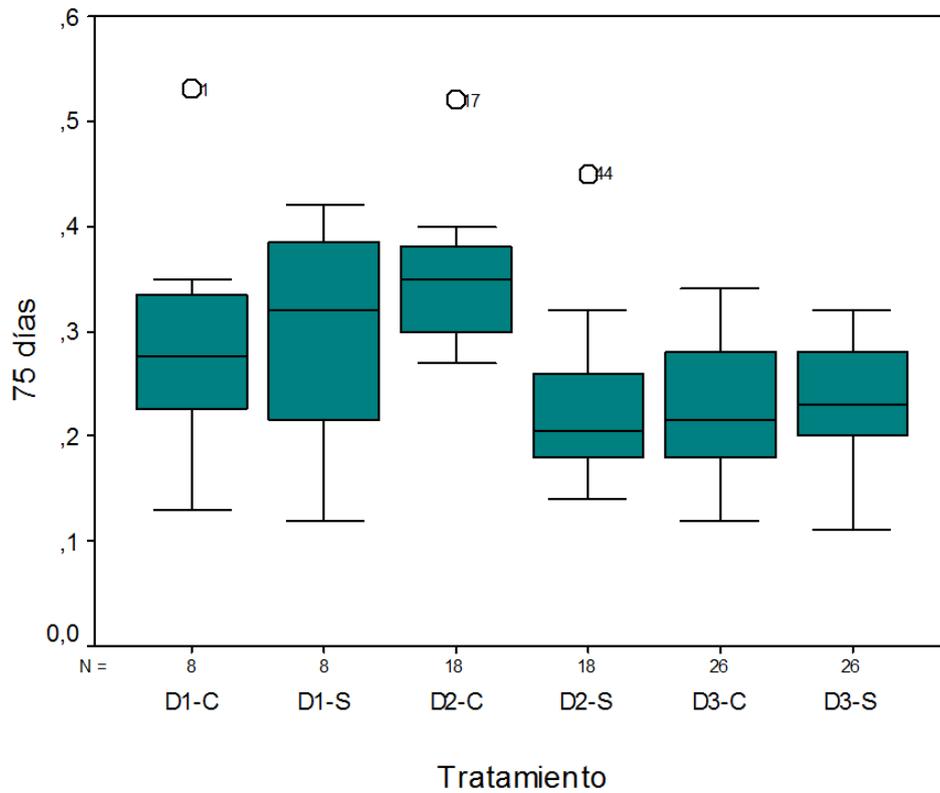


Figura 4. Valores promedio del peso (g) de *C. (C.) montezumae* a los 75 días de experimento.

Los mismos análisis fueron realizados para detectar efectos en la LT y LCT de los organismos, los resultados obtenidos en el factorial completo señalan que en ambos casos los tres factores de primer orden: biometría, densidad y cobertura, tuvieron un efecto estadísticamente significativo ($p < 0.05$). Los factores de interacción de segundo orden, densidad X cobertura y cobertura X biometría tuvieron un efecto marginalmente significativo sobre la LCT, mientras que para la LT sí generaron un efecto estadísticamente significativo ($p < 0.05$). La interacción de tercer orden: biometría X densidad X cobertura no fue significativa ($p > 0.05$) en ambos casos (Cuadro IV).

Por otro lado, el análisis de mediciones repetidas indica que para el caso de LT se generaron diferencias significativas para la interacción tiempo X tratamiento ($p < 0.05$) y para el caso de LCT se obtuvieron se obtuvieron diferencias significativas para la misma interacción y para tiempo X tratamiento X bloque. Para ambos casos, la agrupación de tratamientos fue similar a la obtenida para el peso (Tabla V) y los valores más altos se presentaron a una densidad de 144 organismos/m² (Tabla VII).

Cuadro IV. Resultados del análisis de mediciones repetidas en el crecimiento (LT y LCT) de *C. (C.) montezumae*.

Fuente de variación	Suma de cuadrados		gl		Medias cuadradas		F		Valor de P	
	LT	LCT	LT	LCT	LT	LCT	LT	LCT	LT	LCT
Tiempo * Tratamiento	188.97	41.95	5	5	37.79	8.39	8.95	5.46	0.00	0.00
Tiempo* Bloque	9.45	1.23	1	1	9.45	1.13	2.24	0.74	0.138	0.39
Tiempo* Tratamiento* Bloque	39.34	17.85	5	5	7.86	3.57	1.86	2.33	0.108	0.049

gl: grados de libertad

Cuadro V. LT y LCT (mm) promedio de *C. (C.) montezumae* en los diversos tratamientos de densidad y cobertura después de 75 días.

Tratamiento	LT			Tratamiento	LCT		
	N	1	2		N	1	2
D 3- presente	26	20.33		D 3- presente	26	9.38	
D 2-ausente	18	20.35		D 3-ausente	26	9.39	
D 3-ausente	26	20.93		D 2-ausente	18	9.82	9.82
D 1-ausente	8	21.82	21.82	D 1-presente	8	10.21	10.21
D 1-presente	8	22.41	22.41	D 1-ausente	8	10.39	10.39
D 2- presente	18		23.41	D 2- presente	18		10.71
Significancia		0.76	0.29	Significancia		0.13	0.24

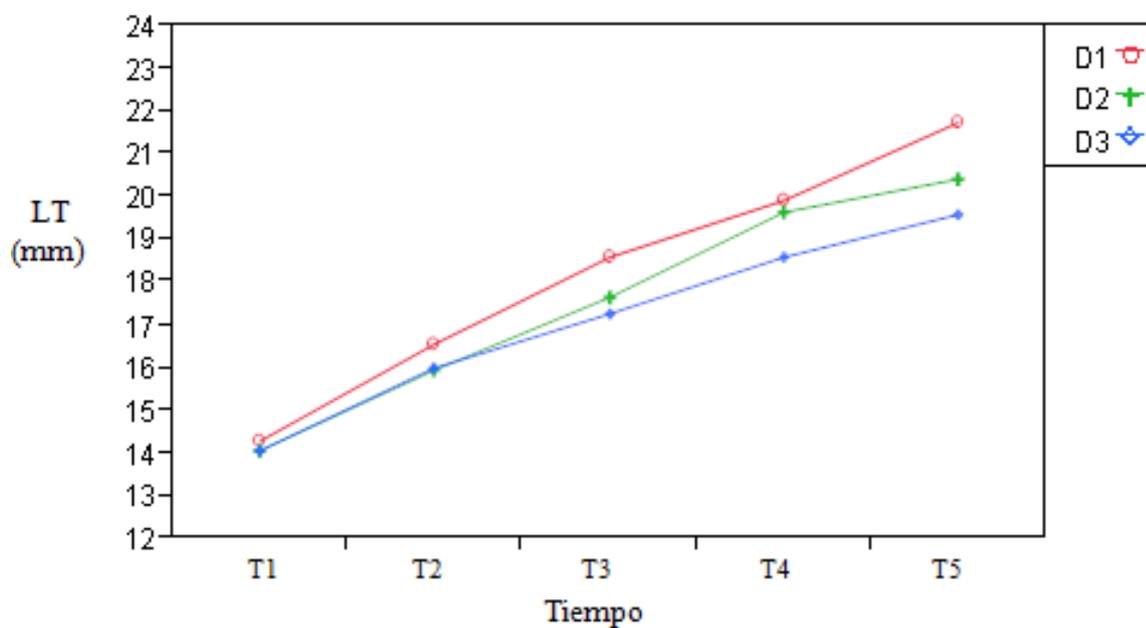


Figura 5. Crecimiento de LT (mm) de *C. (C.) montezumae* bajo tres diferentes densidades durante 75 días.

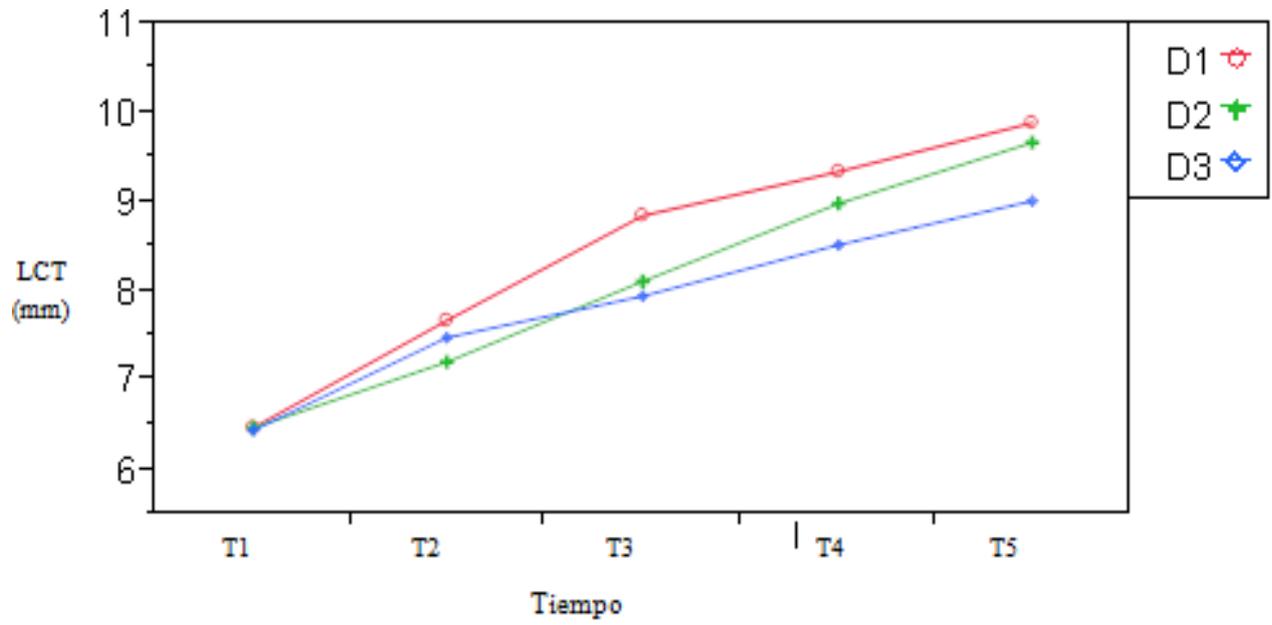


Figura 6. Crecimiento de LCT (mm) de *C. (C.) montezumae* bajo tres diferentes densidades durante 75 días.

Cuadro VI. Crecimiento (mg/ejemplar) DE *C. (C.) montezumae* en diferentes condiciones de densidad – cobertura durante la etapa experimental. (Media ± E. E).

Densidad (# org./m ²)	Cobertura	TIEMPO (días)						Proporción del crecimiento
		INICIAL	15	30	45	60	75	
64	Presente	61.3 ± 8.7	95.0±11.3	145.0±17.3	195.0±26.9	280.0±24.2	291.3 ± 42	4.75
	Ausente	73.7 ± 7	115.0±15.1	158.8±22.3	186.3±29.6	236.3±34.7	297.5 ± 37	4.03
	Total	67.5 ± 0.5	105.0±9.5	161.9±13.7	190.6±19.3	258.1±21.2	294.4 ± 27.5	4.36
144	Presente	47.3 ± 10	79.4±8.2	128.3±13.7	170.0±16.4	236.7±26.3	347.3 ± 17.2	7.34
	Ausente	72.0 ± 6.3	115.0±11.08	139.4±13.3	183.9±20.0	197.2±18.0	240.0 ± 20.3	3.3
	Total	59.7 ± 6.1	97.2±7.4	133.9±9.4	176.9±12.8	216.9±16.0	293.6 ± 15.9	4.91
208	Presente	45.9 ± 5.8	75.5±9.8	95.5±12.0	146.9±13.8	171.9±16.0	216.4 ± 13.8	4.71
	Ausente	81.6 ± 4.9	113.8±5.6	138.1±8.4	170.4±8.1	201.5±10.5	239.1 ± 11.9	2.93
	Total	63.7 ± 4.4	94.7±6.2	116.8±7.9	158.7±8.1	186.7±9.6	227.7 ± 9.0	3.57

Cuadro VII. Crecimiento (mm/ ejemplar) DE *C. (C.) montezumae* en diferentes condiciones de densidad y cobertura durante la etapa experimental. (Media \pm E. E).

