



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

FACULTAD DE CIENCIAS

“Efecto de la temperatura en el metabolismo energético y crecimiento,  
de crías de acocil *Cambarellus montezumae* (SAUSSURE)”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I O L O G A

P R E S E N T A

AGUILAR ROMÁN ESTHER

DIRECTOR DE TESIS

DR. JOSÉ ROMÁN LATOURNERIÉ CERVERA



México, 2011.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## DEDICATORIAS.

A mi familia, en especial a mi madre quien siempre me ha apoyado; a mis hermanas Berenice y Thalía, por estar siempre a mi lado, las quiero mucho. Por estar siempre en los momentos más difíciles, por intentar entenderme, por todo lo que me han enseñado y hemos aprendido juntas.

A mi prima Pato y mi Tía Martha por todo su apoyo.

A mi abuela Angelina quien tanto se preocupa de nuestro bienestar.

## GRACIAS A:

Abril, Mariana, Paulina, y Raúl, me siento afortunada de ser su amiga, gracias por todo lo compartido, de la Biología y mucho más...

Araceli, Liliana y Juan por su amistad, por darme ánimos para no desistir y conseguir esta meta.

A Enrique, por la amistad de tanto tiempo y lo que falta!

A los profesores Lauro González Quintero y Alicia Villela, por despertar aún más mi interés en la Biología.

## AGRADECIMIENTOS:

Al Dr. José Román Latournerié Cervera por dirigir y asesorarme en la elaboración de esta tesis, sobre todo por su paciencia.

Al Dr. René Cárdenas Vázquez por su asesoría y el haberme permitido trabajar dentro del Laboratorio de Biología Experimental de la Facultad de Ciencias.

A mis compañeras: Gisela Padilla y Erika Escalante, gracias por toda la ayuda brindada, gracias por tu tiempo, y por darme ánimos para concluir este trabajo.

A la M. en C. Yamel Nacif por el apoyo brindado durante los muestreos realizados.

Y GRACIAS A MI QUERIDA UNIVERSIDAD, A LA FACULTAD DE CIENCIAS QUE APRENDÍ A  
QUERER TANTO ...

## CONTENIDO.

ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. ANTECEDENTES	16
3. HIPÓTESIS.	19
4. OBJETIVOS	19
5. MATERIAL Y MÉTODO	20
5.1    CARACTERIZACION DEL HABITAT Y COLECTA DE LOS ORGANISMOS	20
5.2    DISEÑO EXPERIMENTAL Y ACLIMATACIÓN DE LOS ORGANISMOS EN EL LABORATORIO	21
5.2.1    CALCULO DEL NIVEL DE RACIÓN	22
5.3    CALIDAD DEL AGUA	22
5.4    CRECIMIENTO	23
5.5    SOBREVIVENCIA	23
5.6    TASA INSTANTÁNEA DE CRECIMIENTO	24
5.7    PRODUCCIÓN	24
5.8    ANÁLISIS CALÓRICO DEL TEJIDO	25
5.9    ÍNDICES FISIOLÓGICOS.	25
5.9.1    CONSUMO DE OXÍGENO DE RUTINA ( $QO_2$ )	26
5.9.2    EXCRECION DE NTROGENO AMONICAL ( $QN-NH_4^+$ ,)	27
5.9.3    ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS OBTENIDOS	27
5.10    RELACIÓN O:N	28
5.11    DETERMINACIONES DE LA COMPOSICIÓN DEL TEJIDO	28
5.11.1    TRIGLICÉRIDOS	29
5.11.2    LÍPIDOS	30
5.11.3    GLUCOSA	30
5.11.4    PROTEÍNA	31
6. RESULTADOS	32
6.1    CALIDAD DEL AGUA	32
6.2    CRECIMIENTO Y SOBREVIVENCIA	33
6.3    TASA INSTANTÁNEA DE CRECIMIENTO	36

6.4	<b>PRODUCCIÓN</b>	37
6.5	<b>ANÁLISIS CALÓRICO DEL TEJIDO</b>	38
6.6	<b>ÍNDICES METABÓLICOS</b>	38
6.6.1	CONSUMO DE OXÍGENO	38
6.6.2	EXCRECIÓN DE NITRÓGENO	41
6.7	<b>RELACIÓN O:N</b>	44
6.8	<b>DETERMINACIONES DE LA COMPOSICIÓN DEL TEJIDO</b>	45
	TRIGLICÉRIDOS, LÍPIDOS, GLUCOSA Y PROTEÍNA	45
7.	<b>DISCUSIONES</b>	47
7.1	<b>CALIDAD DEL AGUA</b>	47
7.2	<b>CRECIMIENTO</b>	48
7.3	<b>SOBREVIVENCIA</b>	52
7.4	<b>TASA INSTANTÁNEA DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN</b>	53
7.5	<b>ANÁLISIS CALÓRICO DEL TEJIDO</b>	53
7.6	<b>ÍNDICES FISIOLÓGICOS</b>	55
7.6.1	CONSUMO DE OXÍGENO DE RUTINA ( $QO_2$ )	56
7.6.2	EXCRECIÓN DE NITRÓGENO AMONIACAL ( $QN-NH_4^+$ )	59
7.7	<b>Relación O:N</b>	60
7.8	<b>DETERMINACIONES DE LA COMPOSICIÓN DEL TEJIDO</b>	61
	TRIGLICÉRIDOS, LÍPIDOS, GLUCOSA Y PROTEÍNA	
8.	<b>CONCLUSIONES</b>	67
	<b>LITERATURA CITADA</b>	68
	<b>ANEXOS</b>	
A.	PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL LAGO DE XOCHIMILCO DURANTE EL MUESTREO PARA LA CAPTURA DE LOS ORGANISMOS	82
B.	SOLUCIONES Y DIAGRAMAS DE FLUJO CORRESPONDIENTES A LAS DETERMINACIONES DE LA COMPOSICIÓN DEL TEJIDO	83
C.	CALIDAD DEL AGUA DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES	87

Tablas	ÍNDICE DE TABLAS	Página
I	Parámetros fisicoquímicos registrados durante 60 días de cada uno de los tratamientos experimentales 20°,25° y 30° C	32
II	Efecto de la temperatura en los índices morfométricos: PH, LT y LCT de organismos mantenidos a diferentes temperaturas (20°,25° y 30° C) durante 60 días	33
III	Resultados de la significatividad del efecto de la temperatura en los índices morfométricos: PH, LT y LCT de organismos mantenidos a diferentes temperaturas (20°,25° y 30° C) durante 60 días	34
IV	Valores de TIC durante 60 días para los organismos a diferentes temperaturas	36
V	Producción (formación de tejido corporal mg) de los organismos mantenidos a 20°, 25° y 30° C durante 60 días	37
VI	Análisis calórico del tejido y del porcentaje de agua corporal	38
VII	Consumo de oxígeno promedio para un organismo tipo de los tratamientos experimentales ( $\bar{X} \pm E.S$ ), así como los valores de $QO_2$	39
VIII	Valores promedio de excreción nitrogenada y $Q_{EX}$ para un organismo tipo de los tratamientos experimentales con su respectivo error estándar	43
IX	Valores de los porcentajes promedio de los análisis de la composición del tejido realizados, calculados respecto al peso seco de los organismos	45
X	Valores de las medias con su respectivo error estándar ( $\bar{X} \pm E.S$ ) de los análisis de la composición del tejido de <i>Cambarellus (C.) montezumae</i> realizados, calculados respecto al peso seco	46
XI	Resultados del análisis estadístico en la composición biológica del tejido de <u>C.</u> ( <i>C. montezumae</i> ) a tres diferentes temperaturas	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURAS</b>		<b>Página</b>
<b>1</b>	Diagramas de caja y de medias marginales del efecto de la temperatura (20°, 25° y 30° C ) sobre diferentes índices morfométricos (PH, LT y LCT)	<b>35</b>
<b>2</b>	TIC calculada para los organismos mantenidos a 20°, 25° y 30° C durante 60 días	<b>37</b>
<b>3</b>	Diagramas de caja donde se muestra el Consumo de O <sub>2</sub> en un ciclo de 12 h) (mg O <sub>2</sub> /g PS x h <sup>-1</sup> ), en diferentes tiempos, así como las medias marginales de dichos valores para los organismos mantenidos a 20°, 25° y 30° C	<b>40</b>
<b>4</b>	Diagramas de caja donde se muestra el Consumo de Oxígeno promedio durante 12hrs. (mg O <sub>2</sub> /g PS x h <sup>-1</sup> ), así como las medias marginales de dichos valores para los organismos mantenidos a 20°, 25° y 30° C	<b>40</b>
<b>5</b>	Diagrama correspondiente al análisis de regresión lineal QO <sub>2</sub> - PH a para organismos mantenidos a 20°, 25° y 30° C, respectivamente	<b>42</b>
<b>6</b>	Diagramas de caja donde se muestran los valores de excreción nitrogenada en un ciclo de 12 h T <sub>1</sub> -T <sub>2</sub> (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /g PS x h <sup>-1</sup> ), así como las medias marginales de dichos valores para los organismos mantenidos a 20°, 25° y 30° C	<b>44</b>

## RESUMEN.

Se evaluó la influencia del factor temperatura (20°, 25° y 30° C) en crías de acocil *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* (SAUSSURE, 1858): PH. ( $\bar{X} = 0.071 \pm 0.01$  g), LCT. ( $\bar{X} = 6.76 \pm 0.03$  mm), LT. ( $\bar{X} = 14.4 \pm 0.5$  mm) considerando la supervivencia, el Crecimiento total, la tasa de crecimiento Instantáneo (TIC) y de producción (P) según Chapman (1978). Los organismos se alimentaron con una dieta comercial 40% de proteína, durante 60 días. Se consideraron los índices morfométricos de peso húmedo (PH.), longitud cefalotorácica (LCT) y longitud total (LT) los cuales fueron medidos cada 15 días. Se registró una supervivencia del 90, 70 y 70% para las temperaturas de 20°, 25° y 30°C, respectivamente.

El análisis de crecimiento total mostró diferencias significativas para la interacción de los factores Tiempo -Temperatura ( $P < 0.05$ ), siendo las medias finales PH. ( $\bar{X} = 0.17 \pm 0.01, 0.27 \pm 0.03, 0.21 \pm 0.02$  g), LCT ( $\bar{X} = 8.6 \pm 0.35, 11.67 \pm 0.48, 9.5 \pm 0.34$  g), LT ( $\bar{X} = 18 \pm 0.75, 22 \pm 0.97, 20 \pm 0.68$ ), para 20°, 25° y 30° C respectivamente.

La TIC promedio, fue mayor para los organismos mantenidos a temperatura de 25° (5.6 mg/día) respecto a los tratamientos de 20° y 30° C (2.4 y 3.8 mg/ día), así como la Producción ( $\bar{X} = 0.16 \pm 0.10; 0.32 \pm 0.22; 0.24 \pm 0.12$  g de PH) para 20°, 25° y 30° C respectivamente. Se analizó el efecto de la temperatura sobre los índices metabólicos de consumo de Oxígeno  $QO_2$  y de excreción nitrogenada  $Q-NH_4$ , obteniendo los valores de  $QO_2$  menores a 25° C, y los mayores de  $Q-NH_4$  a esta misma temperatura.

Se realizó el análisis de la composición del tejido: proteína (método químico proximal: N-total), lípidos, triglicéridos y glucosa, los valores de estos indicadores no presentaron una correlación directa con la temperatura. Sin embargo, el valor obtenido de proteína por el análisis químico proximal, fue más alto en los organismos mantenidos a 25° C.

Considerando los resultados antes mencionados se puede considerar que el rango de temperatura recomendado para obtener un rápido crecimiento y mayor producción de las crías de acocil es de 20° a 25° C.

## 1. INTRODUCCIÓN

La pesca y la acuicultura forman parte esencial del quehacer económico y social del país. Sin embargo, los estudios realizados por el Instituto Nacional de la Pesca muestran que del total de las pesquerías evaluadas, un 27% se encuentra en deterioro, un 53% en un máximo aprovechamiento y, solamente, un 20% tiene posibilidades de aumento de la producción, (Montero, 2005).

La acuicultura, es posiblemente el sector de producción de alimentos de crecimiento más acelerado, aportando casi el 50% de los productos pesqueros mundiales destinados a la alimentación, lo cual representa una alternativa real para ampliar la oferta alimentaria, contribuyendo a la generación de divisas y creación de fuentes permanentes de empleo, estimulando como consecuencia el desarrollo regional.

De acuerdo a las proyecciones a nivel internacional, la acuicultura podría representar en nuestro país más de 40% de la producción pesquera total en un plazo de entre 10 y 15 años. Para fortalecer y consolidar esta actividad, se requiere de promover la diversificación y tecnificación de la misma, orientándola a incrementar su eficiencia productiva; reducir los posibles impactos ambientales; ampliar las líneas de producción e incrementar la rentabilidad económica y social. Para lograr esto es necesario llevar a cabo investigaciones que nos permitan manejar o modificar diferentes factores, nutricionales, ambientales y y/o genéticos sobre los cultivos de interés (Montero, 2005).

Desde la época prehispánica, el acocil *Cambarellus (C.) montezumae* (SAUSSURE, 1858), ha sido fuente de alimento de diversas culturas asentadas principalmente en el Valle de México (Villalobos, 1993). Sin embargo, en la actualidad su consumo ha disminuido debido a que las poblaciones de esta especie han sido diezgadas, a la par que el deterioro de su hábitat. No obstante, el acocil podría representar una importante fuente de alimentación que en primera instancia no necesitaría de una gran inversión para su cultivo, ya que los organismos pueden

crecer en un amplio rango de temperaturas y sus requerimientos nutricionales pueden ser cubiertos con alimento de bajo costo (Aguilar, 1991).

A pesar de que *Cambarellus (C.) montezumae* es una especie con gran potencial como fuente de alimento siguen siendo pocos los trabajos encaminados al desarrollo de su cultivo; es por esto que resulta importante realizar estudios que contribuyan a la potencialización de su explotación, principalmente a través del aumento de la supervivencia y crecimiento de la especie (Moctezuma, 1996).

### 1.1 ASPECTOS BIOLÓGICOS Y ECOLÓGICOS DE LA ESPECIE.

*Acocil: proviene del náhuatl Acocilin: a (tl) agua: cocil, que connota la idea de “camarón pequeño” (Villalobos, 1955).*

Los acociles son crustáceos decápodos dulceacuícolas de hábitos nocturnos y que han logrado adaptarse a una gran variedad de ambientes. Se encuentran ampliamente distribuidos en ambos hemisferios lo cual nos indica las diferentes adaptaciones fisiológicas, ecológicas y conductuales de las especies (Castañón, 1996; Hobbs, 1991).

En México, los acociles, pertenecientes a la familia Cambaridae están ampliamente representados por varias especies entre las que se encuentra *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857); la cual es endémica de la meseta central de México (Villalobos, 1955). Esta especie ha sido reportada en cuerpos de agua lacustre de la Cuenca del Valle de México, y se localiza también en los Estados de Querétaro, Tlaxcala, Puebla y el Río Lerma, hasta alcanzar el lago de Chapala en Jalisco (Villalobos-Hiriart, et al., 1993). En estas regiones ocupa ríos, lagos, presas, bordos y canales, asociados a vegetación riparia (Hobbs, 1991; Álvarez y Rangel, 2007).

Dichos organismos son omnívoros, y pueden vivir hasta cinco metros de profundidad, aunque es más frecuente encontrarlos entre 0.3 y 2.5 m en lugares ricos en calcio, roca, grava y en aguas turbias de corrientes bajas; (Castañón, 1996). La importancia ecológica de los acociles radica, en que estos pueden modificar las cadenas tróficas al cambiar su tipo de alimentación

(Nyström et al., 1996; Dorn, 2004), ser depredadores o presas de diversos organismos de acuerdo a las diferentes etapas de su desarrollo (Cortés, 2010).