Densidad (# org./m ²)	Cobertura	TIEMPO (días)											
		INICIAL		15		30		45		60		75	
		LT	LCT	LT	LCT								
64	Presente	13.9 \pm 0.6	6.3 \pm 0.3	16.1 \pm 0.6	7.4 \pm 0.3	18.5 \pm 0.7	8.9 \pm 0.3	20.1 \pm 1	9.4 \pm 0.5	22.5 \pm 0.7	10.4 \pm 0.4	22.4 \pm 1.3	10.2 \pm 0.5
	Ausente	14.6 \pm 0.4	6.7 \pm 0.3	16.9 \pm 0.6	7.9 \pm 0.3	18.7 \pm 0.8	8.8 \pm 0.4	19.7 \pm 1.1	9.2 \pm	21.0 \pm 0.4	9.7 \pm 0.4	21.8 \pm 1.0	10.4 \pm 0.5
	Total	14.3 \pm 0.4	6.5 \pm 0.2	16.5 \pm 0.4	7.6 \pm 0.2	18.6 \pm 0.5	8.8 \pm 0.3	19.9 \pm 0.7	9.3 \pm 0.3	21.7 \pm 0.6	9.9 \pm 0.3	22.1 \pm 0.8	10.4 \pm 0.4
144	Presente	13.7 \pm 0.5	6.2 \pm 0.3	15.0 \pm 0.5	6.6 \pm 0.2	17.5 \pm 0.6	7.9 \pm 0.3	19.5 \pm 0.6	9.1 \pm 0.3	21.1 \pm 0.8	9.6 \pm 0.4	23.3\pm0.5	10.6\pm0.3
	Ausente	14.5 \pm 0.3	6.7 \pm 0.2	16.9 \pm 0.5	7.8 \pm 0.3	17.8 \pm 0.5	8.2 \pm 0.2	19.8 \pm 0.6	8.9 \pm 0.6	19.7 \pm 0.6	9.7 \pm 0.5	20.5 \pm 0.6	10.0 \pm 0.5
	Total	14.1 \pm 0.3	6.5 \pm 0.2	15.9 \pm 0.4	7.2 \pm 0.2	17.6 \pm 0.4	8.1 \pm 0.2	19.7 \pm 0.4	9.0 \pm 0.3	20.4 \pm 0.5	9.7 \pm 0.3	21.9 \pm 0.5	10.3 \pm 0.3
208	Presente	12.1 \pm 0.5	6.0 \pm 0.2	14.9 \pm 0.5	7.0 \pm 0.3	16.3 \pm 0.5	7.5 \pm 0.3	18.0 \pm 0.5	8.6 \pm 0.4	19.0 \pm 0.5	8.8 \pm 0.3	20.4 \pm 0.7	9.5 \pm 0.3
	Ausente	15.3 \pm 0.3	6.9 \pm 0.2	17.1 \pm 0.3	7.9 \pm 0.2	18.1 \pm 0.4	8.4 \pm 0.2	19.2 \pm 0.3	8.8 \pm 0.1	20.2 \pm 0.3	9.3 \pm 0.2	21.1 \pm 0.4	9.7 \pm 0.2
	Total	14.1 \pm 0.3	6.4 \pm 0.1	16.0 \pm 0.3	7.5 \pm 0.2	17.2 \pm 0.3	7.9 \pm 0.2	18.6 \pm 0.3	8.7 \pm 0.2	19.6 \pm 0.3	9.0 \pm 0.2	20.7 \pm 0.4	9.6 \pm 0.2

LT: Longitud total, LCT: longitud del cefalotórax.

Producción de biomasa

Se calculó la producción de biomasa total de los organismos de *C. (C.) montezumae* para cada una de las densidades en presencia y ausencia de cobertura durante 75 días. En función de los valores obtenidos, la mayor cantidad de biomasa se produjo en una densidad intermedia (144 acociles/m²) con refugios presentes (Cuadro VIII y IX, Fig. 7).

Cuadro VIII. Producción de biomasa (mg) del acocil *C. (C.) montezumae* bajo diferentes condiciones de densidad y cobertura.

PRODUCCIÓN												
64 org/m ²	COBERTURA						SIN COBERTURA					
Tiempo	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
W	61.3	95.0	145	195	280	291.3	73	115	158	186	236	297
G	0.03	0.03	0.02	0.02	0.003		0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
B	244	380	580	780	1120	1165	292	460	632	744	944	1188
B	312	480	680	950	1142		376	546	688	844	1066	
144 org/m ²	COBERTURA						SIN COBERTURA					
W	47	79	128	170	236	347	72	115	139	184	197	240
G	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03		0.03	0.01	0.02	0.0	0.01	
N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
B	423	711	1152	1530	2124	3123	648	1035	1251	1656	1773	2160
B	567	711	1341	1827	2623.5		841.5	1143	1453.5	1714.5	1966.5	
208 org/m ²	COBERTURA						SIN COBERTURA					
W	46	75	96	147	172	216	82	114	138	170	201	239
G	0,0	0,02	0.03	0.01	0.02		0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
B	598	975	1248	1911	2236	2808	1066	1482	1794	2210	2613	3107
B	786.5	1111.5	1579.5	2073.5	2522		1274	1638	2002	2411.5	2860	

W= Peso promedio de un ejemplar, G= Tasa de incremento instantánea del peso, N= Número de organismos, B= Media de la biomasa, P= Producción en Δt

Cuadro IX. Producción (mg) del acocil *C. (C.) montezumae* bajo tres diferentes densidades y presencia o ausencia de cobertura a lo largo del experimento.

Tiempo	TRATAMIENTOS						
	Org/m ² Dens.	64		144		208	
		P	A	P	A	P	A
1	9.2	11.1	19.6	26.3	26.5	28.0	
2	13.5	11.8	22.9	14.4	17.4	20.9	
3	13.4	7.2	25.4	27.2	44.9	27.8	
4	22.9	13.4	40.5	7.8	21.7	27.0	
5	2.9	16.6	66.9	25.9	38.3	32.0	
Total	62.0	60.1	175.3	101.6	148.8	136.6	

P= Presencia de cobertura, A= Ausencia de cobertura

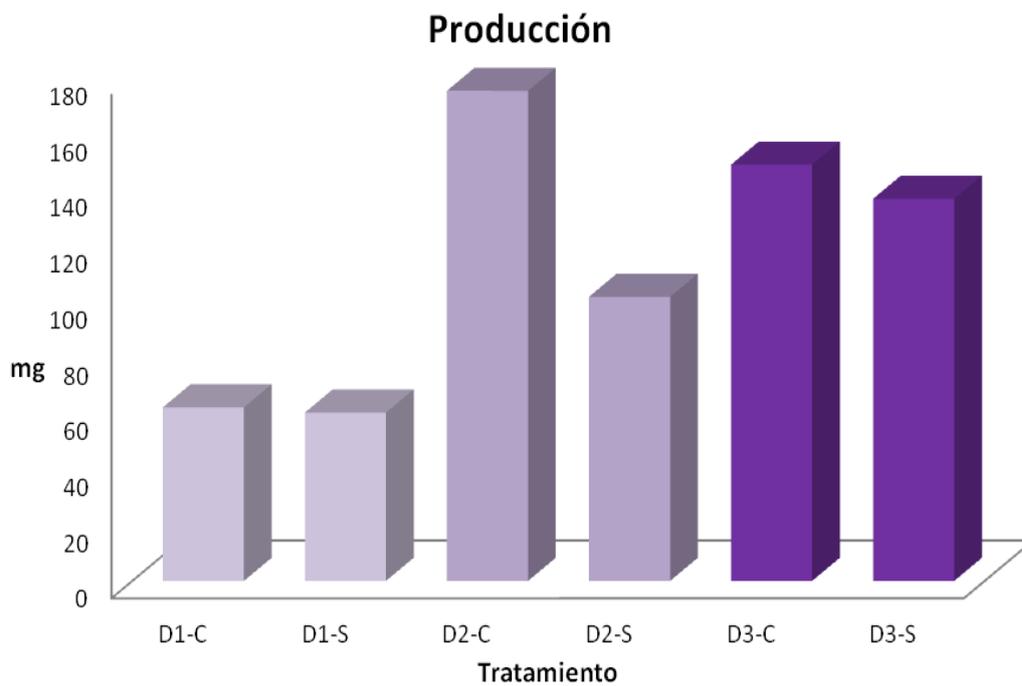


Figura 7. Valores de producción (mg) al final del experimento bajo diferentes condiciones de densidad y cobertura.

Supervivencia

Al realizar el análisis de mortalidad se encontró que existen diferencias significativas en el número de muertes por efecto de la densidad ($p=0.033$), sin embargo, estas diferencias no están dadas entre la densidad 1 y 2, sino entre éstas con respecto a la densidad 3, donde se presentó el mayor número de muertes (Fig. 8). Para el caso de la cobertura, no existen diferencias significativas entre tratamientos ($p=0.27$).

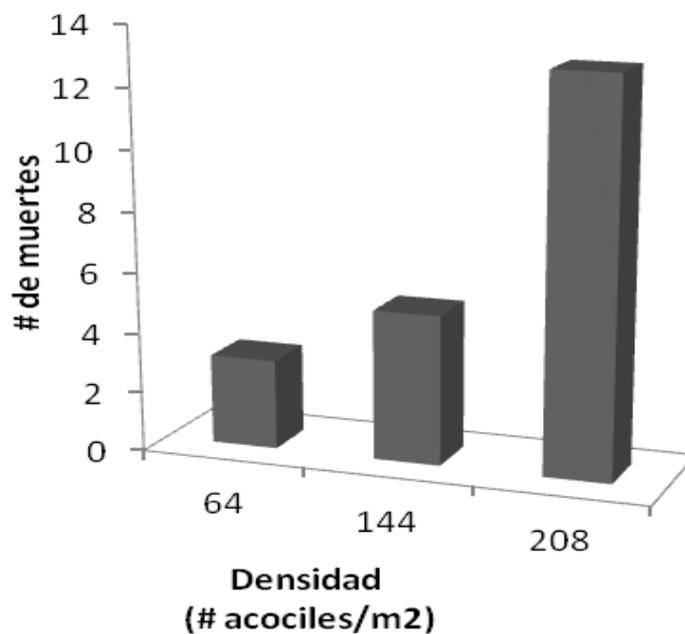


Figura 8. Niveles de mortalidad de *C. (C.) montezumae* de acuerdo a la densidad.

Índices fisiológicos

En la tabla X se presentan los valores promedio por ejemplar obtenidos en todas las mediciones de índices fisiológicos de oxígeno (VO_2 y QO_2) y excreción nitrogenada (VNH_4 y QNH_4).

Tasa metabólica

De acuerdo al análisis realizado, ningún factor ni su combinación influyó de manera significativa ($p > 0.05$) sobre el consumo de oxígeno por unidad de peso húmedo ni en la tasa metabólica por gramo de peso seco. (Fig. 9).

Cuadro X. Valores promedio de los índices fisiológicos de cada tratamiento.