Diversos estudios de sus hábitos alimenticios presentan a los acociles como organismos politróficos, siendo al mismo tiempo, omnívoros, depredadores oportunistas y detritívoros. Se ha observado que su tipo de alimentación presenta variaciones con respecto a la edad, estación del año y estado fisiológico (García, 2010). Por lo tanto, los acociles tienen un papel importante en el procesamiento de la materia orgánica de plantas y animales muertos para su intercambio o transformación de energía (Hobbs, 1991).

#### Ubicación Taxonómica

<b>Reino</b>	Animalia
<b>Phylum</b>	Arthropoda (Latreille 1829)
<b>Subphylum</b>	Crustácea (Brúnnich 1772)
<b>Clase</b>	Malacostraca (Latreille 1802)
<b>Orden</b>	Decápoda (Latreille 1802)
<b>Suborden</b>	Astacidea (Latreille, 1803)
<b>Superfamilia</b>	Astacoidea (De Haan, 1841)
<b>Familia</b>	Cambaridae
<b>Género</b>	Cambarellus (Ortmann, 1905)
<b>Especie</b>	Cambarellus (Cambarellus) montezumae (Saussure, 1857)

#### Características morfológicas y de reproducción.

Los acociles están cubiertos por un exoesqueleto duro y flexible, el cual al crecer cambian periódicamente, este proceso se conoce como muda. Su cuerpo se divide en dos tagmas, una que corresponde a cefalotórax y otra al abdomen. La primera comprende cinco somitas cefálicas y ocho torácicas. El surco cervical transversal marca la división entre el cefalón y el tórax.

A diferencia de los camarones peneidos, el acocil no puede nadar, su locomoción es mediante el uso de sus dos pares de patas caminadoras, además puede realizar rápidos

movimientos espasmódicos hacia atrás a gran velocidad. Los otros dos pares de patas son queladas y las usan para la defensa y ataque , así como para la manipulación de alimento (Holdich, 2002).

Cada una de las somitas abdominales (2 a 5) en la hembra se presentan un par de pleópodos, los cuales se encuentran modificados en los machos (primer y segundo pleópodo) para propósitos de la cópula y son conocidos como gonópodos. El primer par de pleópodos puede tener dos formas diferentes: la forma F I reproductiva, que se caracteriza por presentar la punta de la cornea más quitinizada y la forma F II no reproductiva (Villalobos, 1955).

El abdomen termina en un telson aplanado que está dividido por un surco transversal y en la parte dorsal se ubica el ano. Los apéndices de los seis segmentos abdominales y los urópodos birrameos junto con el telson forman el abanico terminal, el cual es amplio en superficie y sirve de ayuda para realizar movimientos ágiles (Holdich & Reeve, 1988)

En general las hembras son de mayor tamaño y tienen el abdomen más ancho y más corto que los machos. Al comparar la longitud entre el caparazón y el abdomen, se aprecia que en los machos que el largo del caparazón llega hasta el sexto somita abdominal y en las hembras hasta muy cerca de la articulación distal de la primera porción del telson. En la hembra la abertura del oviducto se encuentra en la base del segundo par de pereiópodos, mientras que en el macho, el primero y segundo par de pereiópodos están adaptados para actuar como canales en la transferencia de esperma a la hembra (Villalobos 1955).

La reproducción se efectúa durante todo el año. Su desarrollo es directo y todos los estadios embrionarios se realizan durante la incubación del huevo. Los huevos se desarrollan durante un período de entre 35 a 40 días, éstos se encuentran adheridos a los cuatro pares de pleópodos en la parte abdominal del cuerpo de la hembra (Rosas, 1976).

## **1.2 La temperatura como factor controlador.**

Como se mencionó con anterioridad, la investigación de los requerimientos básicos de cualquier especie es el primer paso en el desarrollo de la tecnología para su cultivo. Existen un

gran número de factores físicos, químicos y biológicos que tienen influencia en el crecimiento de los seres vivos; entre estos la temperatura es uno de los principales agentes que tienen una consecuencia directa en la tasa metabólica de los organismos, sobre todo de los organismos acuáticos poiquiloterms, ya que su temperatura corporal depende de forma importante de la temperatura del agua; repercutiendo por lo tanto de manera directa en el crecimiento, sobrevivencia, rendimiento, factor de conversión alimenticia, entre otros factores, (Jobling, 1994; Hernández, 2008).

La temperatura como uno de los factores externos más importantes para el desarrollo y supervivencia de todas las especies, limita su distribución y rige sus índices de actividad (Prosser, 1991). Influye de manera determinante en los procesos vitales de los organismos. Sin embargo, estos son capaces de soportar en mayor o menor medida los cambios de temperatura a través de la aclimatación térmica; este proceso implica cambios compensatorios que se producen durante la vida del animal (Claussen, 1979).

Las respuestas adaptativas que permiten la actividad normal de un organismo en un intervalo térmico ambiental solo ocurren dentro de ciertos límites; dentro de los cuales los organismos son capaces de aclimatarse (en el laboratorio) o aclimatizarse (en su hábitat natural) mediante mecanismos de compensación térmica, que involucran procesos de tipo bioquímico, neuroendócrino y de comportamiento (Kerambrun, 1988; Hochachka & Somero, 2002). Algunos estudios acerca del comportamiento térmico de los crustáceos, en cuanto a la preferencia térmica, evitación y los efectos de la temperatura en la actividad motora, indican que la termo sensibilidad de éstos, puede estar en un rango de 0.2° a 2° C según la especie (Lagerspetz, 2006).

La temperatura además interviene en los procesos fisiológicos como factor controlador y directriz, modificando las funciones nerviosas, el metabolismo respiratorio y la captación de nutrientes (Vernberg, 1981). Ya que los procesos fisiológicos tienen un rango de temperatura óptimo, en el cual el organismo se desarrolla favorablemente con un gasto mínimo de energía (Schmidt-Nielsen, 1994). Es de gran importancia determinar a través de diferentes diseños experimentales cuál es la temperatura más adecuada para que estos procesos se lleven a cabo.

Los requerimientos energéticos para el mantenimiento metabólico y actividades de rutina en los organismos, son los primeros en ser cubiertos antes de destinar energía disponible para el desarrollo (Díaz, 1992). La energía ingerida que no es pérdida como productos fecales y de excreción, o utilizada en el metabolismo, estará disponible para el crecimiento; este puede tomar la forma de crecimiento somático y/o reproductivo (Jobling, 1994).

En estudios con peces, el crecimiento ha sido registrado usualmente en términos de peso ganado, y a menudo se ha asumido que el incremento en el peso corporal es sinónimo de un incremento en el contenido de energía. En otras palabras, se ha considerado que la composición del tejido es constante y que los cambios en el peso reflejan con precisión cambios en la energía corporal (Jobling, 1994).

Sin embargo, es importante mencionar que la composición corporal no es constante, y la proporción relativa de proteínas, lípidos, carbohidratos y agua, que constituyen un aumento en el peso, pueden variar debido a diferentes condiciones externas, tal como la temperatura y el alimento e internas como el estado de salud, la etapa del desarrollo, etc. (Jobling, 1994; Guillaume 2004).

Se ha observado que existen efectos directos de la variación de la temperatura en el medio interno de los organismos, lo que generalmente se traduce en términos de cambio de estructura y eficiencia de las enzimas, ya que la actividad metabólica de los organismos está regulada por su intermediación, lo que se traduce en mayor o menor velocidad de las reacciones coordinadas por éstas, repercutiendo en el crecimiento a mediano y largo plazo (Prosser, 1991). La activación de las enzimas por la temperatura, también ha sido correlacionada con el estilo de vida. Se ha observado que las enzimas de los invertebrados submareales son más sensibles a la temperatura que las enzimas de las especies intermareales (Prosser, 1991).

Una herramienta para evaluar la influencia de diversos factores ambientales sobre el crecimiento de los organismos es la bioenergética. Esta disciplina se aboca al estudio de la transformación y flujo de energía desde el medio hasta un organismo vivo (Lucas, 1996). El balance de energía ha sido usado en la investigación pesquera y acuícola para diversos

propósitos; comúnmente se han aplicado estudios bioenergéticos para la estimación del crecimiento, la producción, así como la estimación de las tasas de consumo de alimento, siendo además ideal para evaluar la influencia de los factores ambientales sobre el crecimiento (Jobling, 1994), ya que sus efectos pueden ser medidos en términos de la distribución del flujo de la energía (Díaz Herrera, *et al.*, 1992).

El balance de energía permite conocer como se distribuye y como es utilizada la energía por los organismos para cubrir sus requerimientos. En términos simples, la ecuación del balance de energía infiere el crecimiento a partir de la energía disponible de la energía ingerida en el alimento, tomando en cuenta las pérdidas metabólicas y las pérdidas en algunos otros procesos como la excreción (Jobling, 1994; Rosas, 2003).

Los índices que integran la ecuación del balance de energía son:

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

Donde: (C) es la energía ingerida en el alimento, (P) es la energía destinada al crecimiento (incremento en peso-talla y/o contenido de energía), reparación de tejidos, etc.; (R) la energía destinada a la respiración, (F) la energía ingerida que se pierde como heces, y (U) la tasa de excreción nitrogenada (Jobling, 1994; Phillipson, 1975).

A través de la estimación de algunos de los componentes de dicha ecuación se puede evaluar cómo afecta la temperatura, o algún otro factor, el balance de energía principalmente a través de la estimación del consumo de oxígeno ( $QO_2$ ) y la excreción nitrogenada ( $QNH_4$ ).

Dado que la temperatura está interviniendo de manera substancial en el metabolismo energético, como consecuencia de su influencia aceleradora en las reacciones enzimáticas, este efecto se verá reflejado tanto en la tasa de consumo de oxígeno ( $QO_2$ ), como en la excreción de amonio ( $NH_4^+$ ) influyendo además en los requerimientos energéticos de actividades como la ingestión, regulación del medio interno, crecimiento y reproducción (Beamish, 1964; Regnault, 1987; Guillaume 2004).

El consumo de oxígeno ha sido usado como un indicador del estado fisiológico de diversos organismos acuáticos, ya que a través de su determinación se puede conocer la cantidad de energía disponible para la realización de trabajo biológico (Hill y Wyse, 2006). También se ha utilizado para evaluar el metabolismo activo, de rutina y post-alimentario a fin de conocer los destinos y los costos de la energía ingerida a través del alimento cuando los organismos se exponen a diferentes condiciones ambientales (Guillaume, 2004; Hill y Wyse, 2006; Jobling, 1994; Villarreal y Rivera, 1993; Rosas, *et al.*, 2001).

## **2. ANTECEDENTES.**

Existe una gran diversidad de estudios a nivel mundial encaminados a obtener un mejor crecimiento y sobrevivencia de los crustáceos, debido a que estos son una fuente potencial de alimento; en dichas investigaciones se ha puesto especial atención en los acociles que pertenecen a tres familias: Cambaridae, Astacidae y Parastacidae. Las dos primeras en su distribución natural, restringidas al Hemisferio Norte y la última al Hemisferio Sur (Ponce, *et al.*, 1999).

No obstante, en México el acocil *Cambarellus (C.) montezumae*, no ha sido explotado a gran escala como un recurso alimenticio a pesar de que se han realizado algunos esfuerzos para desarrollar su cultivo a mediana y pequeña escala. Estos estudios se han llevado a cabo por instituciones de investigación como la UNAM-Facultad de Ciencias, UAM Xochimilco, y más recientemente la FES- Iztacala.

Son diversas las investigaciones que se han realizado acerca del acocil *Cambarellus (C.) montezumae*, incluyendo su biología, aspectos filológicos, requerimientos nutricionales, crecimiento, sobrevivencia, producción y diversos aspectos ecológicos entre otros; la mayoría de estas encaminadas al desarrollo del cultivo de esta especie.

Villalobos (1955); realizó el primer estudio de *Cambarellus (C.) montezumae*, el cual tiene un carácter taxonómico, en el cuál realiza una descripción de la especie.

Respecto a su biología se han realizado estudios correspondientes al desarrollo embrionario de este organismo (Cantú, 1959); así como ensayos de incubación artificial de los huevos de *Cambarellus (C.) montezumae* (Civera y Cruz, 1982; Santiago, 2001)

En cuanto a la investigación acerca de las diferentes dietas que podrían ofrecer resultados más favorables para el crecimiento de *Cambarellus (C.) montezumae* en un periodo de tiempo más corto, se han evaluado los resultados obtenidos al ofrecer un alimento vegetal, que por lo general se encuentra en el hábitat de dicho organismo (Aguilar, 1991), y algunos alimentos formulados comerciales y/o la combinación de estos (García, 1991, Moctezuma, 1996). Ya que este organismo es omnívoro y con una alimentación variada, las posibilidades de formular un alimento de bajo costo son amplias.

Así mismo se ha evaluado el balance energético de *Cambarellus (C.) montezumae* probando diferentes dietas y niveles de ración a diferentes temperaturas (Rodríguez-Serna y Osalde, 2002); o bien la estimación de este en diferentes épocas del año (García, 2010)

Por otro lado se han realizado estudios experimentales para evaluar el crecimiento del acocil a diferentes densidades, (Palacios, 2003; Vásquez, 2009). Así como investigaciones que abordan diferentes aspectos ecológicos de la especie, las condiciones de la población (Álvarez y Rangel; 2007) y algunas de las relaciones intraespecíficas del acocil con organismos como la carpa (Hinojosa, 2001), y el ajolote *Ambystoma mexicanum* (Cortés, 2010).

Otras investigaciones han estudiado las cantidades de los metales pesados en estos organismos provenientes de diferentes fuentes contaminantes (Gayosso, 2009); así como su posible cultivo en ambientes anóxicos, como es el caso de los sedimentos presentes en los canales de Xochimilco (Sánchez, 2008).

Dado que, la temperatura tiene un efecto determinante en el crecimiento de los organismos poiquiloterms, entre los que se encuentran los crustáceos, su efecto ha sido estudiado en diferentes especies; ya sea para determinar la preferencia térmica y/o las temperaturas de

evitación, (Crawshaw, 1974; Díaz, *et al.*, 2003; Díaz, *et al.*, 2004; Espina, 1992; Hernández, 1994; Hernández, *et al.*, 2003; Taylor, 1990) para determinar los efectos de la aclimatación en la selección térmica (Claussen, 1979; Crawshaw, 1983; Farkas, 1974; Lenwood, 1978), así como sus implicaciones a nivel fisiológico (Armitage, 1982; Fisher y Florey, 1981; Stephens, 1985) y en el comportamiento termoregulatorio (Bücker, 1994; Díaz, 2002; Lowe, 2010; Payette, 2003).

Recientemente, algunos estudios además han evaluado el efecto de la temperatura en el crecimiento y sobrevivencia de diferentes especies de crustáceos (Hernández, 2008; Amador, 2001), probando algunas dietas y/o evaluado el crecimiento bajo un régimen constante (Miguel Gómez, 1991) y fluctuante de temperatura (Rasmussen, 1995; Díaz, *et al.*, 2006), así como dietas de composición animal-vegetal en distintas proporciones bajo diferentes temperaturas (Aguilar, 1991; Re Araujo y Bücker, 1985, Díaz, *et al.*, 2006).

A pesar de que se han realizado algunas investigaciones respecto al efecto del factor temperatura en el crecimiento de *Cambarellus (C.) montezumae*, son aún pocos los estudios con que se cuenta. Por un lado se ha evaluado la respuesta al estrés térmico del acocil utilizando diferentes métodos como son el de Temperatura Crítica Máxima (TCM) y la Temperatura letal (TL<sub>50</sub>), con la finalidad de evaluar las diferentes respuestas conductuales de *Cambarellus (C.) montezumae* en diferentes épocas del año.

Por otro lado, se han realizado experimentos para conocer la preferencia térmica del acocil *Cambarellus (C.) montezumae*, en relación al sexo, estacionalidad (verano e invierno) y el estado de desarrollo (juvenil, subadulto y adulto) (Cornejo, 1991); estos estudios señalan que existen diferencias significativas en la selección de temperatura para los tres estadios de desarrollo durante el día y la noche, así como diferencias intersexuales en organismos juveniles. Para el verano el intervalo de selección es de de 19° a 31° C, para los tres estadios de desarrollo.