Densidad (org./m ²)	Cobertura	Tasa metabólica			Excreción nitrogenada		
		n	VO ₂	QO ₂	n	VNH ₄	QNH ₄
64	Presente	5	1.8± 0.3	7.5±0.9	5	0.7±0.1	3.1±0.6
	Ausente	6	1.8±0.3	8.2±1.1	6	0.8±0.3	3.4±1.0
	Total	11	1.8±0.2	7.9±0.7	11	0.73±0.14	3.2±0.6
144	Presente	6	1.5±0.1	6.8±0.3	3	0.4±0.1	1.7±0.5
	Ausente	6	1.8±0.1	6.8±0.9	5	0.5±0.2	1.6±0.7
	Total	12	1.6±0.1	6.8±0.4	8	0.43±0.14	1.7±0.5
208	Presente	5	2.1±0.2	9.5±0.7	5	0.8±0.2	3.4±0.9
	Ausente	5	1.9±0.22	7.0±1.6	3	0.5±0.2	1.8±1.0
	Total	10	2.0±0.13	8.3±0.9	8	0.7±0.2	2.8±0.7

VO₂ y QO₂: Tasa metabólica por gramo de peso húmedo y peso seco por hora (mgO₂/g/h). VNH₄ y QNH₄: excreción de nitrógeno amoniacal promedio por gramo de peso húmedo y por gramo de peso seco por hora (mgN-NH₄/g/h). (Medias ±E.E).

Tasa de excreción nitrogenada

La excreción nitrogenada por unidad de peso húmedo y por unidad de peso seco no presentó diferencias significativas entre los distintos tratamientos (densidad y cobertura) ($p > 0.05$) (Fig. 10).

Respecto a la energía que invierte el acocil *C. (C.) montezumae*, en procesos fisiológicos como el consumo de oxígeno y la excreción nitrogenada, estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre las distintas condiciones de densidad y cobertura ($p > 0.05$). (Cuadro XI, Fig. 11 y 12).

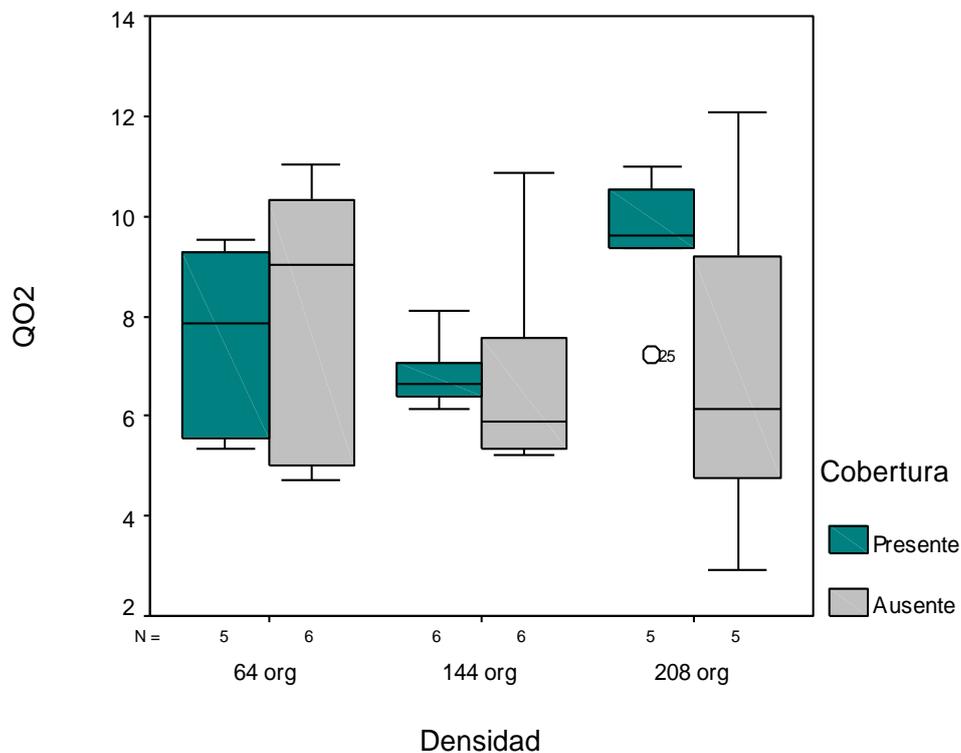


Figura 9. Tasa metabólica ($QO_2/g/h$) del acocil *C. (C.) montezumae* bajo diferentes condiciones de densidad y cobertura.

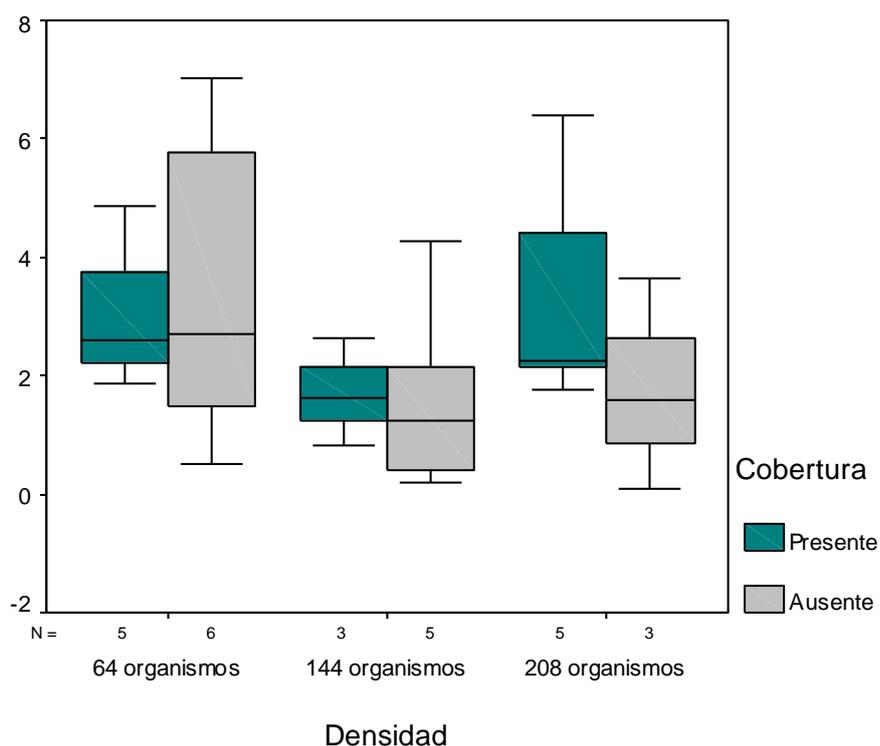


Figura 10. Valores de excreción de nitrógeno ($QN_{H_4}/g/h$) de *C. (C.) montezumae* en diferentes condiciones de densidad y cobertura.

Se calculó la relación entre el consumo de oxígeno (QO_2) y excreción nitrogenada (QN_{H_4}) respecto al peso seco de los organismos (PS), mantenidos bajo diferentes condiciones de densidad y cobertura. En todos los casos se presenta una relación negativa ($-\alpha$) (Cuadro XII).

Para el caso del consumo de oxígeno, en la densidad 2 y 3 (144 y 208 acociles/ m^2) esta relación no es significativa ($p > 0.01$), mientras que para los organismos mantenidos a una densidad de 64 organismos/ m^2 en presencia y ausencia de refugios esta correlación fue altamente significativa ($p < 0.01$) (Fig. 13 A y B).

En el caso de la relación entre la excreción nitrogenada y el peso seco de los organismos, se encontró que sólo los acociles sometidos a una densidad de 64 organismos/ m^2 , tanto en presencia como en ausencia de refugios, presentaron un modelo de regresión estadísticamente significativo ($p < 0.05$) (Fig. 14 A y B); para los demás tratamientos, los modelos ajustados, no explican satisfactoriamente la respuesta

de los organismos, cabe señalar que para todos estos tratamientos se detectó gran heterogeneidad en este índice fisiológico. Sin embargo, la pendiente del modelo siempre fue negativa (Cuadro XII).

Cuadro XI. Valores de inversión de energía de *C. (C.) montezumae* en el metabolismo respiratorio y excreción nitrogenada bajo tres condiciones de densidad y presencia o ausencia de cobertura.

Densidad (acociles/m ²)	Cobertura	n	cal/mg O ₂ respiración	n	cal/mg NH ₄ excreción nitrogenada
64	Presente	5	596.3± 70.7	5	297.2±53.3
	Ausente	6	650.4±87.8	6	326.8±100.7
	Total		625.8±55.5	11	313.32±57.5
144	Presente	6	542.7±22.3	3	164.7±50.8
	Ausente	6	539.9±70.4	5	159.4±71.9
	Total		541.3±35.2	8	161.40±46.1
208	Presente	5	757.2±51.7	5	329.6±85.1
	Ausente	5	558.0±129.0	3	172.9±100.5
	Total	10	657.6±73.5	8	270.86±67.4

Los valores mostrados representan Media ± EE expresada en cal/mg O₂/día y cal/mg NH₄/día.

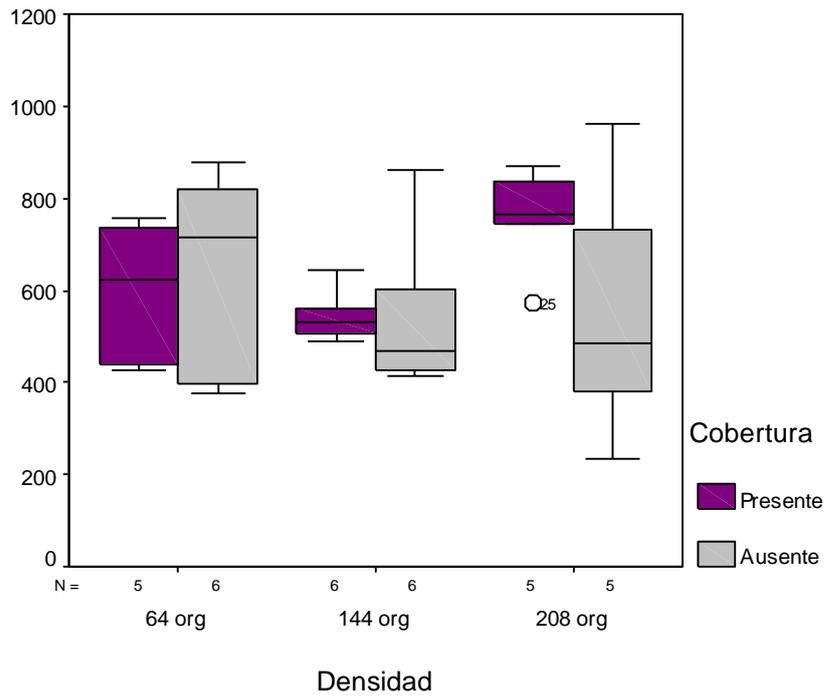


Figura 11. Pérdidas de energía por metabolismo respiratorio en *C. (C.) montezumae* en diferentes condiciones de densidad y cobertura.

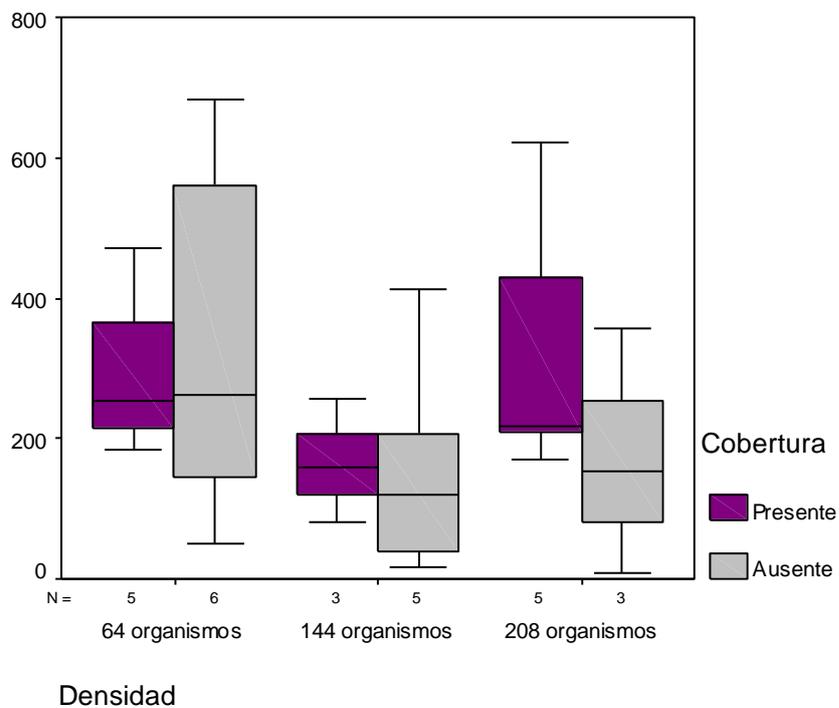


Figura 12. Pérdidas energéticas por metabolismo nitrogenado en *C. (C.) montezumae* en diferentes condiciones de densidad y cobertura.

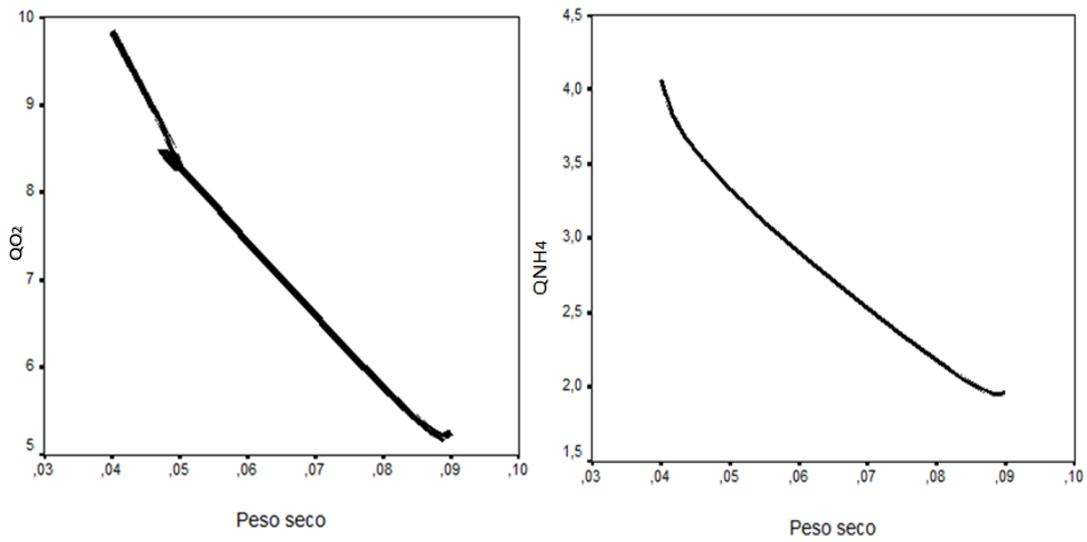


Figura 13 A y B. Relación PS-QO₂ y PS-QNH₄ respectivamente a una densidad de 64 org/m² en presencia de cobertura.

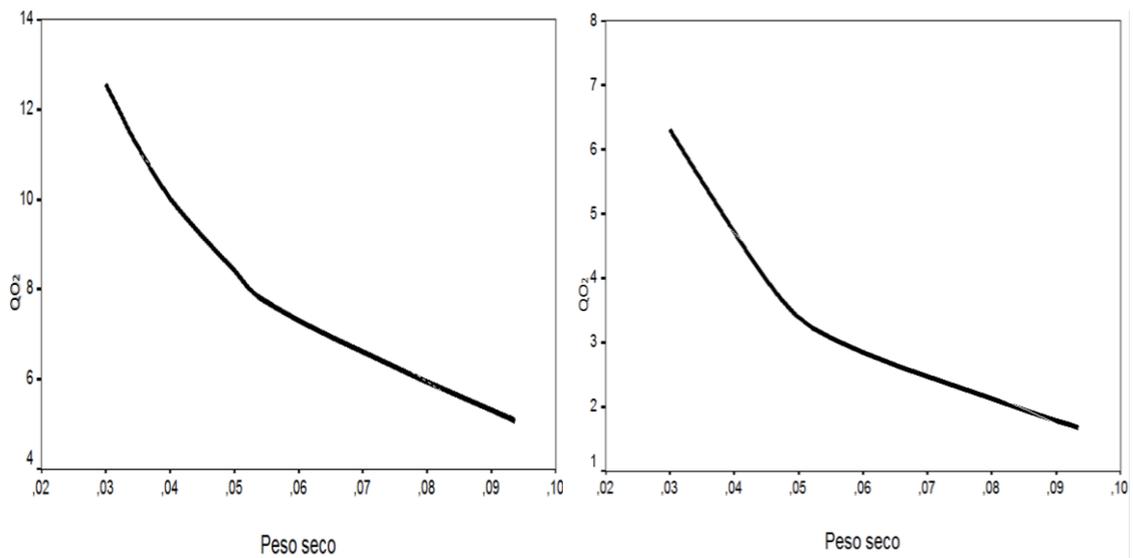


Figura 14 A y B. Relación PS-QO₂ y PS-QNH₄ respectivamente a una densidad de 64 org/m² en ausencia de cobertura.

Cuadro XII. Valores de las constantes K y α de los modelos de regresión QO_2 -PS y QNH_4 - PS de los organismos sometidos a diferentes condiciones de densidad y cobertura.

Densidad (No.org./m ²)	Cobertura	n	ÍNDICE FISIOLÓGICO					
			QO ₂		n	QNH ₄		
			k	p			k	α
64	Presente	5	0.83±0.3	0.01**	4	0.22±1.0	-0.90±0.2	0.03*
	Ausente	6	0.81±0.4	0.008***	5	0.11±0.08	-1.15±0.2	0.02*
144	Presente	4	2.38±1.1	0.14 NS	3	0.52±0.3	-1.40±2.2	0.63NS
	Ausente	5	1.36±1.0	0.11NS	3	0.31±0.4	-0.60±0.5	0.44NS
208	Presente	4	3.27±2.0	0.23NS	5	0.12±0.2	-1.03±0.6	0.16NS
	Ausente	5	0.37±0.3	0.051*	3	0.00±0.0	-2.85±3.1	0.52NS

NIVEL DE SIGNIFICANCIA (**p**), NS: No significativo, * (0.05), ** (0.01) y ***(0.001).

Análisis bioquímicos

Se realizó un análisis factorial para detectar si las condiciones de densidad y cobertura a las que estuvieron sometidos los organismos, tuvieron alguna influencia sobre los indicadores bioquímicos (glucosa, lípidos, triglicéridos y proteínas) los valores medios de estos índices se presentan en el cuadro XIII.

Cuadro XIII. Influencia de la densidad y cobertura en el contenido de glucosa, triglicéridos, lípidos y proteínas (mg/ g PH) en *C.(C.) montezumae* (Media \pm EE).

Densidad (org/m ²)	Cobertura	n	Glucosa		Triglicéridos		Lípidos		Proteínas solubles		Proteínas totales		
			mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%	n	mg/g	%
64	Presente	3	1.2 \pm 0.4	0.09	4.6 \pm 1.5	0.48	4.8 \pm 0.9	0.48	30.1 \pm 13.3	3.6	3	81.7 \pm 11.4	8.2
	Ausente	4	2.8 \pm 0.7	0.31	6.8 \pm 1.4	0.67	3.9 \pm 0.9	0.36	30.3 \pm 3.7	2.7	3	86.5 \pm 18.8	8.7
	Total	7	2.1 \pm 0.5	0.24	5.8 \pm 1.0	0.61	4.3 \pm 0.6	0.40	30.2 \pm 5.4	3.0	6	84.1 \pm 9.9	8.4
144	Presente	5	1.7 \pm 0.2	0.17	6.2 \pm 0.4	0.59	3.6 \pm 0.6	0.43	28.4 \pm 1.4	3.0	5	92.4 \pm 5.7	9.2
	Ausente	2	2.5 \pm 0.0	0.25	8.1 \pm 2.5	0.58	4.8 \pm 1.4	0.29	47.7 \pm 16.1	3.1	2	145.0 \pm 21.1	14.5
	Total	7	1.9 \pm 0.3	0.19	6.8 \pm 0.9	0.58	4.0 \pm 0.6	0.39	33.9 \pm 5.1	3.0	7	107.4 \pm 11.4	10.7
208	Presente	5	1.7 \pm 0.2	0.17	6.4 \pm 0.1	0.81	4.9 \pm 1.3	0.50	41.7 \pm 1.99	4.7	3	125.7 \pm 12.2	12.6
	Ausente	5	2.5 \pm 0.5	0.25	6.6 \pm 0.1	0.57	3.1 \pm 0.3	0.35	39.3 \pm 3.6	3.9	3	107.8 \pm 9.5	10.8
	Total	10	2.1 \pm 0.3	0.21	6.5 \pm 0.7	0.69	4.0 \pm 0.7	0.41	40.5 \pm 2.0	4.3	6	116.8 \pm 8.0	11.7

Glucosa

La glicemia de los organismos, presentó un comportamiento heterogéneo entre los tratamientos ensayados. De acuerdo al análisis efectuado, la cobertura fue el único tratamiento que generó un efecto estadísticamente significativo sobre los niveles de glucosa ($p < 0.05$). Por otra parte la densidad y la interacción entre ambos factores no presentaron influencia significativa ($p > 0.05$).

En general los organismos de tratamientos sin cobertura tuvieron niveles más elevados de glucosa con una media de 2.63 ± 0.35 mg/g, mientras que en el tratamiento con cobertura la media fue de 1.60 ± 0.14 mg/g. Con respecto a la densidad, los niveles más bajos se presentaron en la densidad intermedia (1.94 ± 0.28 mg/g), aunque no difirieron significativamente de los encontrados en baja densidad (2.12 ± 0.5 mg/g) y de densidad alta (2.13 ± 0.29 mg/g) (Cuadro XIII y Fig. 10).

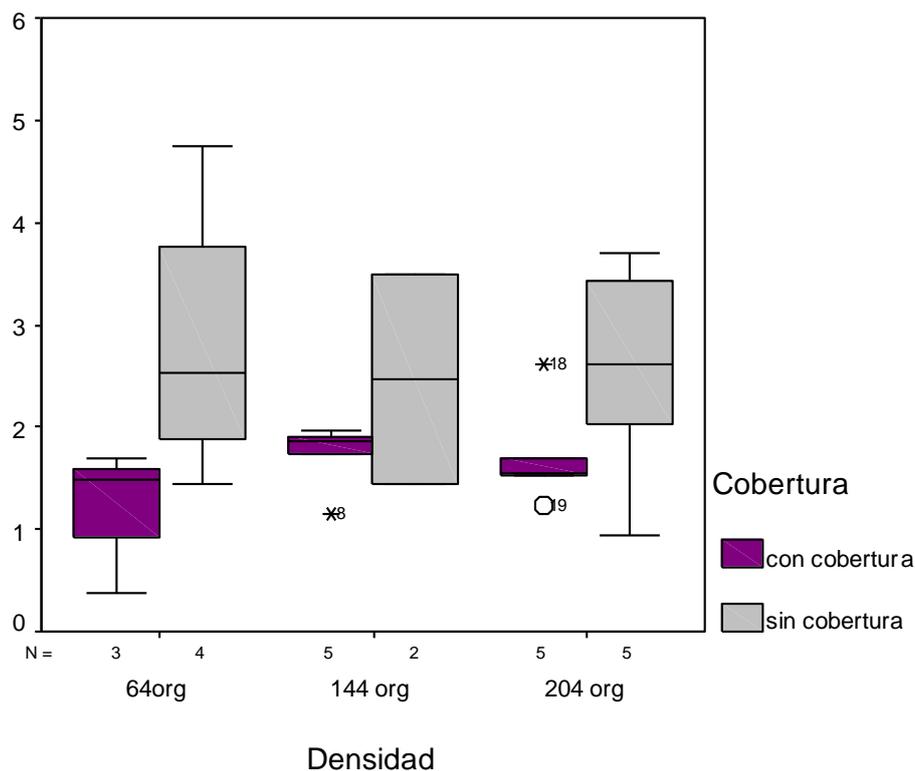


Figura. 15. Niveles de glucosa (mg/gPH) en el tejido del acicil *C.(C.) montezumae* en los diferentes tratamientos.