Para el invierno se han observado algunas tendencias en los juveniles 18° ± 1° C, subadultos 24° ± 1° C y adultos 26° ± 1° C. Cornejo (1991) refiere que *Cambarellus (C.) montezumae* tiene un amplio rango de selección de temperatura, ya que estos organismos solo muestran esquivamiento de temperaturas extremas 10° a 35° C.

### 3. HIPÓTESIS

La temperatura tiene efectos considerables sobre diversos procesos fisiológicos que afectan el crecimiento y la sobrevivencia de los organismos. Dentro de unos determinados límites, un aumento de temperatura acelera la mayor parte de los procesos fisiológicos, tal como la tasa metabólica que puede ser medida en términos de consumo de oxígeno ( $QO_2$ ) y excreción de nitrógeno ( $QNH_4$ ); dichas adecuaciones fisiológicas permitirán a los organismos optimizar su metabolismo y canalizar en un periodo de tiempo más corto una mayor cantidad de energía al crecimiento.

A largo plazo el efecto de un aumento en la temperatura también puede modificar la composición del tejido de un organismo dado, debido a los cambios bioquímicos y biofísicos producidos por esta.

Una evaluación de la respuesta de los organismos a diferentes condiciones de temperatura por lo tanto, permitirá evaluar y optimizar el desempeño de los organismos medidos en términos de crecimiento, índices fisiológicos y composición del tejido en aras de aportar conocimiento para la tecnificación del cultivo de *Cambarellus (C.) montezumae*.

### 4. OBJETIVOS.

- Evaluar el efecto de la temperatura sobre el crecimiento, sobrevivencia y producción en crías de acocil de *Cambarellus (C.) montezumae*.
- Analizar el efecto de la temperatura en los índices fisiológicos: consumo de oxígeno ( $QO_2$ ) y excreción nitrogenada ( $VN-NH_4$ ).
- Analizar el efecto de la temperatura en el contenido calórico del tejido, así como en su composición bioquímica (Proteína, Lípidos, Triglicéridos, Glucosa).

## 5. MATERIAL Y MÉTODO.

### 5.1 CARACTERIZACION DEL HABITAT Y COLECTA DE LOS ORGANISMOS.

Los organismos utilizados en este estudio, fueron colectados durante el mes de Octubre del año 2009, en las localidades de “Canal de Cuemanco” y “Canal del Bordo” dentro de la zona lacustre de Xochimilco, ubicada dentro del Área Natural Protegida de la delegación Xochimilco; al sur de la ciudad de México. Dicha ANP se localiza entre las coordenadas: al norte 19° 19' 11" y 19° 19' 15" de latitud norte; y 99° 00' 58" y 99° 07' 08" de longitud Oeste.

Es importante mencionar que en diferentes estudios realizados donde se han monitoreado anualmente diversos factores fisicoquímicos del agua señalan que, la temperatura anual del agua de los canales antes mencionados, varía entre los 17° a los 22° C. El pH se encuentra en promedio el rededor de  $8.5 \pm 0.5$ , y la concentración de oxígeno promedio varía según el estrato de 9 a 4.5 (mg/l) (estratos de superficie y fondo) (Flores, 2009; García, 2010; Álvarez y Rangel, 2009).

La colecta de los organismos se realizó con una red de cuchara triangular de 1mm de luz de malla, se realizó el registro de los parámetros fisicoquímicos: temperatura ( $T^{\circ} C$ ), potencial de hidrogeno (pH), la concentración de oxígeno ( $O_2$ ), y el potencial redox (mV) de los estratos superficie y fondo (**Anexo A**).

Los organismos fueron transportados en cubetas de 40 l con agua de la localidad de colecta, a la zona de acuarios pertenecientes al laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ciencias de la UNAM, posteriormente fueron colocados en peceras de 40 L con aireadores de flujo constante.

## 5.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ACLIMATACIÓN DE LOS ORGANISMOS EN EL LABORATORIO.

Con el objetivo de aminorar el estrés por la manipulación, la biometría de los especímenes se realizó dos días después de la colecta. De los 128 organismos colectados 98 eran hembras y 30 machos. Se registró el Sexo, peso húmedo (PH), longitud cefalotorácica (LCT) y longitud total (LT).

De los organismos colectados se separaron 60 crías (hembras y machos) las cuales tenían en promedio los siguientes índices morfométricos: peso húmedo (PH) ( $\bar{X} = 0.07 \pm 0.01$  g), LCT ( $\bar{X} = 6.76 \pm 0.3$  mm), LT ( $\bar{X} = 14.4 \pm 0.5$  mm). de estos se separaron de manera aleatoria tres grupos de 20 organismos, los cuales se emplearon en tres tratamientos para determinar el efecto de la temperatura en el crecimiento, índices fisiológicos y en la composición del tejido; las temperaturas probadas fueron: 20°, 25° y 30 ° C. Estas temperaturas se seleccionaron tomando en cuenta los resultados reportados por Cornejo (1991), ya que la autora reporta un intervalo de selección para *Cambarellus(C.) montezumae* que va de los 19° a los 31° C para juveniles, adultos y subadultos.

Los organismos incluidos en cada tratamiento fueron colocados en acuarios de 40 l, a cada uno de los cuales se les colocaron 20 refugios que consistían en tubos de PVC de 5cm de diámetro, distribuidores de oxígeno y gravilla previamente lavada con agua. Posteriormente los organismos fueron aclimatados hasta llevarlos a la temperatura correspondiente de cada tratamiento experimental utilizando calentadores SUNNY de 300 watts. Cada día se incrementó la temperatura del agua 2° C (la temperatura inicial fue de 18° C). En esta fase se alimentó a los organismos *ad libitum* con alimento comercial Camaronina con un 40% proteína.

Una vez alcanzada la temperatura correspondiente de cada tratamiento, se realizó la primera biometría de los organismos. Con los datos obtenidos se realizó un Análisis de Varianza para conocer si existían diferencias entre los índices morfométricos de los organismos correspondientes a cada tratamiento, ya que el diseño experimental debía cumplir con

### 5.2.1 CALCULO DEL NIVEL DE RACIÓN.

En paralelo a la aclimatación de los acociles, se realizó un experimento para determinar el nivel de ración más adecuado para los organismos de cada uno de los tratamientos, ya que el consumo de alimento se verá afectado por la temperatura, lo cual podría afectar la calidad del agua de los acuarios donde se mantiene a los organismos.

Se montaron tres acuarios, a 20°, 25° y 30° C; cada uno con dos organismos previamente aclimatados. Se alimentó a los organismos diariamente con Camaronina PURINA 40% de proteína, a un nivel de ración de 4% y 7 % peso húmedo x ejemplar por día (PH/ej/día), para cada temperatura.

Diariamente se observó si existían remanentes de alimento en los acuarios correspondientes a los diferentes niveles de ración ofrecidos para cada uno de los tratamientos. De acuerdo a las observaciones, se determinó que el nivel de ración más adecuado para las temperaturas de 25° y 30° C era de 7%(PH/ej/día), ya que no se observaron remanentes de alimento considerables. Sin embargo, para los organismos de 20° el nivel de ración elegido fue de 4 %, ya que con el nivel de 7% (PH/ej/día) se observó gran parte de remanentes de alimento, lo que podría provocar alteraciones en la calidad del agua.

Una vez determinado el nivel de ración, y aclimatados los organismos a las tres temperaturas, se alimentaron a un nivel de ración de 4% (20° C) y 7% PH/ej/ día (25° y 30° C) con Camaronina 40% proteína durante 30 días, después de este tiempo se ajustó el nivel de ración ofrecidos a los organismos de los tres tratamientos a 7% PH/ej./ día, ya que no se observaban remanentes de alimento para los organismos mantenidos a 20° C después de este periodo de la fase experimental.

### 5.3 ANALISIS DE CALIDAD DEL AGUA.

Se registraron los parámetros fisicoquímicos: temperatura (T° C), potencial de hidrogeno (pH) diariamente, así como la concentración de oxígeno (O<sub>2</sub> mg/l) cada tercer día. Se realizaron recambios del 30% del agua de los acuarios cada tercer día. También se realizaron análisis del agua de los acuarios de los diferentes tratamientos, para la determinación de: dureza de calcio,

dureza total y amonio, para lo cual se tomaron muestras de 120 ml antes de realizar el recambio del agua, las muestras fueron mantenidas en refrigeración (-20° C) dos días hasta el momento de su análisis. Estos parámetros se evaluaron mediante los métodos titulométricos descritos en el manual APHA (1991).

#### **5.4 CRECIMIENTO.**

Para evaluar el crecimiento se pueden realizar mediciones para determinar los cambios en términos de longitud o peso. Dado que el crecimiento ha sido registrado usualmente en términos del incremento en peso (Jobling, 1994; Goddard, 1996), con el fin de evaluarlo, se realizaron biometrías de los organismos de cada tratamiento cada 15 días, registrando los índices morfométricos de peso húmedo (PH), con una balanza SARGENT-WELCH 400D  $\pm$  0.01g, longitud total (LT) y longitud del cefalotórax (LCT), con un vernier digital Caliper  $\pm$  0.01 mm.

Con los datos obtenidos de PH de cada biometría se ajustó cada dos semanas la cantidad de alimento suministrado correspondiente al 7% P.h/ej./día, durante los 60 días de la fase experimental.

El análisis del crecimiento se realizó por medio de ANOVA, para un diseño factorial completo: Temperatura X tiempo: (3 X 5), con el paquete estadístico SPSS 15 con el fin de determinar la influencia de la temperatura en los índices morfométricos considerados

#### **5.5 SUPERVIVENCIA.**

La supervivencia final fue calculada como el porcentaje (%) del número de organismos vivos al término de los 60 días del experimento, debido a algunos problemas en el desarrollo del experimento correspondiente al tratamiento de 25° C, dos organismos murieron. Dado a que el factor temperatura no fue la causa de estos decesos, estos organismos fueron contados como sobrevivientes. Sin embargo, no se realizó ningún tipo de ajuste a los datos correspondientes a los índices morfométricos.

## 5.6 TASA INSTANTÁNEA DE CRECIMIENTO.

La tasa instantánea de crecimiento se calculó cada 15 días de acuerdo a los datos obtenidos de PH de cada una de las biometrías. También se calculó la tasa de crecimiento instantánea promedio de cada una de las diferentes condiciones experimentales. De acuerdo a Chapman (1971), la tasa instantánea de crecimiento (G) es una medida del crecimiento exponencial. En esta se describe el crecimiento en un instante particular de tiempo y no durante un largo período, por medio de la siguiente ecuación:

$$G = \frac{\text{Ln}(W_2) - \text{Ln}(W_1)}{t} \times 100$$

Donde:

Ln ( $W_2$ ) es el logaritmo natural del peso en el momento t, y Ln ( $W_1$ ) es el logaritmo natural del peso inicial. Es común que los datos de (**G**) del cultivo se multipliquen por 100, y se exprese el resultado como la tasa de crecimiento específica (TCE) en % /días.

## 5.7 PRODUCCIÓN.

Se estimó la producción con los datos obtenidos de cada una de las biometrías realizadas para los organismos mantenidos bajo las diferentes condiciones experimentales. De acuerdo a la ecuación modificada por Chapman (1971). La ecuación para expresar la producción es:

$$P = G \cdot B$$

Donde:

P = Producción (g)

G = Tasa instantánea de crecimiento (g/día, %)

B = Biomasa promedio (g)

La producción debe entenderse como la formación de tejido corporal total en un intervalo de tiempo, incluyendo el de los organismos que no sobreviven al final del intervalo considerado. La producción puede ser medida en términos de peso húmedo, peso seco, contenido de nitrógeno

o contenido de energía. De estos, la energía es el índice más flexible, realista y universal sobre todo cuando la dinámica de un ecosistema entero está bajo estudio.

Sin embargo, todas las investigaciones de producción están basadas en el peso, (usualmente peso húmedo) en primera instancia y el contenido de energía en segunda instancia, (Chapman, 1971).

Se calculó además la producción para los 60 días de fase experimental, en relación a la densidad de organismos, la cual para las tres temperaturas experimentales fue de 154 crías/ m<sup>2</sup>.

## **5.8 ANÁLISIS CALÓRICO DEL TEJIDO.**

Se realizó el análisis del contenido calórico del tejido, de los organismos de cada uno de los tratamientos mediante Calorimetría directa, en una bomba calorimétrica PARR previamente calibrada con ácido benzoico. Los organismos utilizados se secaron utilizando una estufa Lindberg/Blue M a 70° C por una semana, durante la cual se registró el peso de los organismos hasta que fuera constante, para garantizar que los organismos estuvieran totalmente secos. Se utilizaron los datos de PH promedio de los organismos utilizados para la determinación calorimétrica del tejido así como los datos correspondientes a su PS para determinar el porcentaje de humedad promedio de los acociles de cada tratamiento experimental.

## **5.9 ÍNDICES FISIOLÓGICOS.**

Al término de la fase de crecimiento, se montaron los dispositivos respirométricos semiabiertos con la finalidad de medir el efecto de la temperatura sobre diferentes índices fisiológicos (QO<sub>2</sub>) y (QNH<sub>4</sub>). Dos días antes de realizar dichas mediciones se suspendió el suministro de alimento. Se midió el consumo de oxígeno (QO<sub>2</sub>) y la excreción nitrogenada (QNH<sub>4</sub>) de los organismos mantenidos en temperaturas de 20°, 25°, y 30° C durante 12 h (medio ciclo), con estos datos se realizaron los cálculos para estimar estos índices durante un ciclo de 24 horas.

### 5.9.1 CONSUMO DE OXÍGENO DE RUTINA.

Los gastos energéticos en forma de calor pueden ser medidos por dos métodos: la calorimetría directa y la indirecta, esta última permite estimar el calor producido por los procesos oxidativos; ya que la energía utilizada por el organismo procede principalmente del catabolismo oxidativo. Sobre un periodo suficientemente largo, las cantidades de oxígeno consumido por los organismos son para un substrato energético dado, proporcionales a sus gastos de energía. Ésta es la razón por la que las pérdidas de calor se cuantifican generalmente midiendo el consumo de oxígeno (Guillaume, 2002; Hill y Wyse, 2006).

Es decir, el consumo de oxígeno de rutina representa una estimación de los requerimientos de energía necesarios para mantener el metabolismo basal más la actividad espontánea (Waller, 1992). Para determinar el consumo de oxígeno ( $O_2$ ) se montó un dispositivo respirométrico semiabierto, para cada una de las temperaturas experimentales, en los cuales se dispusieron 10 cámaras de 120 ml, con un organismo en cada una de ellas, y una cámara control. Las cámaras permanecieron cerrados por 90 minutos, al término de este lapso se abrieron de manera secuencial tomando 50 ml de agua en frascos de 120 ml para medir la concentración de  $O_2$  con un oxímetro YSI 51B ( $\pm 0.05$  mg/l), previamente calibrado.

Después de la medición de oxígeno, se recuperaron los niveles de agua de las cámaras con agua de recambio previamente aireada y con la temperatura correspondiente a cada tratamiento, hasta obtener el volumen inicial de 120 mL. Las cámaras permanecieron abiertas, con aireación constante por 60 minutos previo a la repetición del ciclo de medición de oxígeno. Se realizaron cuatro mediciones (Tiempo 1 –T1-, Tiempo 2 –T2-, etc..) durante el experimento: T1: 8:00 - 10:00 h, T2: 12 - 14:00 h, T3: 15:00 – 17:00 h, T4: 18:00 - 20:00 h.

El consumo de oxígeno de rutina ( $QO_2$ ) correspondiente a cada cámara por tratamiento, se obtuvo por diferencia de concentración de oxígeno de las muestras inicial y final, de acuerdo al tiempo de medición, y se expresó en miligramos de oxígeno consumido por peso seco del organismos por día<sup>-1</sup> ( $mg O_2/g PS \times día^{-1}$ ). Posteriormente se realizó la transformación de los datos promedio de las mediciones del consumo de oxígeno de rutina a unidades de energía mediante el uso del equivalente oxalórico:  $3.20 \text{ cal } mg^{-1}$  de  $O_2$  consumido, propuesto por Elliot

& Davison (1975) para un organismo de la clase talla promedio de cada temperatura experimental.