Triglicéridos y lípidos

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en los niveles de lípidos y triglicéridos del acocil *C.(C.) montezumae* bajo diferentes condiciones de densidad y cobertura. (Cuadro XIII).

Proteína soluble y proteína total

Los niveles de proteína soluble no se difirieron significativamente entre densidades ni entre la presencia o ausencia de cobertura ($p > 0.05$). (Cuadro XIII).

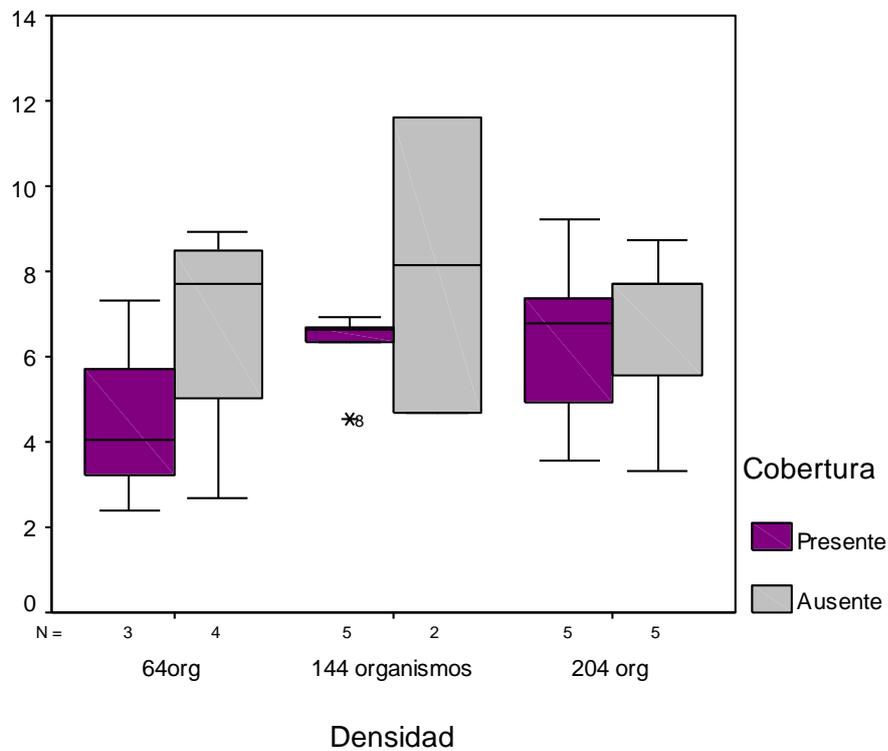


Figura 16. Niveles de triglicéridos (mg/g PH) en el tejido del acocil *C.(C.) montezumae* en los diferentes tratamientos.

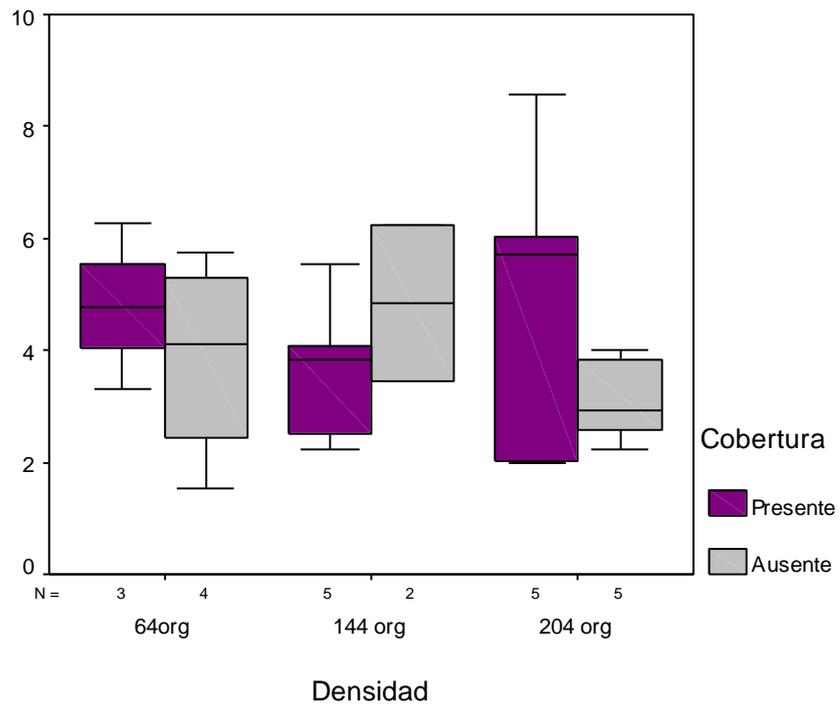


Figura 17. Niveles de lípidos (mg/g PH) en el tejido en distintas condiciones de densidad y cobertura.

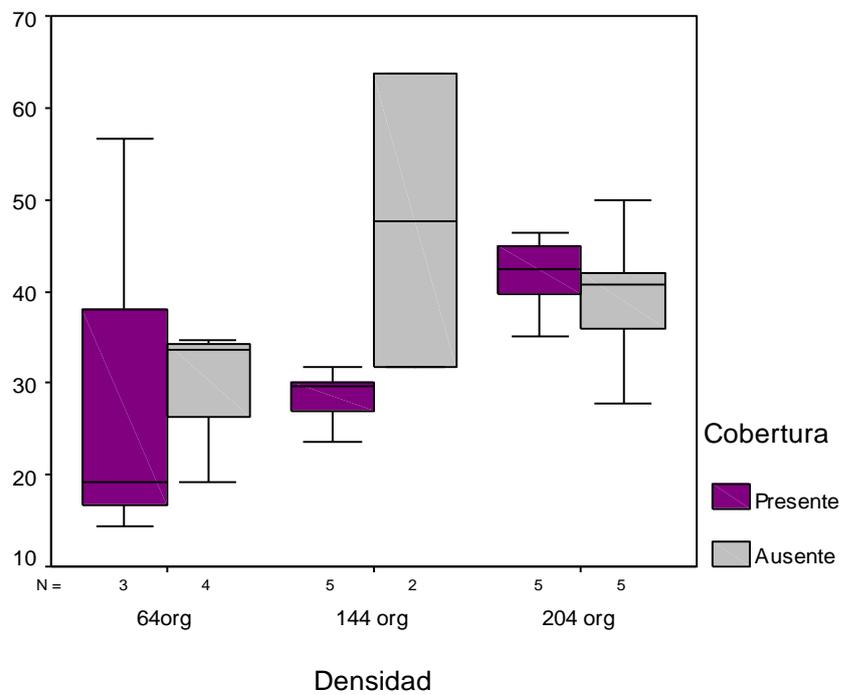


Figura 18. Contenido de proteínas solubles (mg/g PH) en el tejido de *C. (C.) montezumae* en distintas condiciones de densidad y cobertura.

Los valores obtenidos en las mediciones de nitrógeno total fueron transformados a mg de proteína por ejemplar y considerando los resultados del análisis realizado, el factor cobertura y la interacción: densidad X cobertura, generaron efectos significativo sobre el contenido de proteína total en los acociles ($p < 0.05$); mientras que el factor densidad no influyó significativamente ($p > 0.05$).

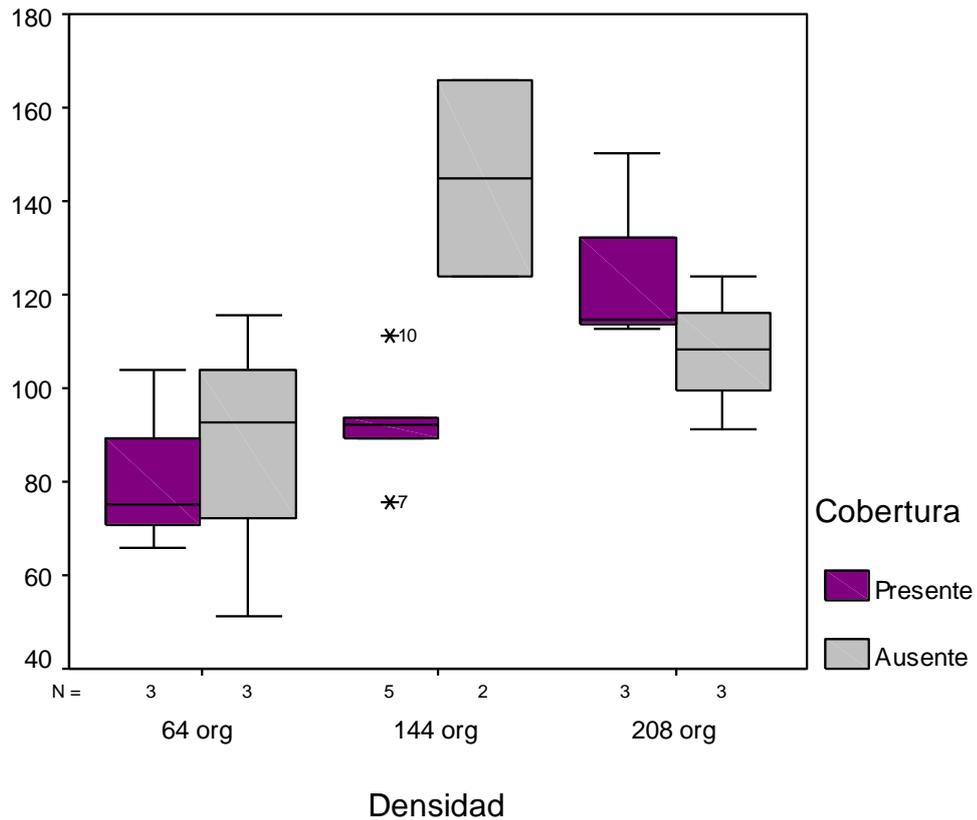


Figura 19. Contenido de proteína total (mg/g PH) en organismos de *C. (C.) montezumae* en los diferentes tratamientos.

Análisis del tejido

Se realizó un análisis de diversos índices del tejido de los acociles, bajo diferentes condiciones de densidad y cobertura, estos resultados se presentan en porcentajes en el Cuadro XIV.

Humedad en el tejido

El contenido de agua corporal de los acociles, sólo fue modificado significativamente por la interacción de los factores: densidad X cobertura ($p < 0.05$), el valor más bajo y con una evidente diferencia con respecto a los otros tratamientos, se encontró a una mayor densidad ausente de cobertura con una media de 66.8% (Fig. 20).

Materia orgánica y minerales

La cantidad de materia orgánica y minerales contenidos en los organismos presentaron diferencias significativas entre las tres densidades empleadas en el experimento ($p < 0.05$), no así para el factor cobertura ni para la interacción entre ambos factores. Los valores más elevados de materia orgánica se presentaron en la densidad 1 (64 acociles/m²) y fueron descendiendo con forme la densidad aumentó y para el caso de los niveles de minerales, la menor cantidad se presentó en la densidad más baja y sus niveles presentaron una relación proporcional al número de organismos/m² (Fig. 21).

Contenido calórico

Los resultados obtenidos en el análisis de contenido calórico del tejido (Cuadro XIV), señalan que las distintas condiciones de densidad y cobertura no generaron efectos significativos en el contenido de energía de los organismos ($p > 0.05$).