### 5.9.2 EXCRECION DE NTROGENO AMONICAL.

La medición de los productos nitrogenados es de gran importancia para determinar la influencia de factores nutricionales y ambientales sobre el metabolismo de las proteínas, estas determinaciones también son necesarias para establecer un panorama completo del balance de nitrógeno en estos organismos (Hill y Wyse, 2006). La excreción de amonio de los organismos en cada condición experimental, (20°, 25°, y 30° C) se midió en dos ocasiones, tiempos T1 y T3 de forma paralela a la medición de oxígeno. Se tomaron muestras iniciales y finales (25 ml) de cada cámara después de las mediciones de oxígeno.

Entre los tiempos T1-T2 y T3 -T4 se realizó la determinación de nitrógeno amoniacal de acuerdo al método de azul de indofenol (Rodier, 1978); las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro Spectronic 20D Milton Roy, registrando la transmitancia y absorbancia de cada una de las muestras. Las lecturas fueron realizadas a una longitud de onda de 640 nm, donde la intensidad de absorción de este compuesto es mayor. La concentración de amonio fue expresada en  $\text{mg N-NH}_4/\text{g PS} \times \text{h}^{-1}$ .

Se corrió además una curva patrón con el fin de medir la absorbancia de estándares de concentración conocida de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  y calculando mediante una ecuación de regresión, la concentración de estos de acuerdo a la absorbancia. Se obtuvieron los valores de  $\text{QN-NH}_4$ , para los valores iniciales y finales de cada una de las cámaras, realizando los cálculos necesarios para estimar la excreción nitrogenada durante un ciclo de 24 horas para un organismo de la clase talla promedio de cada temperatura experimental. La excreción de amonio promedio de cada temperatura para un ciclo de 24 horas se transformó con el equivalente nitrocalórico de: 4.05 cal/mg  $\text{N-NH}_4^+$  (Brafield & Solomon, 1972; Kay & Brafield, 1973).

### 5.9.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES DE LOS ÍNDICES FISIOLÓGICOS

Se realizó un análisis de varianza por medio de un diseño factorial completo con el paquete estadístico SPSS 15.0, con el fin de determinar la influencia de la temperatura-tiempo en los índices metabólicos consumo de oxígeno y excreción de nitrógeno. Además se realizó un análisis de regresión lineal para analizar la relación consumo de oxígeno - peso seco.

#### 5.10 RELACIÓN OXÍGENO: NITRÓGENO (O: N).

Existe una clara vinculación de la excreción nitrogenada como índice fisiológico con el metabolismo anaerobio en relación con el tipo de sustrato metabólico que se emplea en el proceso catabólico como fuente de energía y el cual puede ser parecido de manera indirecta a la relación O:N.

La relación atómica oxígeno – nitrógeno se obtuvo a partir de la división de los valores encontrados de consumo de oxígeno entre la excreción amoniacal, en  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ . La relación oxígeno – nitrógeno es interpretada de acuerdo a los siguientes criterios: valores de 7 - 9.3 indican una oxidación proteica, valores superiores a 9.3 denotan un catabolismo de lípidos y carbohidratos y valores mayores a 24 señalan el uso de carbohidratos como sustrato metabólico (Mayzaud & Conover, 1988).

#### 5.11 Determinaciones de la composición del tejido de *Cambarellus (C.) montezumae* mantenido a tres diferentes temperaturas durante 60 días (ANEXO B).

Las determinaciones de la composición del tejido se realizaron en el Laboratorio de Biología Experimental de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Una vez transcurrido el periodo experimental de 60 días, y determinados los índices metabólicos consumo de oxígeno y excreción, se registraron los índices morfométricos de todos los organismos, posteriormente se eligieron de forma aleatoria 5 organismos de cada tratamiento para las determinaciones de la composición del tejido; los organismos fueron mantenidos en refrigeración a  $-20^{\circ}\text{C}$  por 7 días previo a los análisis para evitar cambios en el mismo.

Se realizaron los análisis correspondientes a:

- Triglicéridos, método colorimétrico enzimático- Kit de reactivos SpinReact.
- Lípidos totales por el método micro-colorimétrico propuesto por Van Handel (1985), y modificado por Inouye & Guiherme, (2006).
- Glucosa, método colorimétrico enzimático- Kit de reactivos SpinReact.
- Proteína utilizando el método de Silicato, (Method 10023) para Nitrógeno Total, y utilizando el factor de conversión para proteína referido por la AOAC (1995).

Para llevar a cabo las determinaciones de la composición del tejido se realizó el homogenizado de cada uno de los 15 organismos en un homogenizador DOUNCE de vidrio de 7mL con 2 mL de Buffer de Lisis –Ver Anexo B- (homogenado inicial); manteniendo el homogenizador en un recipiente con hielo para evitar la degradación del contenido del tejido. El tejido homogenizado se colocó en tubos ependorff de 2mL y se procedió a centrifugar su contenido en una centrífuga Spectrafuge 16 M Labnet a 3000 rpm por 5 minutos (~1000g) a 4° C.

Se tomaron alícuotas del sobrenadante de cada homogenado por duplicado: 500 µL para las determinaciones de triglicéridos y 100 µL para lípidos; así como 5 y 10 µL para las determinaciones de proteína y glucosa respectivamente. Los volúmenes de las alícuotas que fueron consideradas para la determinación de cada uno de los métodos fueron ensayadas con anterioridad en organismos mantenidos en condiciones similares.

#### **5.11.1 TRIGLICÉRIDOS.**

Se corrió una curva de estándares para Triglicéridos con 3, 6, 9 µL de estándar para triglicéridos 200 mg/dL más 500 µL de reactivo Spinreact.

Para las determinaciones de triglicéridos se tomaron alícuotas de 500 µL del homogenado inicial y se colocaron en tubos Eppendorf, a los cuales se les agregó 1 mL Cloroformo:Metanol. Se centrifugó a 3000 rpm 5 minutos (~1000g) a 4° C. Se retiró la fase acuosa (con el fin de resuspender el precipitado se utilizó un vórtex -2 minutos-). Posteriormente se tomaron 150 µL

de la fase clorofórmica por duplicado de cada muestra en tubos de vidrio de 5 mL y se evaporó el contenido a temperatura ambiente

Una vez evaporada la muestra se agregaron 500  $\mu$ L de reactivo para triglicéidos (Kit de reactivos SPINREACT), después de 30 minutos el contenido de los tubos fue leído en un espectrofotómetro Beckman DU640 a 500 nm.

### **5.11.2 LIPIDOS TOTALES.**

Método: Van Handel (1983) modificado por Inouye & Guiherme (2006).

Se realizó una curva patrón utilizando un estándar de 10mg de aceite de maíz en 10 ml de acetona, tomando 25, 50, 75, 100  $\mu$ L más 100  $\mu$ L  $H_2SO_4$  y 2.4 mL de fosfo-vainillina.

Se tomó una muestra de 100  $\mu$ L del homogenizado inicial, la cual se diluyó con 400  $\mu$ L de agua desionizada; y se le añadió 1mL de cloroformo: metanol. Se agitó y se centrifugó a 3000 rpm 5 minutos ( $\sim 1000g$ ) a 4° C. Se retiró la fase acuosa y se tomó una muestra de 100 $\mu$ L de la fase clorofórmica, la cual se evaporó a temperatura ambiente en tubos de vidrio de 5 mL.

Posteriormente se agregaron 100  $\mu$ L de  $H_2SO_4$  a los tubos y se incubaron por 15 minutos a 100° C. Pasado este tiempo se agregaron 2.4 mL de reactivo de vainillina (**Anexo B**). Después de 5 minutos exactos, las muestras fueron leídas en un espectrofotómetro Beckman DU640 a 490 nm. Se preparó un blanco de reactivo con 100  $\mu$ L de buffer de lisis diluido en 400  $\mu$ L de agua desionizada, el cual se trató como las muestras antes mencionadas

### **5.11.3 GLUCOSA.**

Método colorimétrico enzimático- Kit de reactivos SpinReact.

Se corrió una curva patrón de glucosa: 3, 6, 9  $\mu$ L con el Kit de reactivos para glucosa estándar (100mg/ dL) más 30  $\mu$ L de buffer de lisis y 210  $\mu$ L de reactivo para glucosa Spinreact. Se leyó en el equipo *Spectramax 190* a 500 nm.

Para las determinaciones de glucosa se tomaron alícuotas de 10  $\mu\text{L}$  por duplicado del homogenado inicial de cada organismo en 30  $\mu\text{L}$  de buffer de lisis, más 240  $\mu\text{L}$  de reactivo para determinación de glucosa (juego de reactivos SPINREACT), las cuales se incubaron durante 15 minutos. Las lecturas se realizaron en un equipo Spectramax 190 a 500 nm.

#### **5.11.4 PROTEÍNA.**

##### **NITROGENO TOTAL DEL TEJIDO**

##### **(Método de Silicato, Método 10023) LR (0.02 to 2.50 mg/L NH<sub>3</sub>-N)**

Debido a la restringida cantidad de muestra para realizar estas determinaciones, las lecturas de nitrógeno total se realizaron utilizando alícuotas del homogenizado inicial (5  $\mu\text{L}$ ), más 1995  $\mu\text{L}$  de agua desionizada, para obtener los 2ml de muestra que requiere el método. Se utilizó un equipo HACH DR/870 y el reactor DRB 200, para realizar el método de Silicato 10023 para las determinaciones de nitrógeno total.

Se utilizó un blanco de reactivo con 5  $\mu\text{L}$  buffer de lisis para determinar la interferencia causada por éste, dicho valor se restó a las lecturas de las muestras. Los valores de absorbancia de las muestras, permitieron obtener la cantidad del nitrógeno total del tejido de los organismos de cada tratamiento, estos valores fueron multiplicado por el factor 6.25 de acuerdo a lo referido en el método Número 976.06 de la AOAC Analysis Methods (1995) para determinar la cantidad de proteína total en el tejido de *Cambarellus (C.) montezumae*.

## RESULTADOS.

### 6.1 ANALISIS DE CALIDAD DEL AGUA.

Se registraron los parámetros fisicoquímicos: temperatura (T° C) y potencial de hidrogeno (pH) diariamente, así como la concentración de oxígeno (mg O<sub>2</sub>/L) cada tercer día. Los promedios de los datos de estos parámetros se muestran en la **Tabla I**, donde se puede observar que estos se mantuvieron constantes y por lo tanto el factor Temperatura es el que tuvo la mayor influencia sobre los índices que se valoraron.

Se realizó una prueba de análisis de varianza para cada uno de los parámetros. Se encontró que no existían diferencias significativas entre los parámetros pH, y oxígeno con respecto al tiempo y la temperatura (P > 0.05). Los resultados de los análisis de dureza total, dureza de calcio y nitrógeno amoniacal se presentan en la **Tabla II**.

**TABLA I.** Parámetros fisicoquímicos registrados durante 60 días de cada uno de los tratamientos experimentales 20°,25° y 30° C

Parámetros Fisicoquímicos.									
Semanas	Temperatura promedio por semana ° C			pH			Oxígeno (mg O <sub>2</sub> / L)		
	Temp.	20° C	25° C	30° C	20° C	25° C	30° C	20° C	25° C
1	20	25	30	8.65	8.7	8.6	5.2	4.6	4.6
2	20	25.5	29.5	8.8	8.81	8.6	5.2	4.6	4.8
3	19.5	26	29.5	8.9	8.32	8.7	5.4	4.8	4.8
4	19.8	25	28.8	8.7	8.34	8.7	5.4	5	4.8
5	19.9	25.5	30.1	8.8	8.51	8.51	5.6	4.8	4.6
6	21	25	29.4	8.65	8.54	8.65	5	4.6	4.4
7	20	25	29.5	8.47	8.3	8.4	5.2	4.8	4.6
8	20	25.3	29.9	8.65	8.8	8.65	5.4	4.6	4.2
9	20.5	26	30	8.65	8.7	8.7	5.8	4.2	4.2
$\bar{X} \pm E.S$	20.07±.01	25.3±0.1	29.7±0.1	8.6±.04	8.5±.06	8.6±.03	5.3±.08	4.7±.07	4.6±.08

**TABLA II.** Parámetros fisicoquímicos de cada uno de los tratamientos experimentales.

Parámetros fisicoquímicos.			
Temperatura ° C	Dureza total mg/l	Dureza de calcio mg/l	Amonio N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l
20	160	120	0.133
25	168	132	0.205
30	168	125	0.260

## 6.2 CRECIMIENTO Y SOBREVIVENCIA.

El peso húmedo promedio ( $\bar{X}=0.27 \pm 0.03g$ ), así como la longitud total ( $\bar{X}= 21.9 \pm 0.97$  mm ) y la longitud cefalotorácica ( $\bar{X}= 11.68 \pm 0.48$  mm ) de los organismos mantenidos a diferentes temperaturas después de 60 días fue mayor a 25° C, respecto a los valores obtenidos a temperaturas de 20° y 30° C, los resultados de la prueba de Tukey incluida en el análisis de varianza ( $P < 0.05$ ) se muestran en la **Tabla III**.

En la **Fig. 1** se presentan (a la derecha) las medias marginales de los datos de los índices morfométricos durante 60 días la estimación de estas se obtienen convinando los parámetros involucrados en la obtención de cada media; a la izquierda las gráficas de caja, que representan la distribución de los valores de los diferentes índices morfométricos de los organismos mantenidos a tres diferentes temperaturas durante 60 días, se pueden observar además las medianas de cada conjunto de valores.

Puede observarse que después de 45 días de tratamiento, los organismos mantenidos a 25° C obtienen valores mayores respecto a los organismos mantenidos a 20° y 30° C; después de este lapso, se presenta una marcada tendencia a que los organismos mantenidos a 25° C obtengan valores mayores de PH, LT, y LCT.

Ya que el PH promedio inicial de *Cambarellus (C.) montezumae* para las tres temperaturas probadas fue de  $0.07 \pm 0.5$  g; el incremento en peso con respecto a este valor fue del 143% para 20° C, para los organismos mantenidos a 30° C fue del 200% mientras que el mayor porcentaje

de peso ganado fue para los organismos mantenidos a 25° C, (286%). En cuanto a la sobrevivencia, se observó que el mayor porcentaje se obtuvo a la temperatura de 20° C, con un 90% (**Tabla III**), para las temperaturas de 25 y 50° C, se obtuvo una supervivencia de 70% en ambos casos.

**TABLA III.** Efecto de la temperatura en los índices morfométricos: PH, LT y LCT durante 60 días.

Días	N	PH (g) $\bar{X} \pm E.S$	LCT (mm) $\bar{X} \pm E.S$	LT (mm) $\bar{X} \pm E.S$	Sobrevivencia %	Temperatura ° C
1	20	0.07 ± 0.01	6.70 ± 0.22	14.4 ± 0.50	100	a. 20
15	20	0.08 ± 0.01	7.02 ± 0.23	15.4 ± 0.45	100	
30	20	0.01 ± 0.01	7.36 ± 0.24	16.1 ± 0.2	100	
45	20	0.14 ± 0.01	8.40 ± 0.27	17.8 ± 0.54	100	
60	18	0.17 ± 0.02 <sup>b</sup>	8.61 ± 0.35	18.0 ± 0.75	90	
1	20	0.07 ± 0.01	6.77 ± 0.28	14.5 ± 0.50	100	b. 25
15	20	0.09 ± 0.01	6.77 ± 0.30	15.0 ± 0.53	100	
30	16	0.11 ± 0.01	7.62 ± 0.30	16.3 ± 0.60	80	
45	16	0.18 ± 0.02	9.02 ± 0.33	19.4 ± 0.62	80	
60	14	0.27 ± 0.03 <sup>a</sup>	11.68 ± 0.48	21.9 ± 0.97	70	
1	20	0.07 ± 0.01	6.84 ± 0.32	14.2 ± 0.55	100	c. 30
15	20	0.08 ± 0.01	7.07 ± 0.33	15.0 ± 0.58	100	
30	18	0.12 ± 0.01	7.97 ± 0.32	16.5 ± 0.58	90	
45	17	0.15 ± 0.01	8.76 ± 0.24	17.8 ± 0.50	85	
60	14	0.21 ± 0.02	9.58 ± 0.34	20.6 ± 0.68	70	

Los valores que se presentan para cada uno de los índices morfométricos representan la media y el error estándar para cada caso ( $\bar{X} \pm E.S$ ). El superíndice de las medias finales (60 días) indica diferencias

significativa entre las medias a nivel de ( $P < 0.05$ ) de acuerdo a las letras correspondientes para cada temperatura a. 20°, b. 25° y c. 30° C.

Efecto de la temperatura en los diferentes índices morfométricos.

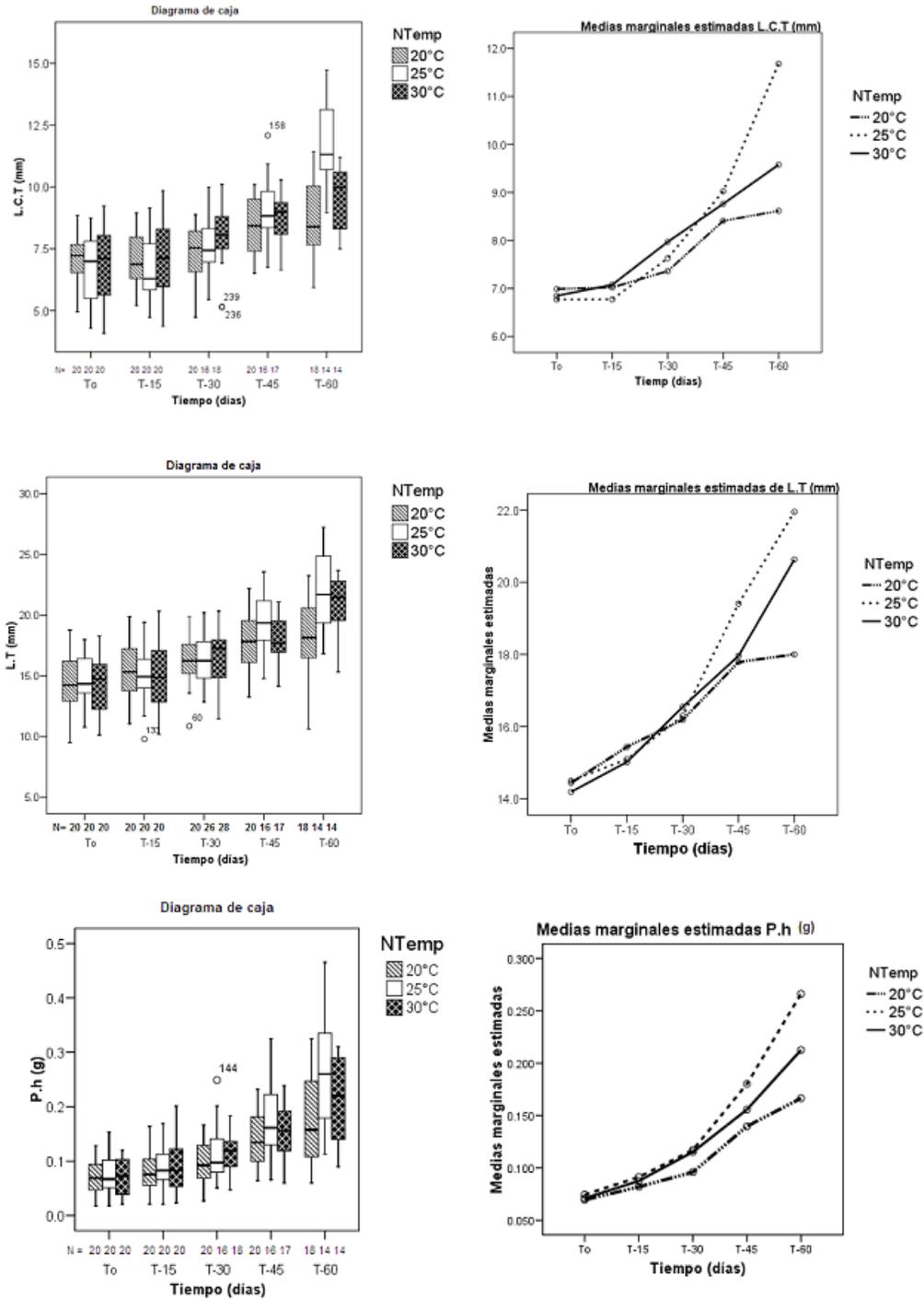


Fig. 1 Diagramas de caja para los diferentes índices morfométricos registrados, Longitud Cefalotorácica (L.C.T.), Longitud Total (L.T.) y Peso Húmedo (P.h)

### 6.3 TASA INSTANTÁNEA DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN.

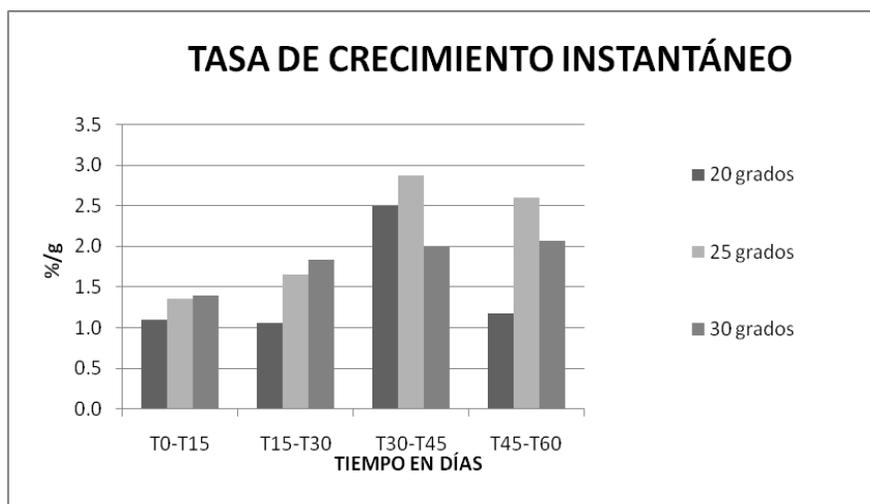
Los resultados de la tasa Instantánea de crecimiento se indican en la **Tabla IV**, donde se muestra la estimación de la TIC utilizando los datos de PH de cada biometría. La TIC promedio fue mayor para los organismos mantenidos a 25° C, ( $\bar{X} = 2.12$ ), respecto a la obtenida para los organismos mantenidos a 20° y 30° C, ( $\bar{X} = 1.45$  y 1.83 respectivamente).

**TABLA IV.** Valores de TIC durante 60 días para los organismos mantenidos a diferentes Temperaturas.

TASA INSTANTÁNEA DE CRECIMIENTO.				
Temperatura ° C	N	Tiempo (días)	TIC % / días	TIC $\bar{X}$
20°	20	T <sub>0</sub> – T <sub>15</sub>	1.094	1.45
	20	T <sub>15</sub> -T <sub>30</sub>	1.055	
	20	T <sub>30</sub> -T <sub>45</sub>	2.501	
	18	T <sub>45</sub> - T <sub>60</sub>	1.170	
25°	20	T <sub>0</sub> – T <sub>15</sub>	1.355	2.12
	20	T <sub>15</sub> -T <sub>30</sub>	1.657	
	16	T <sub>30</sub> -T <sub>45</sub>	2.872	
	14	T <sub>45</sub> - T <sub>60</sub>	2.601	
30°	20	T <sub>0</sub> – T <sub>15</sub>	1.401	1.83
	18	T <sub>15</sub> -T <sub>30</sub>	1.830	
	17	T <sub>30</sub> -T <sub>45</sub>	2.004	
	14	T <sub>45</sub> - T <sub>60</sub>	2.075	

En la **Figura 2**. se puede observar que la TIC de los tres grupos correspondientes a los diferentes tratamientos durante los primeros 30 días es baja, después de este lapso la TIC tiene un incremento marcado para los organismos mantenidos a 20°, 25° y 30° C, (**Tabla IV**). Sin embargo, los organismos mantenidos a 25° C durante 60 días alcanzaron valores de TIC mayores. Por otro lado los valores de TIC de los organismos mantenidos a 20° y 30° C, no presentan mayores cambios.

**Figura 2.** TIC calculada para los organismos mantenidos a 20°, 25° y 30° C durante 60 días



#### 6.4 PRODUCCIÓN.

La producción total después de los 60 días de fase experimental, para cada uno de los tratamientos: 20°, 25° y 30° C fue de: 492.8, 993.9 y 731.5 mg/m<sup>2</sup> respectivamente, siendo mayor para los organismos mantenidos a 25° C; duplicando los valores obtenidos a 20° C y con un 50% mayor en comparación con los datos obtenidos a una temperatura de 30° C (**Tabla V**).

**Tabla V.** Producción (formación de tejido corporal mg) de los organismos mantenidos a 20°, 25° y 30° C durante 60 días. (Densidad 154 crías/ m<sup>2</sup>)

PRODUCCIÓN			
Temperatura ° C.	mg/ 60d / 0.13m <sup>2</sup>	mg / m <sup>2</sup>	Relación prod./temp
20°	64	492.8	1.0
25°	129	993.3	2.0
30°	95	731.5	1.5

## 6.5 CONTENIDO CALÓRICO DEL TEJIDO Y PORCENTAJE DE AGUA CORPORAL.

Los resultados del análisis del contenido calórico del tejido, muestran que a una temperatura de 25° C los organismos presentan un contenido calórico mayor 3,049 cal/g respecto a los mantenidos a 20° y 30° C, 2,499.5 y 2,165.5 cal/g respectivamente (**Tabla VI**). El porcentaje de agua corporal se obtuvo mediante los datos de PH y PS de los organismos mantenidos a las tres temperaturas, los valores obtenidos fueron: 78.7, 75.8 y 81.3%, respectivamente. Los organismos mantenidos a 25° C tuvieron por lo tanto un porcentaje de agua corporal menor. **Tabla VI**.

**Tabla VI.** Análisis calórico del tejido y del porcentaje de agua corporal de *Cambarellus (C.) montezumae*

INDICES DEL TEJIDO			
Temperatura °C	N	Contenido calórico cal/g	Porcentaje de humedad %. PS (g) clase talla
20	10	2,499.5 ± 12.1	78.7
25	9	3,049 ± 11.5	75.8
30	10	2,165.5 ± 19.1	81.3

Los valores que se presentan de contenido calórico representan la media y el error estándar para cada caso ( $\bar{X} \pm E.S$ ).

## 6.6 ÍNDICES FISIOLÓGICOS.

### 6.6.1 Consumo de oxígeno (QO<sub>2</sub>).

Se calculó la tasa de consumo de oxígeno (mg O<sub>2</sub>/g PS x h<sup>-1</sup>) para un organismo de clase talla promedio de cada una de las temperaturas experimentales, con los datos obtenidos en un ciclo de 12 horas (**Fig. 3**), posteriormente se realizaron los cálculos para obtener los datos correspondientes a un ciclo de 24 horas (mg O<sub>2</sub>/g PS x día<sup>-1</sup>). Para los organismos mantenidos a 20° se obtuvo un consumo de oxígeno promedio y error estándar de 240.24 ± 21 (mg O<sub>2</sub>/g PS x día<sup>-1</sup>), para la temperatura de 25° C se obtuvo el consumo de oxígeno más bajo, siendo de

237.8 ± 18 ( mg O<sub>2</sub>/g PS x día<sup>-1</sup>), mientras que para los organismos mantenidos a 30° C se obtuvo el mayor consumo de oxígeno promedio 317.0 ± 40 (mg O<sub>2</sub>/g PS x día<sup>-1</sup>), (**Tabla VII**) (**Fig. 4**).

El análisis de varianza mostró que existen diferencias significativas para los factores tiempo y temperatura, así como para su interacción (P < 0.05). La prueba de Tukey incluida en el análisis estadístico mostró que existen diferencias significativas (P < 0.05) entre los valores de consumo de oxígeno de los organismos mantenidos a 30° C respecto a los de las temperaturas 20° y 25° C. (Para ver los resultados de la prueba de Tukey incluida en el análisis ver **Tabla VII**).

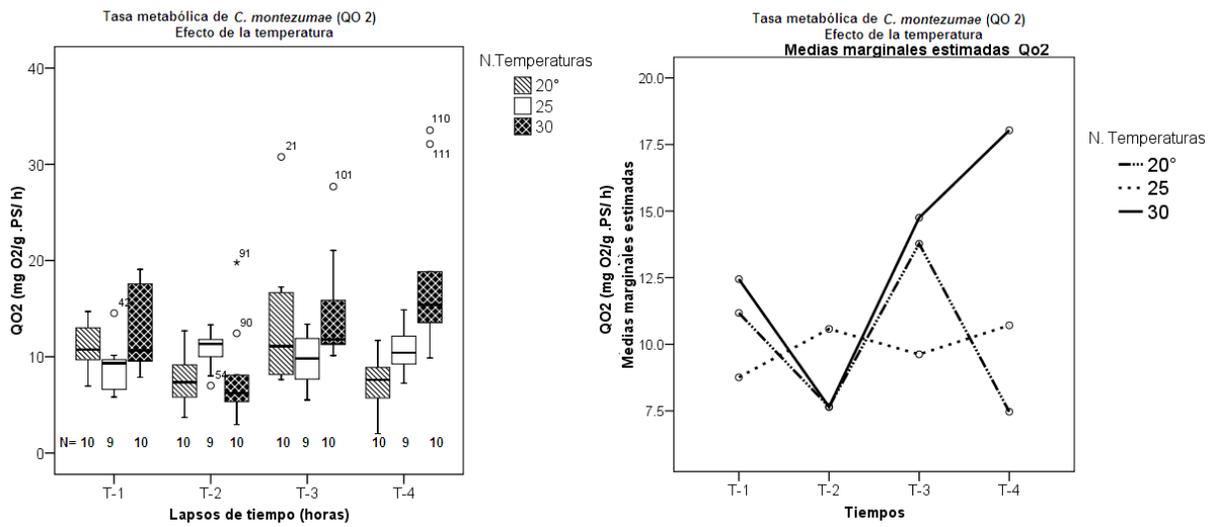
Al realizar las equivalencias de este índice metabólico con la energía utilizada en este proceso (cal/g PS x día<sup>-1</sup>), tomando en cuenta el coeficiente oxicalórico Q<sub>ox</sub> (3.20 cal/mg O<sub>2</sub>) propuesto por Elliot & Davison (1975) las tasas del costo energético del metabolismo aerobio para un ejemplar promedio clase talla (PS promedio) del tratamiento experimental fueron: 768.7, 760, y 1,014.4 (cal/ej. PS x día<sup>-1</sup>) para las temperaturas de 20°, 25° y 30° C respectivamente (**Tabla VII**). El valor menor se obtuvo para los organismos mantenidos a 25° C.

Una vez que se realizaron las determinaciones calóricas se calculó el porcentaje de energía destinada a la respiración. Para los organismos mantenidos a 20° C se obtuvo un porcentaje de 30%, para 25° C, 24% y para los organismos mantenidos a 30° C, 47%. El menor porcentaje calórico destinado a respiración fue para los organismos mantenidos a 25° C.