Cuadro XIV. Indicadores del tejido de *C. (C.) montezumae* en diferentes condiciones de densidad y cobertura (Media± E.E).

Densidad	Cobertura	n	% de agua	% de MO	% Minerales	Contenido calórico †
64	Presente	2	77.3±2.3	65.3±0.8	34.7±0.8	2463.4±921.1
64	Ausente	2	78.0±1.4	64.1±2.9	35.9±2.9	3593.7±625.0
	Total	4	77.7	64.7±1.3	35.3±1.3	3028.6±559.4
144	Presente	2	78.2±0.9	61.2±0.23	38.8±0.2	3658.0±508.3
144	Ausente	2	73.1±1.5	57.5±0.0	42.5±0.0	1736.1±1361.6
	Total	4	75.7	59.4±1.1	40.6±1.1	2697.1±812.3
208	Presente	2	78,0±1.1	46,2±1.5	53.8±1.5	2385.7±17.6
208	Ausente	1	66,8±7.9	45,2±0.0	54.8±0.0	1920±0.0
	Total	3	72.4	45.8±0.9	54.2±0.9	2230.44±155.6

† (cal/g PS)

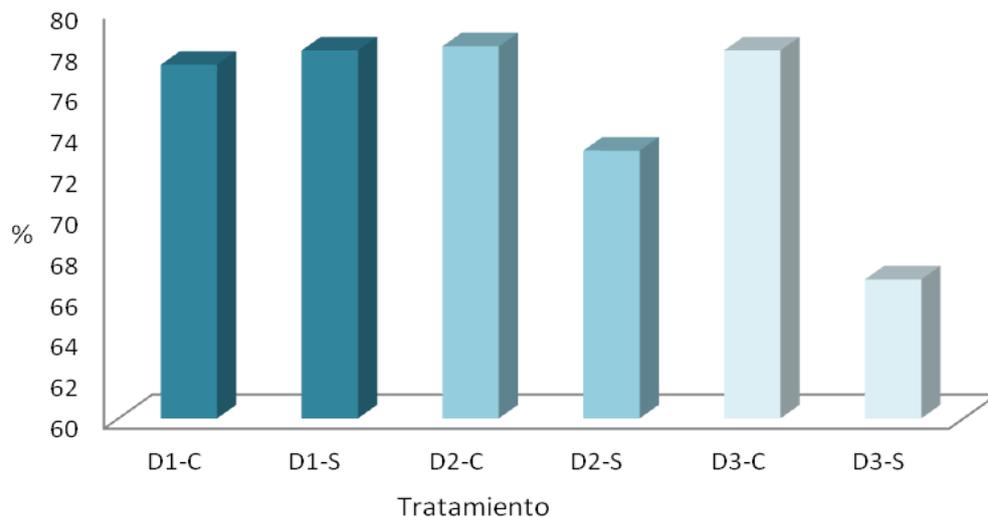


Figura 20. Porcentaje de agua contenida en el tejido de los organismos de *C. (C.) montezumae* bajo diferentes condiciones de densidad y cobertura.

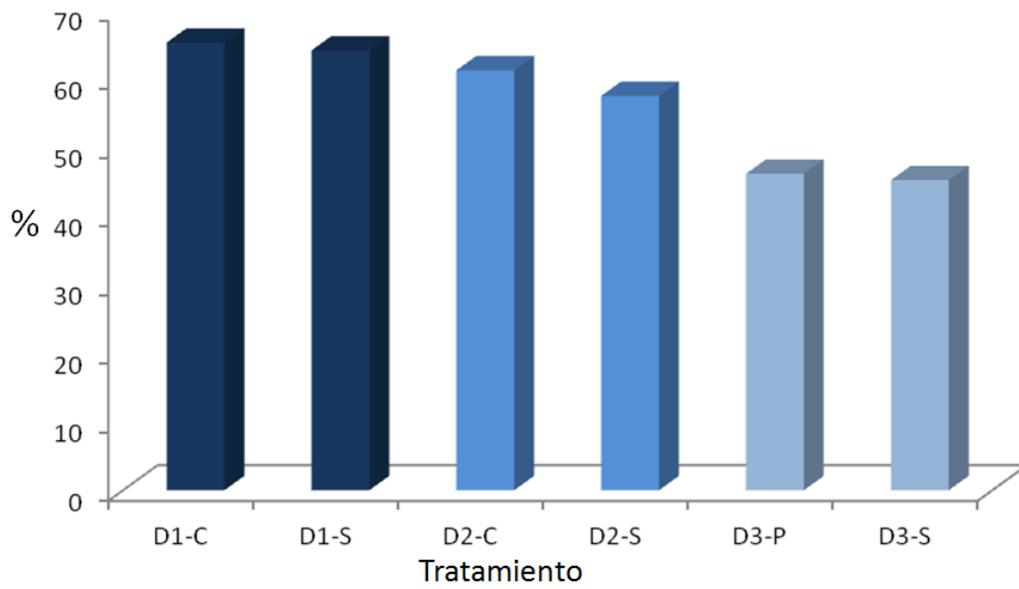


Figura 21. Porcentaje de materia orgánica contenido en organismos de *C. (C.) montezumae* bajo diferentes condiciones de densidad y cobertura.

4. DISCUSIÓN

Crecimiento y producción

Determinar la densidad óptima en el cultivo de especies es de enorme importancia, particularmente para especies con hábitos de canibalismo como *C. (C.) montezumae* (Arredondo 2010); al realizar una comparación entre los distintos tratamientos, la densidad resulta ser un factor determinante en su crecimiento. Diversos estudios han encontrado resultados importantes con respecto a lo anterior; de los Santos (2008) encontró un efecto significativo de la densidad sobre la masa de *Macrobrachium michoacanus* en donde la densidad más baja (8 organismos/m²) presentó una media superior respecto a la obtenida para la densidad más alta (12 organismos/m²); diversos trabajos han reportado que existe un relación inversa entre la densidad, el peso y longitud total del animal (Oliveira, 2008).

La prueba estadística realizada indica que la presencia o ausencia de cobertura no generó un efecto significativo en el crecimiento de los organismos de *C. (C.) montezumae* ($p > 0.05$); inicialmente los promedios de los distintos tratamientos eran heterogéneos, pues los organismos que se encontraban en presencia de cobertura tenían en promedio una masa menor, con una media de 48.7 mg, con respecto a los organismos que no contaban con refugios cuya media fue de 77.08 mg; terminado el experimento la media de los organismos que presentaban cobertura era ligeramente mayor a los que carecieron de ésta, con 284.3 y 269.7 mg respectivamente. Arredondo (2010) sugiere que un número mayor de refugios ofrece la oportunidad de mantener densidades de cultivo más elevadas, particularmente para especies con un comportamiento agresivo como el acocil. Kozak y colaboradores (2000) señalan que la presencia de refugios reduce los niveles de mortalidad del acocil *Pascifasciantus leniusculus*.

Al evaluar el efecto de la interacción entre ambos factores fue posible detectar el tratamiento en el cual se registraron los mejores resultados de crecimiento en los organismos. De los seis tratamientos, el mayor crecimiento y máxima producción se obtuvieron en la densidad de 144 acociles/m² con cobertura, con una proporción de

crecimiento que aumentó 7.4 veces su peso inicial después de 75 días, en este tratamiento se registraron los valores promedio más elevados de peso, LT y LCT (Tabla V y VI). Ulikowski y colaboradores (2006) señalan que una mayor cantidad de refugios influye de manera positiva en la supervivencia y producción de biomasa en juveniles de *Astacus leptodactylus*, sin embargo, no reportan un efecto significativo en el crecimiento; indican que la presencia de refugios a una densidad óptima puede minimizar los efectos del estrés, particularmente después del proceso de muda, lo que permite el cultivo del acocil a densidades elevadas con altos porcentajes de supervivencia, que por otro lado, en condiciones naturales no más del 10% superarían el primer año de vida. Es decir, que una suficiente cantidad de refugios minimiza el estrés por efecto de la densidad, permitiendo sostener densidades de cultivo elevadas y obtener un crecimiento óptimo.

Arredondo (2010) encontró el mayor crecimiento y supervivencia de *C. (C.) montezumae* a una densidad de 77 organismos/m² y de acuerdo a los resultados arrojados en el presente trabajo, 144 acociles/m² es una densidad en la que el acocil mantiene su crecimiento de manera óptima, lo que permitiría obtener una mayor producción en un espacio reducido y la combinación de este factor con el uso de refugios puede incrementar el crecimiento y la supervivencia (Verhoef *et al.*, 1999).

Se calculó la tasa instantánea de crecimiento (TIC), la cual permite conocer cuánto crecen los organismos en función de un periodo determinado de tiempo y posteriormente se usó para evaluar la producción de biomasa (Aguilar, 1991). Los resultados obtenidos ofrecen información acerca del comportamiento de la TIC, que parece disminuir conforme la densidad aumenta; lo anterior permite sugerir que la presencia o ausencia de cobertura puede favorecer el crecimiento de los organismos, pues los tratamientos que contaban con cobertura mostraron una tasa mayor a la presentada en los tratamientos que carecían de cobertura; por tanto, la tasa más baja y menos eficiente desde el punto de vista de la acuicultura, se presentó a una densidad de 208 organismos/m².

Considerando la producción de *C. (C.) montezumae* en cada tratamiento, que se define como la ganancia de tejido en un intervalo de tiempo dado (Chapman, 1978), los mejores resultados se obtuvieron a una densidad de 144 organismos/m² en presencia de

refugios, mientras que la menor producción se generó a una densidad de 64 organismos/m² sin refugios. Además en las tres densidades, la modalidad que no contaba con cobertura tuvo un valor de producción menor respecto al correspondiente a la misma densidad pero en presencia de ésta. Los resultados anteriores, sugieren que la presencia de refugios minimiza los enfrentamientos entre los organismos, brindando al acocil la posibilidad de reducir los efectos del estrés, particularmente a densidades elevadas, lo cual le permite obtener mayores eficiencias de producción.

Supervivencia

Este es un parámetro que debe considerarse en el cultivo de especies, pues además de obtener un crecimiento óptimo, es muy importante que las tasas de mortalidad sean bajas para lograr conseguir la máxima producción.

La prueba de χ^2 señaló que existen diferencias significativas en la mortalidad ocurrida en las tres densidades; los máximos niveles de mortalidad se obtuvieron en la densidad alta (208 organismos/m²), esto como posible efecto de los enfrentamientos ocurridos entre los individuos, que a esta densidad fueron más constantes.

Lo anterior también afectó el comportamiento de los organismos de estos tratamientos pues se generaron condiciones que propiciaban el canibalismo, debido a que en ocasiones la identificación de los individuos muertos fue tardía, por este motivo muchas veces éstos eran retirados de los acuarios cuando el proceso de canibalismo había iniciado. Los tratamientos de densidad baja e intermedia no difirieron en sus niveles de supervivencia.

Índices fisiológicos

El QO₂ es un índice que posee una alta sensibilidad a los factores que afectan al organismo (González, 1990) por lo que resulta relevante identificar si el número de individuos/m² tiene alguna influencia fisiológica que pueda minimizarse a través del uso de refugios. De acuerdo con los resultados arrojados por el análisis estadístico, no se

presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en el consumo de oxígeno por gramo de peso seco entre los distintos tratamientos. Se esperaba encontrar un mayor consumo a una densidad elevada, lo cual reflejaría una mayor actividad metabólica (Loyola, 2009), pues al incrementarse el número de individuos/ m^2 , las posibilidades de encuentro aumentan, y siendo el acocil un organismo agresivo, también el número de enfrentamientos se incrementaría, generando una situación de estrés que consecuentemente repercutiría sobre las funciones fisiológicas de los organismos.