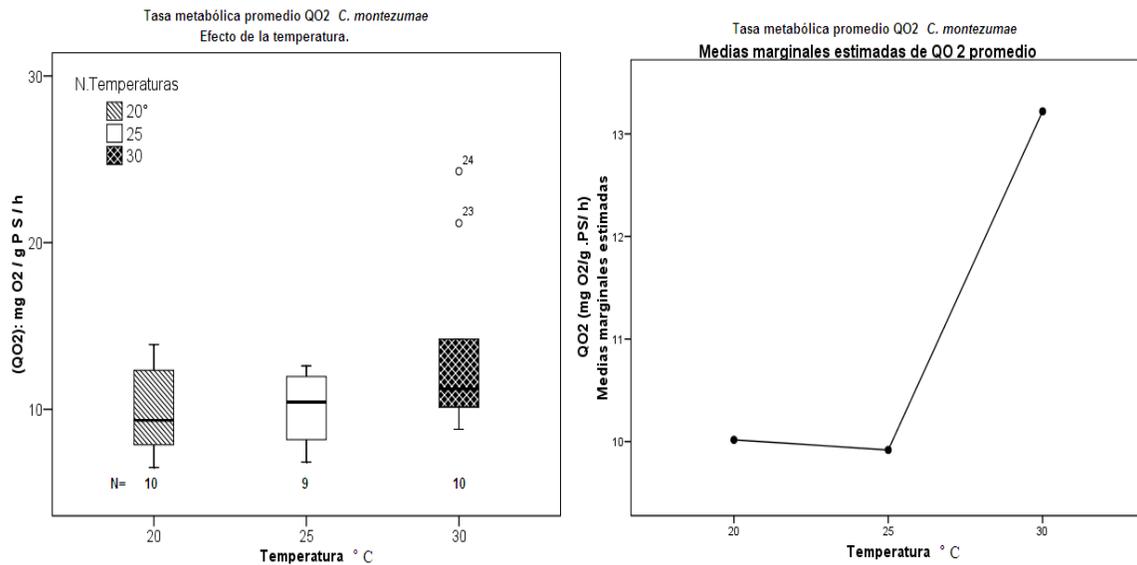
**TABLA VII.** Consumo de oxígeno promedio para un organismo tipo de los tratamientos experimentales ( $\bar{X} \pm E.S$ ), así como los valores de QO<sub>2</sub>

TASA DE CONSUMO DE OXÍGENO (QO <sub>2</sub> ).				
T° C	N	Consumo de oxígeno. QO <sub>2</sub> ( mg O <sub>2</sub> / g PS / día)	QO <sub>2</sub> (cal/ej. PS x día <sup>-1</sup> )	% de energía destinada a Respiración.
a. 20	10	240.24 ± 21 <sup>c</sup>	768.77	30
b. 25	9	237.8 ± 18 <sup>c</sup>	760	24
c. 30	10	317.0 ± 40 <sup>a,b</sup>	1, 014	47

El superíndice indica diferencias significativa entre las medias a nivel de (P < 0,05) de acuerdo a las letras correspondientes para cada temperatura a. 20°, b. 25° y c. 30° C.



**Figura 3.** Diagramas de caja donde se muestra el Consumo de Oxígeno en diferentes tiempos en un ciclo de 12 h ( $T_1, T_2, T_3, T_4$ ) ( $\text{mg O}_2/\text{g PS} \times \text{h}^{-1}$ ), así como las medias marginales (derecha) de dichos valores para los organismos mantenidos a las tres temperaturas.



**Figura 4.** Diagramas de caja donde se muestra el Consumo de Oxígeno promedio durante 12h ( $T_1, T_2, T_3, T_4$ ) ( $\text{mg O}_2/\text{g PS} \times \text{h}^{-1}$ ), así como las medias marginales de dichos valores para los organismos mantenidos a 20°, 25° y 30° C.

Se calcularon las ecuaciones para la obtener la correlación de peso seco (PS) y consumo de oxígeno de los organismos utilizados en los diferentes tratamientos- temperaturas. El peso y el consumo de oxígeno ( $QO_2$ ) se relacionaron de manera lineal negativa en los tres tratamientos experimentales (**Fig. 5 a, b, c**).

La mayor correlación se obtuvo para los organismos mantenidos a 25° C ( $r = 0.81$ ) en comparación con los organismos mantenidos a 20° C, ( $r = 0.58$ ) y 30° C, ( $r = 0.52$ ).

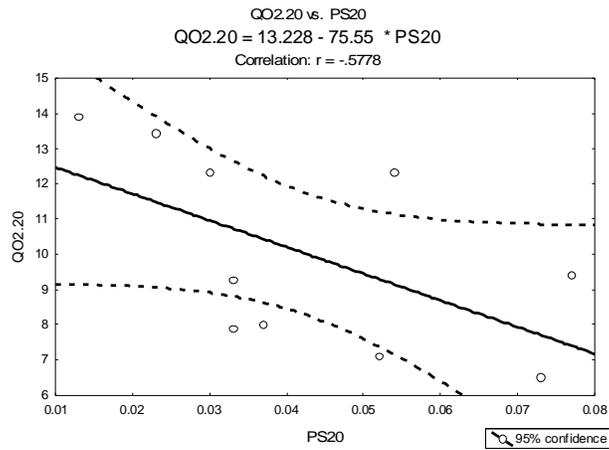
#### 6.6.2 Excreción Nitrogenada ( $Q NH_4$ ).

Se calculó la tasa de excreción nitrogenada para un organismo clase talla promedio de cada una de las temperaturas experimentales, en un ciclo de 12 horas del cual (**Fig. 6**), posteriormente se realizaron los cálculos para obtener los datos correspondientes a un ciclo de 24 horas ( $mg NH_4^+/g PS \times día^{-1}$ ). El valor promedio y el error estándar obtenido para los organismos mantenidos a 20° C fue de:  $17.7 \pm 4.1$  ( $mg NH_4^+/g PS \times día^{-1}$ ).

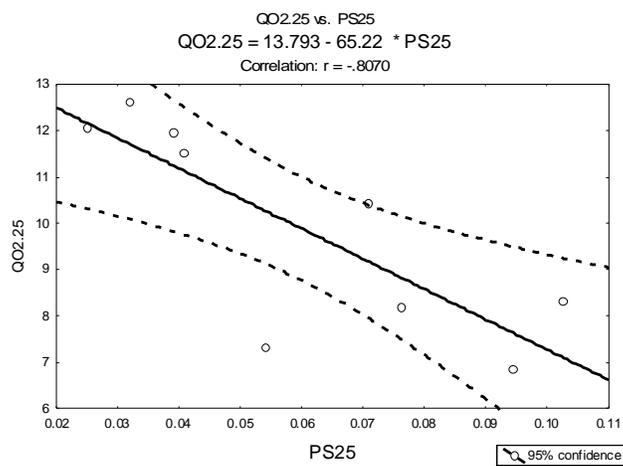
Para la temperatura de 25° C se obtuvo la tasa de excreción nitrogenada más alta, de  $24.8 \pm 3.1$  ( $mg NH_4^+/g PS \times día^{-1}$ ), mientras que para los organismos mantenidos a 30° el valor promedio fue de  $5.1 \pm 1.2$  ( $mg N-NH_4^+/g PS \times día^{-1}$ ), es decir se obtuvieron valores promedio menores comparados con los obtenidos para los organismos de 20° y 25° C (**Tabla VIII**).

Se realizó una Análisis de Varianza donde se incluyó la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). En la **TABLA VIII** se puede observar que los valores promedio de excreción nitrogenada para los organismos mantenidos a 30° C muestran diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) respecto a los organismos mantenidos a 20° y 25° C.

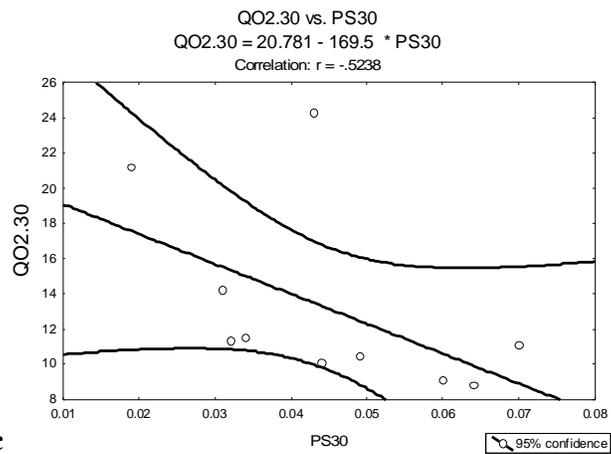
Se realizaron las equivalencias calóricas de este índice utilizando el coeficiente nitrocalórico  $Q_{ex}$  de 4.05 ( $cal/mg NH_4^+$ ), referido por Brafield & Solomon, (1972) y Kay & Brafield (1973) para un organismo de clase talla promedio (PS promedio) de cada grupo experimental; de las cuales se obtuvieron valores para los organismos mantenidos a 20° C de 71.7 ( $cal/ej. PS día^{-1}$ ); para los organismos mantenidos a 25° C se obtuvo el valor más alto de 100 ( $cal/ej. PS día^{-1}$ ); y el valor más bajo para los organismos mantenidos a 30° C fue de 21 ( $cal /ej. PS día^{-1}$ ) (**Tabla VIII**).



**5 a**



**5 b**



**5c**

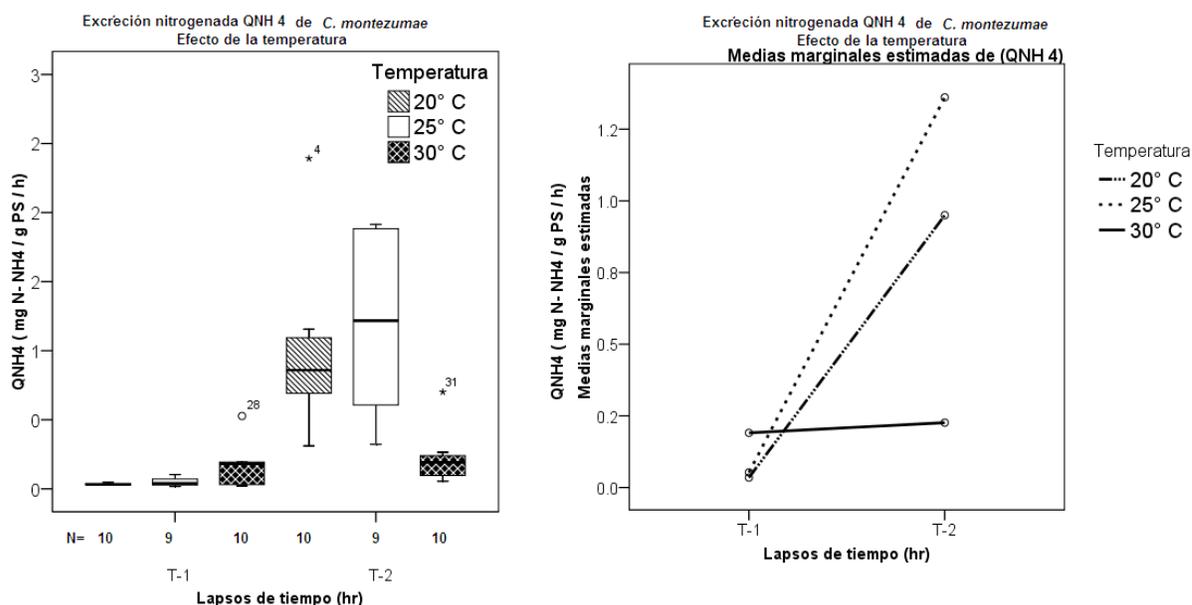
**Fig. 5 a, b y c.** Gráficas correspondientes al análisis de regresión lineal  $QO_2$  - PH para organismos mantenidos a 20°, 25° y 30°C, respectivamente.

Con los valores obtenidos del contenido calórico del tejido (**Tabla VI**) se obtuvo el porcentaje de energía destinada a el proceso de excreción nitrogenada, el cual fue de 2.9%, 3,2% y 1% para las temperaturas de 20°, 25° y 30° C respectivamente.

**Tabla VIII.** Valores obtenidos de excreción nitrogenada promedio para un organismo tipo de cada uno de los tratamientos experimentales con su respectivo error estándar ( $\bar{X} \pm E.S$ ), así como los valores transformados a calorías.

<b>Excreción Nitrogenada promedio.</b>			
<b>Temperatura ° C</b>	<b>N</b>	<b>QNH<sub>4</sub> (mg N NH<sub>4</sub>/ g PS día<sup>-1</sup>).</b>	<b>Gasto de energía por excreción (cal/ej. PS día<sup>-1</sup>).</b>
<b>a. 20</b>	10	17.7± 4.1 <sup>c</sup>	71.7
<b>b. 25</b>	9	24.8 ± 3.1 <sup>c</sup>	100
<b>c. 30</b>	10	5.1 ± 1.2 <sup>a,b</sup>	21

El superíndice indica diferencias significativa entre las medias a nivel de (P < 0,05) de acuerdo a las letras correspondientes para cada temperatura a. 20°, b. 25° y c. 30° C.



**Fig 6.** Diagramas de caja donde se muestran los valores de excreción nitrogenada en un periodo de 12 h  $T_1$ - $T_2$  ( $\text{mg NH}_4^+/\text{g PS} \times \text{h}^{-1}$ ), así como las medias marginales de dichos valores para los organismos mantenidos a las tres temperaturas.

### 6.7 Relación O: N.

La relación atómica O:N es un índice cualitativo que permite determinar el tipo de sustrato metabólico que está siendo utilizado por los organismos acuáticos como fuente de energía ante las variaciones de parámetros ambientales tales como, la salinidad y la temperatura. (Mazaud & Conover, 1988, Díaz, *et al*, 1999; Medina-Romo, 2005; Medina- Zendejas, 2006). En este estudio se consideró que valores O:N alrededor de 7 - 9.3 indicaban una oxidación proteica, valores superiores a 9.3 indican un catabolismo de lípidos y carbohidratos y valores mayores a 24 muestran el uso de carbohidratos como sustrato metabólico según lo reportado por Mazaud & Conover (1988).

Los valores obtenidos para los organismos mantenidos a 20° y 25° C (16.9 y 12 respectivamente), indican que el sustrato energético de estos organismos es

predominantemente de lípidos y carbohidratos, mientras que el valor (63.4) de organismos mantenidos a 30° C denotan un sustrato metabólico principalmente de carbohidratos.

### 6.8 ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DEL TEJIDO.

El porcentaje promedio de triglicéridos respecto al peso seco para el grupo de organismos mantenidos a 30° C fue de 1.5 %; el cual fue mayor respecto a los valores obtenidos para los organismos mantenidos a 20° y 25° C, 0.7% para ambas temperaturas (**Tabla IX**). El porcentaje de lípidos fue mayor para los organismos mantenidos a 20° C, (10.45%) respecto a los organismos mantenidos a 25° y 30° C (6.6 y 5.5%); mientras que los valores de proteína obtenidos por el método de análisis químico proximal fueron mayores para el grupo de organismos mantenidos a 25° C, (65%) comparado con los organismos mantenidos a 20° y 30° C, (53 y 32% respectivamente).

El porcentaje promedio de glucosa respecto al peso seco para el grupo de organismos mantenidos a 30° C fue de 2.4 %; el cual fue mayor en relación a los valores obtenidos para los organismos mantenidos a 20° y 25° C, 1 % para ambas temperaturas (**Tabla IX**).

Los valores promedio de los análisis de composición del tejido (triglicéridos, lípidos, glucosa y proteína) se presentan en las **Tablas IX y X**, así como el valor porcentual calculado respecto al Peso seco de los organismos, y los valores obtenidos en mg/g PS.

**Tabla IX.** Valores de los porcentajes promedio de los análisis de tejido realizados, calculados respecto al Peso seco de los organismos de cada uno de los tratamientos.

<b>Análisis de la composición del tejido de acocil.</b>				
<b>Temperatura ° C</b>	<b>Proteína (NT) %</b>	<b>Lípidos %</b>	<b>Triglicéridos %.</b>	<b>Glucosa. %</b>
<b>20</b>	53	10.45	0.7	1
<b>25</b>	65	6.6	0.7	1
<b>30</b>	32	5.5	1.5	2.4

Se realizó una análisis de varianza unifactorial para los valores de los diferentes análisis de la composición del tejido obtenidos para cada tratamiento experimental, se incluyó la prueba “Post Hoc” de Tukey. Los valores que presentaron diferencias significativas se muestran en la

**Tabla X.**

**Tabla X.** Se presentan los valores de las medias con su respectivo error estándar ( $\bar{X} \pm E.S$ ) de los análisis de la composición del tejido realizados, calculados respecto al Peso seco de los organismos de cada uno de los tratamientos.

**Análisis de la composición del tejido de acocil.**

Temperatura ° C	Proteína mg/g Ps	Lípidos mg/g Ps	Triglicéridos mg/ g Ps	Glucosa mg/g Ps
a. 20	102.5 ± 20.9 <sup>b</sup>	104.51 ± 1.67 <sup>c</sup>	6.64 ± 2.5 <sup>c</sup>	9.50 ± 2.21 <sup>c</sup>
b. 25	185.6 ± 8.5 <sup>a,b</sup>	57.5 ± 9.6	6.58 ± 1 <sup>c</sup>	9.73 ± 2.69 <sup>c</sup>
c. 30	95.2 ± 13.5 <sup>b</sup>	54.85 ± 19.3 <sup>a</sup>	15.11 ± 2.8 <sup>a,b</sup>	18.64 ± 2.69 <sup>a,b</sup>

El superíndice indica diferencias significativa entre las medias a nivel de (P < 0.05) de acuerdo a las letras correspondientes para cada temperatura: a. 20°, b.25° y c. 30° C

## 7. DISCUSION.

### 7.1 CALIDAD DEL AGUA.

El monitoreo constante de los parámetros fisicoquímicos pH, temperatura y oxígeno fueron fundamentales para poder determinar el efecto de la temperatura. Tanto el oxígeno como el pH debían mantener valores similares en los diferentes tratamientos y sin grandes variaciones en el tiempo, con la finalidad de que estos no ejercieran mayor influencia en el crecimiento de los organismos.

Ya que los valores de estos se mantuvieron constantes durante la fase experimental, la temperatura fue el factor que tuvo mayor influencia sobre el crecimiento de los organismos **(Tabla I, Anexo C)**.

Los valores de pH ( $8.5 \pm 0.3$ ) y oxígeno ( $4.8 \pm 0.7$  mg/L) se ubican dentro de los niveles reportados como aceptables; ya que se ha observado que *Cambarellus (C.) montezumae* puede crecer en un amplio rango de pH y bajas concentraciones de oxígeno, sin que exista un efecto importante en el desarrollo y sobrevivencia de los organismos (Bautista, 1988; Holdich, 2002; Moctezuma, 1996), además se han reportado valores entre 9 y 10 de pH en su hábitat natural, temperaturas de los 19 a los 22° C, y niveles de oxígeno en un rango de 3.7 a 10 mg/l (García, 2010; Rangel, 2009; Flores, 2009).

Por otro lado, resulta relevante conocer los niveles de dureza total (concentración de iones de calcio y magnesio principalmente), debido a que ésta es determinante en la fase de muda, ya que desempeña un papel relevante en la formación del exoesqueleto (Auvergne, 1982). La dureza total del agua debe encontrarse dentro del rango de los 50 a los 200 mg/l (Huner, 1991; De la Lanza, 1994), por lo tanto los niveles tanto de dureza total como dureza de calcio se encontraron dentro del rango antes mencionado.

Los niveles de amonio es otro de los factores importantes que deben ser controlados en un cultivo, ya que este es el principal producto de excreción del metabolismo de los crustáceos, alrededor de un 85% (Regnault, 1987). Debido a que la concentración de amoniaco no ionizado

(NH<sub>3</sub>) aumenta conforme se incrementan la temperatura y el pH. Este se encontrará en mayor proporción como la forma tóxica no-ionizada NH<sub>3</sub>. Por ende, es importante medir sus concentraciones en el agua, sobre todo en condiciones experimentales donde el factor temperatura tienda a aumentar dichos niveles. El amonio en altas concentraciones en el entorno del organismo, puede reducir la captación de alimento, disminuyendo a su vez el crecimiento de los organismos (Hargreaves & Tucker, 2004), o disminuir la excreción de amonio y a su vez aumentar sus niveles en la hemolinfa y tejidos afectando el transporte de oxígeno; contribuyendo además al aumento de estrés y finalmente afecta la supervivencia de los organismos (Chen y Kou, 1993; Chen & Kou 1996; Floyd, 1990; Rosas, 2000).

Es por esto que es muy importante controlar las concentraciones de amonio en los cultivos, ya sea mediante los recambios de agua, o a través de la disminución de la proteína en la dieta. Dado que la cantidad de amonio excretada está determinada en función directa con la cantidad de proteína contenida en el alimento (Rosas, *et al.*, 1996). Así mismo en un cultivo en gran escala el uso de fertilizantes y plantas acuáticas puede disminuir los niveles de este compuesto (Hargreaves & Tucker, 2004).

Los valores obtenidos de las determinaciones de amonio de este estudio para los tratamientos de las diferentes temperaturas experimentales, muestran que hay un aumento en las concentraciones de este compuesto conforme aumenta la temperatura (0.135, 0.205 y 0.260 mg/l para las temperaturas de 20°, 25° y 30° C respectivamente). Sin embargo, el recambio parcial de agua (40% cada tercer día) disminuyó las concentraciones del mismo constantemente y los valores encontrados no rebasan los 0.5 mg/l, concentración que no debe excederse en el cultivo del acocil según lo reportado por Huner (1991).

Por otra lado se ha observado que en condiciones naturales las variaciones de amonio no afectan significativamente la abundancia de *Cambarellus (C.) montezumae*, a diferencia de la temperatura, la cual afecta la reproducción y abundancia de estos organismos (García 2010, Rangel, 2009).

## 7.2 CRECIMIENTO.

En la actividad acuicultural el desarrollo de los organismos dentro de los estanques debe cumplir con características biológicas aceptables para que su cultivo sea redituable; una de estas es el rápido crecimiento, (Escobar, 1991). El crecimiento es considerado como el incremento en Peso, y/o longitud; este produce el aumento en las dimensiones del organismo, es decir en la biomasa ya que la temperatura actúa como un factor controlador determinando los requerimientos metabólicos y gobernando los procesos relacionados con la transformación del alimento. La manipulación de este factor puede aumentar la producción de los cultivos como consecuencia de un incremento en el crecimiento de los organismos (Jobling, 1994; Goddard, 1996; Guillaume; 2004).

En diversos estudios se ha reportado que en general el incremento de temperatura trae consigo un aumento en el crecimiento (Anguas, 2003; Arana y Ortega, 2004; Calderer, 2001; Escalante, 2002; Motoh, 1981; Niu, 2003; Hernández, 2008; Jobling, 1994; Ocampo, 2000; Rasmussen, 1995; Valbuena-Villarreal, 2006). Sin embargo, la mayoría de las especies presentan un rápido crecimiento con la elevación de la temperatura hasta un cierto punto (temperatura óptima) pasado el cual, generalmente, el crecimiento desciende precipitadamente, por lo que las temperaturas extremas (dependiendo de la especie) resultarán adversas (Calderer, 2001; Jobling, 1994).

Dado que la temperatura influye de manera determinante en el metabolismo, crecimiento y reproducción de los organismos; es de suma importancia evaluar su influencia a través de diferentes índices, los más utilizados en la acuicultura son los índices morfométricos. El registro del peso y la longitud total ofrecen una forma sencilla de evaluar el crecimiento de los organismos (Jobling, 1994). Los datos registrados de los diferentes índices morfométricos de cada uno de los tratamientos experimentales, indican que el mayor crecimiento se obtuvo para los organismos mantenidos a una temperatura de 25° C, el peso promedio final para este grupo de organismos fue de  $\bar{X}=0.27\pm 0.82\text{g}$ , mientras que su LCT y la LT fue de:  $\bar{X}= 11.68 \pm 0.48 \text{ mm}$  y  $\bar{X}= 21.9 \pm 0.97 \text{ mm}$  respectivamente. Mientras que los valores obtenidos para los organismos

mantenidos a 20° C fueron de: (  $\overline{PH} = 0.17 \pm 0.63$  g ), (  $\overline{LCT} = 8.61 \pm 0.35$  mm ), (  $\overline{LT} = 18.0 \pm 0.75$  mm ) los cuales obtuvieron un menor crecimiento.

Los valores de los índices morfométricos de los organismos mantenidos a 20° C, podrían deberse a que al contrario de lo que sucede con las altas temperaturas que incrementan la ingesta alimentaria, a bajas temperaturas la ingesta se reduce, lo cual se ve reflejado en el crecimiento (Guillaume, 2004; Jobling, 1994; Miguel; 1992). Aunado a lo anterior, en una temperatura más baja, también se encontraría afectada la frecuencia de alimentación, es decir, estas serían más espaciadas (Guillaume, 2004). Dicho intervalo entre las tomas de alimento se relaciona a su vez directamente con el vaciado gástrico, el cual es inversamente proporcional a la temperatura; ya que a temperaturas bajas la actividad enzimática es menor así como los procesos de absorción lo cual disminuye la ingesta y por lo tanto el tránsito se vuelve más lento (Guillaume, 2004).

Por otro lado, estos organismos pueden haber tenido una menor eficiencia de absorción del alimento ingerido, ya que en algunos casos, ésta se reduce a bajas temperaturas. Sin embargo, también se ha observado que un mayor incremento en la temperatura puede dar lugar a un descenso en dicha tasa; es decir, el crecimiento aumenta en relación a esta tasa hasta un punto máximo donde una mayor temperatura tiene un efecto adverso (Jobling, 1994).

La declinación del crecimiento con el aumento de la temperatura ha sido observado en diferentes organismos (Kumul, *et al*, 2000; Rodenas, 2001). Tal es el caso de *M. occidentale*. Hernández (2008) observó que para esta especie, temperaturas entre los 25° y 28° C dan como resultado un aumento de peso, el cual declinó al aumentar la temperatura a 31° C, ya que la ingesta de alimento disminuye mientras que los costos metabólicos de mantenimiento son muy altos. Lo anterior estaría ocurriendo con los organismos mantenidos a una temperatura de 30° C, los cuales tuvieron un crecimiento menor al obtenido a 25° C (**Tabla III**). Al incrementarse la temperatura y con ella la demanda energética, la tasa metabólica y consumo de alimento seguirán incrementándose, pero la tasa de crecimiento comenzará a disminuir, ya que aunque el organismo consuma una mayor cantidad de energía esta no será utilizada para el crecimiento, sino para satisfacer las necesidades de un metabolismo acelerado, (Clarck & Seymour, 2006;

Guillaume, 2004; Jobling, 1994; Martínez-Porchas, 2009); como es el caso en este estudio de los organismos mantenidos a 30° C, los cuales se podrían encontrar ya en una temperatura estresante, en la que utilizan sus sustratos metabólicos a una tasa más acelerada, sin oportunidad de reponerlos de una manera eficiente.

De acuerdo con lo reportado por Maldonado (1990), la temperatura de 30° C, sería una temperatura cercana al límite superior de la zona de tolerancia para *Cambarellus (C.) montezumae*, según los datos obtenidos por el método de TCM, ya que este autor observó que los organismos mantenidos a 33.5° C en verano y 27° C en invierno mostraron comportamientos de estrés inicial. Sin embargo, menciona que la tolerancia al factor temperatura está relacionada con el estadio de desarrollo presentándose una mayor resistencia en el estadio juvenil. No obstante, los resultados de estrés térmico están en relación con el proceso de aclimatación de los organismos y el método utilizado; ya que mediante el método TL<sub>50</sub> se ha observado que la temperatura subletal se alcanza a los 34° C (Maldonado, 1990). Sin embargo, podemos inferir que la temperatura de 30° C resulta ser estresante para los organismos, sobre todo si se considera el tiempo prolongado de exposición a este nivel del factor, dando como resultado un menor crecimiento.

La prueba "Post Hoc" Tukey del Análisis de Varianza mostró diferencias significativas solo para los valores obtenidos del índice morfométrico PH, para las temperaturas de 20° y 25° C, **(Tabla III)**. Sin embargo, se puede observar una tendencia a que el crecimiento sea mayor para los organismos mantenidos a 25° C. Es decir, la temperatura óptima podría encontrarse más cercana a esta temperatura. Lo anterior coincide con lo reportado por Santiago (2001) ya que recomienda el cultivo del acocil *Cambarellus (C.) montezumae* a una temperatura de entre los 22°- 24° C, rango en el cual este autor obtiene un mejor crecimiento. En conclusión el crecimiento de *Cambarellus (C.) montezumae* se ve incrementado en un corto periodo debido a un aumento en la temperatura; pudiendo además alcanzar la madurez sexual mucho más rápido en comparación con otras especies. Se han observado que organismos con una L.T de  $2.9 \pm 0.5$  mm puede alcanzar la madurez sexual en aproximadamente 3.5 meses (Morones, 1991; Santiago 2001; Vázquez 2009).

Por otro lado, esta especie presenta las ventajas de poder presentar varios desoves anuales; y tener un desarrollo en el huevo completo y de corta duración (Rosas 1976); aunado a lo anterior *Cambarellus (C.) montezumae* presenta un amplio rango de tolerancia a las variaciones de los parámetros fisicoquímicos del agua, tolera condiciones ambientales sub-óptimas sin que esto afecte el crecimiento sustancialmente. Por otra parte el crecimiento de *Cambarellus (C.) montezumae* puede incrementarse aún más si se ofrece una dieta con mayor contenido vegetal, ya que se ha observado que éste promueve el crecimiento, lo que resulta en otra ventaja, dado que se traduce en menores costos para el cultivo de la especie (Aguilar 1991, Latournerié, *et al.*, 2006).

### **7.3 SOBREVIVENCIA.**

La sobrevivencia, implica el registro preciso, o la estimación de los niveles de sobrevivencia en los sistemas de cultivo; lo cual resulta de fundamental importancia en el cálculo de las raciones de alimento, la estimación de la biomasa, la producción y por lo tanto el estado del cultivo en términos de rentabilidad (Goddard, 1996). De acuerdo a los valores obtenidos, el mayor porcentaje de sobrevivencia se obtuvo a 20° C (90 %), mientras que para 25° y 30° C fue de 70%. En general estos valores son altos en comparación con lo reportado por algunos otros estudios donde se evalúa el crecimiento de *Cambarellus (C.) montezumae*, (Aguilar, 1991; García, 1991).

Es importante mencionar que se observó que los organismos mantenidos a 30° y 25° C eran más propensos al canibalismo, ya que al mudar de una manera más frecuente, se encontraban más vulnerables ante los otros individuos, lo cual afectó la sobrevivencia. Sin embargo, podemos considerar los porcentajes como aceptables en comparación con algunos otros estudios donde se mide la sobrevivencia en relación a diferentes factores, temperatura, sobrevivencia, dieta, densidad, etc. (Aguilar, 1991; García, 1991; Santiago, 2001; Vázquez, 2009).

A pesar de que existen diversos estudios donde se señala que la sobrevivencia se ve disminuida al aumentar la temperatura, (Escobar, 1991; Hernández, 2008; Miguel, 1992; Prosser, 1991; Rodenas, 2001; Santiago, 2001) se pueden implementar mecanismos como lo son

los diferentes tipos de refugios y/o aumentar la cobertura de algunas plantas acuáticas, para asegurar niveles altos de sobrevivencia bajo determinadas condiciones de temperatura.

#### **7.4 TASA INSTANTÁNEA DE CRECIMIENTO Y PRDUCCIÓN.**

La estimación de la TIC es muy importante, ya que proporciona información en periodos de tiempo corto acerca del crecimiento de los organismos tanto en forma individual, como a nivel poblacional, y de esta forma es factible evaluar la biomasa ganada por los mismos. Esto proporciona información relevante desde el punto de vista de un cultivo. Los valores finales de los diferentes índices morfométricos evaluados fueron mayores para los organismos mantenidos a 25° C (**Tabla IV**), lo cual se vió reflejado en los valores promedio de la TIC. Lo anterior coincide con lo reportado por Miguel (1992) ya que a temperaturas de 24° y 28° C se observó un incremento tanto en la TIC como en la Producción.

La TIC total se comporta de forma muy similar a la producción ya que estos dos están íntimamente relacionados. La producción es una estimación de la formación de tejido corporal en este caso en términos de peso húmedo, por lo tanto se asume que los organismos mantenidos a 25° C obtuvieron una mayor formación de éste. Los valores de producción duplican los registros obtenidos a 20° C y son mayores en un 50% a los datos obtenidos a una temperatura de 30° C (**Tabla V**); por lo tanto la Producción y la TIC se vieron incrementadas con un aumento de temperatura, hasta cierto punto ya que a una temperatura mayor como lo es la de 30° C disminuyeron ambos indicadores.