Para el caso de la producción de nitrógeno por gramo de peso húmedo y peso seco (VNH_4 y QNH_4), no hubo efectos significativos de ningún factor ($p > 0.05$) y tampoco se observa una tendencia clara en los resultados obtenidos. Para el caso de la cobertura tampoco se registraron efectos significativos ($P > 0.05$).

En las ecuaciones de correlación QO_2 -PS ($QO_2 = K * PS^\alpha$) y QNH_4 -PS ($QNH_4 = K * PS^\alpha$), el término K denota el nivel de actividad metabólica, mientras que el término α representa la pendiente de la recta, es decir, que se refiere a la dimensión de cambio en el consumo de oxígeno de los individuos, en relación al peso seco de los mismos. En todos los casos, como se esperaba, los valores de α son negativos, los organismos de menor masa presentan una actividad metabólica más acelerada y conforme la masa aumenta esta tasa decrece. Para consumo de oxígeno esta correlación tuvo mayor significancia en la densidad de 64 organismos/ m^2 en ausencia de refugios ($p = 0.008$), en esta misma densidad pero con cobertura y a 208 organismos/ m^2 ($p < 0.5$). Para la excreción nitrogenada la correlación sólo fue significativa en las dos condiciones de la densidad de 64 acociles/ m^2 .

Análisis bioquímicos

Mayrand y colaboradores (2000) sugieren que algunos indicadores bioquímicos pueden reflejar el crecimiento y por tanto pueden representar una alternativa diferente al clásico método para evaluar la tasa de crecimiento. Dahlhoff (2003), menciona que la concentración de los componentes bioquímicos o el cambio de éstos en relación a un estado de estrés potencial, puede ser resultado de modificaciones en las condiciones ambientales, lo que incide en alteraciones en la síntesis de proteínas o en el

metabolismo, lo cual afecta el rendimiento, crecimiento o éxito reproductivo de las especies. Tomando en cuenta estos criterios, en esta investigación se evaluaron los niveles de glucosa, triglicéridos, lípidos, proteína total y soluble contenidos en los acociles de la especie *C. (C.) montezumae* sometidos a diferentes condiciones de densidad y cobertura.

Glucosa

Los niveles de glucosa medidos en los acociles, no tuvieron efectos estadísticamente significativos por causa de la densidad. No obstante, la presencia o ausencia de cobertura si influyó de manera significativa ($p < 0.05$). Se encontró que los niveles de glucosa fueron mayores en los organismos mantenidos en ausencia de cobertura, en comparación a los que contaban con ésta, dicha diferencia puede deberse a que al no contar con espacios para refugiarse, las interacciones entre los organismos se incrementan y por tanto las posibilidades de enfrentamientos también, lo que consecuentemente genera condiciones de estrés. El estrés ocasiona un aumento significativo en la demanda energética como resultado de la aceleración en el metabolismo y a las reacciones de alarma que se emiten (Martínez, 2009), entonces por efecto del estrés los organismos emplean los carbohidratos como fuente de energía metabólica (Pascual, 2000). Los crustáceos bajo condiciones de estrés liberan la hormona hiperglicemiante (cHH) que incrementa los niveles de glucosa, como medida compensatoria a la elevada energía que genera el estrés (Astete, 2010; Lorenzon, 2005; Rosas, 2002; Chang, 1999); de hecho se considera que valores elevados de glucosa son una respuesta común ante cambios en el entorno de los organismos, por lo anterior, el contenido de glucosa puede ser considerado un indicador relevante para detectar estrés en los crustáceos (Lorenzon, 2005).

Los resultados obtenidos sugieren que la presencia de refugios minimizó el estrés, pues en cada densidad, la modalidad que presentaba refugios, presentó en promedio niveles inferiores a los encontrados para la misma densidad pero sin refugios. La conjunción de una densidad adecuada con el uso de refugios puede favorecer el crecimiento del acocil *C. (C.) montezumae*, pues el número de encuentros se reduciría, por tanto se generarían también menos condiciones de estrés.

Triglicéridos y lípidos

La reserva de triglicéridos es un parámetro que puede ser asociado a la condición fisiológica del organismo (Pascual, 2000). De acuerdo a la prueba estadística realizada, no se presentaron diferencias significativas sobre los niveles de triglicéridos en el tejido de los organismos ($p>0.05$). De acuerdo a Lavarías (2005) una situación de estrés incrementa la demanda energética; posiblemente a las cantidades de organismos/m² usadas en este estudio, los individuos de *C.(C) montezumae* pueden interactuar sin que estas interacciones llegue a afectarlos de tal manera que sus requerimientos energéticos se modifiquen de manera significativa.

Respecto a la cobertura, se esperaba que los niveles fueran mayores en los tratamientos donde la cobertura estuvo presente, sin embargo no hubo diferencias entre los tratamientos ($p>0.05$). Probablemente la ausencia de refugios no cause un impacto sobre los organismos que pueda a afectar sus reservas de triglicéridos.

Pascual (2000) menciona que los organismos pueden ajustar su metabolismo lipídico para abastecer la demanda energética ocasionada por el estrés. Lavarías y colaboradores (2005) señalan que una situación de estrés incrementa la necesidad energética de los organismos, que es provocada por una situación de estrés causada por los frecuentes encuentros entre los organismos que no se mantuvieron con refugios. Por lo anterior se esperaba que el contenido lipídico del acocil *C. (C.) montezumae* tuviera una relación inversa con la densidad, sin embargo ningún tratamiento generó diferencias significativas entre éstos ($p>0.05$).

Proteína

Las proteínas son las moléculas más abundantes en los crustáceos y sus niveles oscilan entre el 38 y 75%. Las proteínas son nutrientes esenciales para los crustáceos, intervienen en distintos procesos, por lo que las variaciones en los niveles de proteína pueden emplearse como buenos indicadores del estado fisiológico general incluyendo el nutricional y el de salud; son moléculas esenciales para el crecimiento (Rosas *et al.*, 2002).

No se encontraron diferencias en los niveles de proteínas solubles en los tratamientos empleados por efecto de la densidad ni por el factor cobertura ($p > 0.05$). Considerando los niveles de proteína total contenidos en el tejido de los organismos de *C. (C.) montezumae*, estadísticamente no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$); sin embargo sí se generaron diferencias significativas ($p < 0.05$) por la presencia-ausencia de cobertura. Se observa que para la densidad media y baja los valores más altos se obtuvieron cuando los organismos fueron sometidos a tratamientos carentes de cobertura.

Al evaluar la interacción entre el factor cobertura y la densidad, también se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) los valores más elevados de proteínas se presentaron en los tratamientos donde las condiciones de estrés, debido a la densidad o bien la ausencia de cobertura, pudieran ser mayores, es decir, en la densidad más alta en presencia y ausencia de cobertura y en la densidad media sin cobertura; lo cual coincide con los subgrupos formados en los análisis de crecimiento (subgrupo 1) (Cuadros III y V).

Durante situaciones de estrés los crustáceos incrementan la expresión de proteínas de estrés, también conocidas como proteínas de choque térmico (HSPs) (Chang *et al.*, 1999) lo cual sugiere que la presencia de refugios permite minimizar las interacciones entre individuos y por lo tanto reducir el estrés y las implicaciones que éste genera sobre los organismos.

Lo anterior podría indicar que el subgrupo 1 presenta desventajas con respecto a los tratamientos del subgrupo 2 (densidad 1 con y sin cobertura y densidad 2 con cobertura) el cual parece ofrecer los mejores resultados. Es importante destacar que, dentro de este subgrupo los resultados fueron similares entre la densidad media y baja, lo que implica que es posible mantener cultivos de *C. (C.) montezumae* a una mayor densidad (144 organismos/m²) sin que los organismos se vean afectados, obteniendo resultados de crecimiento y estrés semejantes a los conseguidos a una densidad más baja pero con una mayor producción.

Análisis del tejido

Porcentaje de humedad

De acuerdo al análisis estadístico realizado, el porcentaje de agua contenido en el tejido del acocil *C. (C.) montezumae*, se encuentra afectado de manera significativa ($p < 0.05$) por la interacción de los factores densidad y cobertura. El valor más bajo se presentó para la densidad de 208 organismos/m² sin refugios, con 66.8% de agua en el tejido, este valor está por debajo de los obtenidos en los tratamientos restantes, con una diferencia aproximada de 11 ó 12%; las dos modalidades de la densidad baja (64 organismos/m²), y las modalidades con cobertura de la densidad 2 y 3, presentaron valores similares. Aunque la densidad más elevada carente de cobertura presentó los niveles más bajos de humedad en el tejido, este valor tiene un error estándar de 7.9 (11.8 % E.E.) que es mayor al de los tratamientos restantes, lo cual puede sugerir que aunque la media es menor comparada con la de los demás tratamientos, la variación entre las muestras es alta y posiblemente exista un dato anómalo en esta medición que provoqué que la media disminuya (Cuadro XIV).

Materia orgánica, minerales y contenido de energía

Por otra parte, la prueba estadística también arrojó que la cantidad de materia orgánica presente en el tejido es distinta en las tres densidades ($p < 0.05$), se observa una relación proporcional entre los niveles de materia orgánica y la densidad, por lo tanto una relación inversa entre el número de organismos/m² y los niveles de minerales. Lo anterior permite sugerir que al tener una mayor cantidad de materia orgánica, estos organismos tuvieron una biomasa mayor, es decir que conforme la densidad aumenta, la biomasa individual disminuye. No se detectó una relación significativa ($p > 0.05$) entre la cantidad de materia orgánica con la presencia-ausencia de cobertura ni su interacción con la densidad. Respecto al contenido energético de los organismos no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Finalmente al hacer un análisis de todos los parámetros evaluados durante el presente trabajo, es posible identificar que de los 6 tratamientos empleados, algunos parece que ofrecen mayores beneficios en el cultivo del acocil *C. (C.) montezumae*, que si bien en algunos casos los efectos generados por los tratamientos no alcanzan la significancia

estadística, los resultados obtenidos permiten sugerir primeramente que al mantener al acocil *C.(C) montezumae* a una densidad de 144 acociles/m² los individuos alcanzaron las mejores tallas y los niveles de producción más altos, que es el interés principal del cultivo de especies, obtener la mayor producción posible. A esta misma densidad, se presentaron los impactos más bajos respecto a la composición de metabolitos y del tejido.

Por otro lado también es posible identificar que en la mayoría de los parámetros evaluados, la presencia de espacios en los que los individuos puedan refugiarse ofrece un beneficio extra, por lo que combinar adecuadamente la densidad óptima con la presencia de refugios puede incrementar la producción de *C. (C.) montezumae*.

No se encontraron efectos en los índices fisiológicos, probablemente debido a que el tamaño de muestra empleado fue pequeño, sería pertinente repetir este análisis con una muestra mayor con la finalidad de evaluar si verdaderamente la densidad no tiene un impacto sobre el metabolismo de los organismos y si éste existiera conocer entonces, la densidad de cultivo óptima de *C. (C.) montezumae* en la que el gasto energético para estas actividades sea el mínimo, lo que se traduciría en un ahorro de energía que se podría canalizarse hacia el crecimiento de los organismos.

5. CONCLUSIONES

- ◆ La densidad poblacional afecta el crecimiento y producción de acocil *C. (C.) montezumae*, los cuales incrementan si se incluye el uso de refugios; la densidad óptima se encontró a los 144 organismos/m² en presencia de refugios.

- ◆ En la densidad más elevada (208/acociles/m²) se presentaron los valores más altos de mortalidad posiblemente debido a que a esta densidad los niveles de estrés eran mayores. No hubo diferencias en la mortalidad entre la densidad baja y media.

- ◆ Los índices fisiológicos no fueron afectados por la densidad poblacional ni por la presencia de refugios; sin embargo se sugiere repetir estos análisis con una muestra mayor para descartar que estos factores tengan impacto sobre el metabolismo de *C. (C.) montezumae*.

- ◆ La presencia de refugios reduce el impacto del estrés por interacciones entre los organismos, lo que se vio reflejado en la composición bioquímica de los acociles principalmente en los niveles de glucosa y proteína.

- ◆ En el cultivo del acocil *C. (C.) montezumae* se recomienda una densidad óptima de 144 acociles/m², así como el uso de cobertura, como la mejor combinación para una producción óptima.

6. LITERATURA CITADA

- Aguilar, R. 1991. Crecimiento y producción del acocil *Cambarellus montezumae*; Saussure Crustacea, Astacidae, empleando animal alimento vegetal. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias UANM. México, D.F. 68 p.
- Álvarez, F. y R. Rangel, 2007. Estudio poblacional del acocil *Cambarellus (C.) montezumae* (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) en Xochimilco, México. Revista mexicana de Biodiversidad, 78: 431-437.
- Aranda, M. 2004. Zona lacustre “Ejidos de San Gregorio Atlapulco”. Ficha informativa de los humedales de Ramsar (FIR). México. 13p.
- Arredondo, J., A. Vásquez, I. Barriga, C. Carmona and M. Rodríguez. 2010. Effect of Density on Growth and Feeding of the Crayfish *Cambarellus montezumae* (Saussure, 1857). *Journal of Applied Aquaculture*, 22: 66-73.
- Astete, L., C. Garrido y C. Cáceres. 2010. Respuestas fisiológicas de *Neotrypaea uncinata* (Decapoda: Thalassinidea) a la hipoxia y al parasitismo por *Ionella agassizi* (Isopoda: Epicaridea). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45 423-431.
- Barbosa, M. 1998. Aplicación de modelos estadísticos al estudio de crecimiento del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) en condiciones de laboratorio. Tesis Especialidad, Colegio de Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México, 32 p.
- Barki, A., I. Karplus, R. Manor. S. Parnes, E. Aflalo and A. Sagi. 2006. Growth of redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in a three-dimensional compartments system: Does a neighbor matter? *Aquaculture*, 252: 348-355.
- Brafield, E. y D. Salomon. 1972. Oxicalorific coefficients for animals respiring nitrogenous substrates. *Comparative Biochemistry and Physiology* ,43:837-841 p.

- Carmona, C., M. Rodríguez, A. Olvera & P. Gutiérrez. 2004. Effect of density and sex ratio on gonad development and spawning in the crayfish *Procambarus llamasii*. *Aquaculture*, 236: 331-339.
- Cornejo, A. 1991. Selección térmica del acocil *C. montezumae* (Saussure) (Crustacea: Decapoda: Astacidae) y su correlación con algunos índices fisiológicos. Diferencias estacionales. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM, México. 43 p.
- Cortés, H. 2010. Interacción de depredación entre el ajolote (*Ambystoma mexicanum*) t el acocil (*Cambarellus montezumae*) especies nativas de Xochimilco. Tesis de Maestría. Instituto de Biología, UNAM. 56 p.
- Chang, E., S. Chang, R. Keller, P. Reddy, M. Snyder & J. Spees. 1999. Quantification of stress in Lobsters: Crustacean hyperglycemic hormone stress proteins and gene expression. *American Zoologist*, 39:478-495.
- Chapman, W. D. 1978. Production. In: Bagenal, T. (Ed.) *Methods for assessment of fish production in fresh Waters*. 3er.Ed. IBP. No3. Blackwell Sci. Pub. Oxford, 365 p.
- Dahlhoff, E. 2004. Biochemical indicators of stress and metabolism: Applications for Marine Ecological Studies. *Annual Review of Physiology*, 66:183-207.
- De la Rosa, J. B. 2006. La contaminación del lago de Xochimilco por aguas negras y su influencia en la agricultura local. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. 71 p.
- De los Santos, R. y M. Silva. 2008. Crecimiento de *Macrobrachium michoacanus* con relación al tipo de alimento y densidad de cultivo. *Naturaleza y Desarrollo*, 6: 15-25.
- Domingues, P. & J. Alaminos. 2008. Effects of cultura density and shelter on growth and survival of juvenile spider crab *Maja brachydactyla* (Blass, 1922). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43: 121-127.
- El Haj, A., S. Clarke, P. Harrison & E. Chang. 1996. In vivo muscle protein synthesis rates in the American lobster *Homarus americanus* during moult cycle and response to 20-hydroxyecdysone. *The Journal of experimental Biology*, 199: 579-585.

- Flores, G. 2009. Análisis preliminar de algunos factores físico-químicos indicadores de la calidad del agua en Xochimilco. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM. México. 1-83 p.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. I. de Geografía, UNAM. 6:90 .
- García, S. 1977. Biologie et dynamique des populations de crevettes roses, *Penaeus durarum notialis* (Pérez-Farfante, 1967) en Cote d'Ivoire. Trav. Doc. Orstom, 79: 1-271.
- González, E. S. 2006. Evaluación in situ del efecto biológico de metales pesados en el ajolote *Ambystoma mexicanum*. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, México, D. F. 75p.
- González, I. 1990. Aspectos de las relaciones de energía en camarones juveniles de la especie *Penaeus aztecus* Ives de Tamiahua, Ver. En su ambiente natural. Tesis de Licenciatura en Biología, UNAM, México. 57 p.
- Gutiérrez, P. M. Bravo, J. Jordá, A. Baltanás y C. Montes. 1994. Análisis preliminar de la tasa metabólica estándar en el cangrejo rojo, *Procambarus clarkii* (Decápoda: Cambaridae), en el bajo Guadalquivir (S. España). Limnética, 10: 123-128.
- Harán, N., J. Mallo y J. Fenucci. 2004. Efecto de la densidad sobre el crecimiento y el desarrollo del petasma en langostinos juveniles *Pleoticus muelleti* (Decapoda, Penaeoidea) Investigaciones Marinas, Valparaiso, vol 32: 11-18.
- Hobbs, H. H. Jr. 1991. DECAPODA. In: Thorp H. & A. P. Covich (Eds.) Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. Academic Press Inc. USA. 823-874 p.
- Holdich, D. & R. Lowery (Eds). 1988. Freshwater crayfish, biology, management and exploitation. Cromm Helm Press. London. 198 p.
- Kozák, P., J. Kajtman, J. Kouril & T. Policar. 2000. The effect of crayfish density and shelter number on the dily activity of signal crayfish. Freshwater Crayfish, 13:457-462.

- Lavariás, S., M. Dreon, R. Pollero y H. Heras. 2005. Posible utilización de nuevos biomarcadores moleculares en toxicología acuática por hidrocarburos. *Lipids*, 40: 487-494.
- Latournerié, J., Y. Nacif y R. Cárdenas. 2006. Crecimiento, producción y eficiencias de energía de crías de acocil *Cambarellus (C.) monetzumae* (Saussure, 1858) alimentadas con detritus de *Egeria densa*. *Revista electronica de veterinaria*, 7: 1-11.
- Lorenzon, S. 2005. Hyperglycemic stress response in Crustacea. *Invertebrate Survival Journal*, 2: 132-141.
- Lot, A, & A. Novelo, 2004. Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la Ciudad de México y sus alrededores. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. UNAM. 199 p.
- Loyola, S. 2009. Evaluación de cultivo y dietas para juveniles de *Lithodes santolla* (Molina, 1782) (Decapoda, Lithodidae), y obtención de un indicador fisiológico que permita la identificación de individuos con alta tasa de crecimiento, bajo condiciones de laboratorio. Tesis de Ingeniería en Acuicultura. Univ. Aus. Chile. 79 p.
- Martínez, M., L. Martínez & R. Ramos. 2009. Dinámica del crecimiento de peces y crustáceos. *Revista electronica de veterinaria*, 10: 10.
- Mayrand, E., H. Guderley & J. Dutil. 2000. Biochemical indicator of muscle growth in the snow crab *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) *Journal of experimental Marine Biology and Ecology*, 255: 37-49.
- Moctezuma, A. 1996. Bases biológicas y técnicas para el cultivo del acocil *Cambarellus montezumae*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima. México, 85 p.
- Ortiz, J. B. y A. Ruvalcaba. 2005. Evaluación del estado trófico de Xochimilco, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., 106p.

- Oliveira, R., Marçal, A. & P. Manuel. 2008. Effects of density on growth and survival of juvenile Red Swamp Crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard), reared under laboratory conditions. *Aquaculture research*, 39: 277-586.
- Pascual, C. 2000. Caracterización fisiológica e inmunológica de una población de machos adultos del camarón blanco *Litopenaeus setifeurs* (Linneo, 1767): Línea base y efecto del estrés térmico. Tesis maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. 75 p.
- Rangel, R. 2009. Ecología poblacional de *Cambarellus montezumae* en Xochimilco, México, D.F. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 60p.
- Ramos, R., L. Cajuste, D. Flores y N. García. 2001. Metales pesados, sales y sodio en suelos de chinampa en México. *Agrociencia*, 35: 385-395.
- Re, A., F. Díaz, E., Sierra y S. Gómez. 2004. Consumo de oxígeno, excreción de amonio y capacidad osmorreguladora de *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson) expuesto a diferentes combinaciones de temperatura y salinidad. *Ciencias Marinas*, 30: 443-453.
- Reyes, et. Al, 2004. Evolución de las fracciones húmicas de suelos de la zona chinampera de la Ciudad de México, *UA Chapingo*. 22: 289-298 p.
- Rodier, J. 1981. Análisis de las aguas. Ed. Omega. Barcelona, España. 1059 p.
- Rodríguez-Serna y C. Carmona. 2002. Balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea: Astacidae: Cambaride) pérdida de energía en la tasa metabólica. *Universidad y Ciencia*. Vol 18 Núm 36. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, México. 128-134 p.
- Rojas, P. 2005. El pescado blanco. *Revista Digital Universitaria*., 6: 17 p. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.6/num8/art80/art80.htm>.
- Romero, P. L. 1993. Impacto socioambiental en Xochimilco y Lerma, de las obras de abastecimiento de la Ciudad de México. UAM-Xochimilco. 151 p.
- Rosas, C., C. Pascual, N. López, A. Sánchez. 2002. Metabolitos sanguíneos como herramientas para evaluar el estado nutricional de camarones peneidos. En Cruz-

Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. México.

Ulikowski, D., T. Krzywosz, & P. Smietana. 2006. A comparison of survival and growth in juvenile *Astacus leptodactylus* (Esch) and *Pacifastacus leniusculus* (Dana) under controlled conditions. Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture 380-381: 1245-1253.

Valiente, E. 2006. Efecto de las especies introducidas en Xochimilco para la rehabilitación del hábitat del ajolote (*Ambystoma mexicanum*). Tesis del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F- 92 p.

Vidrio, C. M. y Ávila J. G., Delegación Xochimilco En Garza Villarreal G. (coordinador), 2000, la Ciudad de México en el fin del segundo Milenio. Departamento del Distrito Federal, México, 1º ed.

Verhoef, G. & C. Austin. 1999. Combined effects of shelter and density on the growth and survival of juveniles of the Australian freshwater crayfish, *Cherax destructor* Clark, Part 2. Aquaculture, 170: 49-57.

Villa, A. 2010. Aspectos preliminares de la dinámica poblacional del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) de Xochimilco. Tesis de Licenciatura en Biología, UNAM. 63 p.

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

ANEXO 1

Parámetros físico-químicos del canal de Cuemanco obtenidos durante el muestreo obtenidos en el muestro realizado en junio de 2010

Estrato	T °C	O ₂ (mg/L)	pH	P. redox (mV)	Conductividad (μs)
Superficie	24.5	8.1	8.7	399	331
Fondo	23	6	9.2	298	682