#### **7.5 CONTENIDO CALÓRICO DEL TEJIDO Y PORCENTAJE DE AGUA CORPORAL.**

A pesar de que en general la retención de energía y la deposición de nuevo tejido resulta en un aumento de peso en los organismos, la tasa de crecimiento puede no ser una medida cuantitativa de la retención energética, en primer lugar porque la deposición de grasa reduce el contenido de agua en el cuerpo, cambiando por ello el valor energético por unidad de peso del animal vivo, y segundo porque el contenido de energía de la grasa y de la proteína por

unidad de peso son muy diferentes (Cho, 1995). Es por esto que el contenido calórico de los organismos también puede ser utilizado para el cálculo de producción (Chapman, 1978), ya que este refleja con mayor precisión la cantidad de tejido ganado. Así mismo, en su conjunto los valores del porcentaje de humedad y el contenido calórico del tejido de los organismos brindan una información más fehaciente sobre la ganancia energética y/o calórica de los organismos.

El contenido energético de los organismos mantenidos a 25° C fue mayor ( $3,049 \pm 11.5$  cal g/PS) en comparación con los tratamientos experimentales de 20° y 30° C, además su porcentaje de humedad también fue menor (76%), (**Tabla IV**). Lo anterior denota que estos organismos no sólo tienen una ganancia de peso (tejido) mayor (PH:  $0.27 \pm 0.03$ ); sino un mayor contenido calórico y por lo tanto poseen un mejor desempeño, es decir, estos organismos destinan como consecuencia de las adecuaciones fisiológicas una menor cantidad de energía al mantenimiento y por lo tanto una mayor cantidad de energía es canalizada al crecimiento.

Se observa además, que a la temperatura de 30° C el contenido calórico del tejido disminuye ( $2,165.5 \pm 19.1$ ) en comparación al contenido calórico de los organismos mantenidos a 20° y 25° C, lo cual coincide con lo reportado por Cornejo (1991) quien observó que a temperaturas altas (30° C) el contenido de energía por gramo de peso seco disminuía en comparación al contenido calórico de organismos a 20° y 25° C, esto puede deberse a que un aumento mayor en la temperatura causa descompensaciones fisiológicas, es decir, un metabolismo acelerado demandará un gasto energético mayor.

Por otra parte, los valores de contenido calórico del tejido son mayores a los reportados por García (2010), para organismos en su medio natural los cuales en promedio tienen un contenido calórico de 2743.1 cal/ej. (con un peso de  $0.386 \pm 0.03$ g), por lo tanto el contenido calórico de estos organismos es aceptable tomando en cuenta que en su hábitat los organismos tienen una dieta que podría resultar mucho más balanceada debido a la amplia disponibilidad de alimento, y a que el peso de los organismos es mucho mayor.

Ya que en general los valores obtenidos en este estudio de contenido calórico fueron mayores cuando se incrementó la temperatura en el intervalo de 20° - 25° C, se puede deducir que un incremento en la temperatura tendrá como efecto el aumento de contenido calórico del

tejido, hasta alcanzar un máximo, como reflejo de la optimización de diferentes aspectos fisiológicos de los organismos.

Maldonado (1990) observó mediante el método de  $TL_{50}$  un aumento en la concentración del ion  $Na^+$  y una disminución de  $K^+$  hasta en un 50% a 30° C, con respecto a la temperatura de aclimatación (determinada a 21° C), mientras que la presión osmótica total presentó una ligera disminución. Estos cambios podrían estar reflejando en los niveles de  $H_2O$  en *Cambarellus (C.) montezumae*, el cual podría aumentar su nivel de agua corporal para equilibrar las concentraciones de iones  $Na^+$  y  $K^+$ , lo cual por otra parte, requiere de un gasto energético adicional, que podría verse también reflejado en el contenido calórico del tejido de los organismos, dado el aumento en las demandas energéticas de ATP para mantener dicho equilibrio.

## 7.6 ÍNDICES FISIOLÓGICOS.

Resulta de suma importancia conocer el efecto de la temperatura sobre los índices fisiológicos: consumo de oxígeno y productos de excreción nitrogenada, dada su estrecha vinculación; ya que las pérdidas energéticas debido a estos procesos son determinantes para evaluar cual es el intervalo o nivel del factor en el que estas pérdidas de energía resultan mínimas, su conocimiento servirá por lo tanto de guía para favorecer y optimizar el crecimiento y sobrevivencia de los organismos (Hill y Wyse, 2006; Jobling, 1994; Prosser, 1991; Reynolds & Casterlin, 1979).

Los índices metabólicos  $QO_2$  y  $NH_4$  indican el grado en que un individuo consume sus reservas de energía fisiológicamente útiles presentes ya sea en su hábitat natural, o en determinadas condiciones experimentales y/o de cultivo. Es decir, el índice metabólico representa un indicador cuantitativo de la energía utilizada en los mecanismos metabólicos (Hill y Wyse, 2006). La temperatura es uno de los factores de mayor influencia sobre la tasa metabólica en tanto que ésta ejerce una gran influencia en una serie de procesos que corresponden a reacciones químicas-enzimáticas (Alcaraz, 1974; Re, et al., 2004; Richards, et al., 1977).

En los organismos poiquiloterms, el metabolismo está muy relacionado con la temperatura ambiental (Beamish, 1964; Brett, *et al.*, 1979; Fanjul, 2008; Jobling, 1994; Smirnov, *et al.*, 1987) por ello, la relación entre temperatura y tasa metabólica en condiciones de reposo es tal que incrementos de este factor producen en primera instancia un aumento aproximadamente exponencial de la tasa metabólica, hasta que el organismo se aclimata a las nuevas condiciones (Prosser, 1991; Huey & Bennett, 1990; Cifuentes-Lemus, *et al.*, 1997; Schmidh, 1997; Martínez-Porchas, 2006). Por lo tanto, al determinar la temperatura óptima a la cual los organismos tienen un mayor crecimiento, se logra que la mayor parte de las funciones fisiológicas se realicen con la máxima eficiencia, lo cual coadyuvará a reducir los costos de inversión y manutención de los organismos.

#### **7.6.1 Consumo de oxígeno (QO<sub>2</sub>).**

Los niveles de oxígeno consumido para un sustrato metabólico dado son proporcionales a sus gastos de energía. Esta es la razón por la cual las pérdidas de calor se cuantifican generalmente midiendo el consumo de oxígeno. El QO<sub>2</sub> depende estrechamente de la temperatura. Kinne (1970) señala el efecto relevante de la temperatura en el sentido de modificar la tasa metabólica como consecuencia de su influencia aceleradora en las reacciones enzimáticas, lo que se ve reflejado en la tasa de consumo de oxígeno (QO<sub>2</sub>) ya que influye al mismo tiempo en los requerimientos energéticos de actividades como la digestión, regulación del medio interno, crecimiento y reproducción.

El consumo de oxígeno ha sido usado como un indicador del estado fisiológico de los crustáceos ya que a través de su determinación se puede conocer la cantidad de energía utilizada para la realización de trabajo biológico; también se ha utilizado para evaluar el metabolismo activo, de rutina y post-alimentario, a fin de conocer los destinos de la energía ingerida a través del alimento cuando los organismos se exponen a diferentes condiciones ambientales (Villarreal y Rivera, 1993; Rosas, *et al.*, 2001).

Al someter a los organismos de los diferentes tratamientos experimentales a ciclos de 12 horas donde se midió el consumo de oxígeno ( $Q_{O_2}$ ) se encontró que para los organismos a 20° C el consumo calculado para un organismo de peso promedio para ese tratamiento experimental fue de  $240 \pm 21$  ( mg  $O_2$  / g PS / día), para los organismos mantenidos a 25° C se obtuvo la tasa de consumo más baja  $237.8 \pm 18$  ( mg  $O_2$  / g PS / día), mientras que para los organismos de la clase talla promedio mantenidos a 30° C se obtuvo un consumo de oxígeno promedio de  $317.0 \pm 40$  ( mg  $O_2$  / g PS / día). La prueba de Tukey del análisis estadístico ANOVA mostró que existen diferencias significativas entre los valores de consumo de oxígeno de los organismos mantenidos a 30° C respecto a 20° y 25° C ( $P < 0.05$ ).

En primera instancia estos datos señalan que en un intervalo de 20° - 25° C los organismos tienen un consumo de oxígeno similar, debido quizá a que en dicho intervalo los organismos presentan una sensibilidad a la temperatura muy similar, es decir el factor por el cual el metabolismo incrementa o disminuye para un determinado aumento de temperatura no es exactamente constante de un intervalo de temperatura al siguiente; ya que es bien conocido que habitualmente la relación entre la tasa metabólica y la temperatura es de hecho, sólo aproximadamente de forma exponencial en determinado intervalo de temperatura (Hill y Wyse, 2006) como sería el caso del consumo de oxígeno en un intervalo de 25°- 30° C.

Al realizar las equivalencias de este índice tomando en cuenta el coeficiente oxalórico  $Q_{ox}$  3.20 cal/mg  $O_2$  para la cantidad de oxígeno utilizada se obtuvieron tasas de 768.8, 760 y 1, 014 (cal día<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>) para los organismos de 20°, 25° y 30° C respectivamente; que en conjunto con el análisis de los datos obtenidos del contenido calórico del tejido de estos organismos se tiene que el porcentaje de energía destinada (respecto al contenido calórico del tejido de los organismos) para cubrir las demandas de oxígeno son del 30% para los organismos mantenidos a 20° C, del 24% a 25° C, y de 47% para los organismos mantenidos a 30° C; es decir en un intervalo de 5° C (20° - 25° C), se optimiza la utilización de energía para cubrir las demandas de este índice, ya que respecto al contenido energético total del organismo, la cantidad de energía destinada a la respiración será menor en el intervalo de 20-25°C respecto al porcentaje de energía destinada a la respiración respecto al contenido calórico del tejido de un organismo mantenido a 30° C.

García (2010) reporta que para organismos de *Cambarellus (C.) montezumae* en su hábitat natural, de aproximadamente la misma clase talla el porcentaje de energía destinado a la respiración es de 49% para la época cálida (22° C), mientras que para la época fría (18° C) representa un 50%. Dados los valores obtenidos en los diferentes tratamientos experimentales se puede observar (**Tabla VII**) que en general un aumento de temperatura hace más eficiente el costo de energía destinada a respiración, sobre todo en el intervalo de 20 a 25° C.

Por lo tanto, podemos concluir que en el rango de 20° a 25° C se presenta un mejor desempeño de los organismos dada la disminución de los requerimientos energéticos de los acociles, lo cual representa a su vez una cantidad de energía disponible para canalizar a crecimiento.

Finalmente, el análisis global de los individuos señala que el metabolismo de los organismos más grandes es mayor pero el índice metabólico de los pequeños es más elevado para las tres temperaturas experimentales (**Fig 5**) (Prosser, 1991). Esta misma relación, aunque de magnitud diferente, también ha sido observada en diferentes condiciones experimentales para diferentes especies (Cornejo, 1991; Gutiérrez, 1994; Sastre, 2004; Valbuena, 2006).

Es preciso señalar que, los parámetros evaluados para cada una de las ecuaciones de regresión ajustadas en correspondencia a la temperatura ensayada, expresan respuestas distintas para este índice fisiológico. La mayor correlación se obtuvo para los organismos mantenidos a 25° C ( $r = 0.81$ ) en comparación con los organismos mantenidos a 20° C ( $r = 0.58$ ) y 30° C ( $r = 0.52$ ). Los valores de consumo de oxígeno  $QO_2$ , respecto al peso húmedo de los organismo son más homogéneos, esto podría indicar que la mayoría de los organismos han tenido una respuesta de adecuación o ajuste similar en su tasa de consumo de oxígeno. El uso de las ecuaciones de regresión obtenidas para cada una de las temperaturas evaluadas son una herramienta importante para el acuicultor en el momento de tomar decisiones respecto a las condiciones de cultivo tales como temperaturas óptimas, densidades de siembra o capacidades de carga de acuerdo con la fase y requerimientos de oxígeno (Valbuena, 2006).

### 7.6.2 Excreción Nitrogenada ( $Q_{NH_4}$ ).

La excreción nitrogenada es un índice del catabolismo de las proteínas relacionado estrechamente con la tasa respiratoria, debido a que el  $O_2$  es el agente oxidante de dicho sustrato metabólico que se emplea durante el catabolismo como fuente de energía (Guillaume, 2004).

Los valores de excreción nitrogenada promedio para los organismos clase talla promedio mantenidos a  $30^\circ C$  fueron mucho menores comparados con los obtenidos para los organismos de  $20^\circ$  y  $25^\circ C$ ; esto podría deberse a que los organismos a esta temperatura se encuentran ya en un nivel de estrés, lo cual se refleja en un gasto metabólico alto, es decir un alto costo energético en el consumo de oxígeno; y en consecuencia el abatimiento de las reservas de energía del organismo, lo que se refleja en los bajos valores de excreción nitrogenada obtenidos.

Los valores más altos de excreción nitrogenada a  $25^\circ C$  coinciden con lo obtenido por Cornejo (1991) quien obtuvo valores de excreción nitrogenada mayores a  $24^\circ C$ , y a temperaturas más altas observa cierta depresión de la tasa de excreción ( $30^\circ C$ ) debido al estrés al que se encuentran sujetos los organismos y por lo tanto una menor capacidad para realizar ajustes que ayuden a compensar los altos costos de un metabolismo más acelerado.

Cornejo (1991) menciona que en los estadios de juvenil y adulto, las mayores tasas de excreción se dan en las temperaturas en las que el consumo de oxígeno ejerce menores demandas energéticas; en este caso correspondería a los organismos mantenidos a  $20^\circ$  y  $25^\circ C$ , debido a que las reservas energéticas que pueden ser metabolizadas para cubrir diferentes funciones del organismo son mayores y por lo tanto se obtendría una mayor cantidad de los productos finales de dicho metabolismo que son principalmente excretados en forma de amonio. Esto además puede ser el reflejo de una mejor reorganización en el metabolismo debido a los diferentes efectos de la temperatura sobre la actividad enzimática de diferentes vías metabólicas.

Así mismo, los valores obtenidos de la medición de la excreción nitrogenada se vieron reflejados una vez que se realizaron las respectivas equivalencias calóricas utilizando el coeficiente nitrocalórico  $Q_{ex}$  de 4.05 (cal/mg  $NH_4^+$ ) (Brafied & Solomon, 1972; Kay & Brafied, 1973). Para los organismos mantenidos a 20° C de 71.7 (cal/ej. PS día<sup>-1</sup>); a 25° C se obtuvo el valor más alto de 100 (cal/ej. PS día<sup>-1</sup>); y el valor más bajo para los organismos mantenidos a 30° C fue de 21 (cal /ej. PS día<sup>-1</sup>); por lo tanto, el porcentaje de energía destinada a el proceso de excreción nitrogenada fue de 2.9%, 3,2% y 1% para las temperaturas de 20°, 25° y 30° C respectivamente.

Los datos aportados por el Análisis de Varianza muestran (**Tabla VIII**) que no existen diferencias significativas para los valores promedio de excreción nitrogenada de los organismos mantenidos a 20° y 25° C, y que ambos valores difieren significativamente de los obtenidos a 30° C ( $p < 0.05$ ). Como se ha mencionado con anterioridad el rango de 20-25° C será por lo tanto en el que los organismos obtengan un mejor crecimiento y optimización de sus actividades metabólicas; lo cual se ha venido corroborando por los diferentes datos aportados por las pruebas estadísticas incluidas en el análisis de varianza tanto para los índices morfométricos como fisiológicos, en los cuales las diferencias significativas para el factor temperatura se mantiene para la temperatura de 30° C respecto de 20° y 25° C.

### **7.7 Relación O:N.**

La estimación de la razón O:N permite inferir que nutriente endógeno ó exógeno es la fuente principal de energía metabolizable, la cual es utilizada tanto para la acumulación de biomasa como para satisfacer las necesidades energéticas asociadas con el mantenimiento de la estabilidad fisiológica (González, 2006). Los valores obtenidos para la relación molecular del oxígeno utilizado en la tasa respiratoria ( $QO_2$ ) y excreción nitrogenada ( $QN-NH_4$ ) para los organismos bajo 20° y 25° C (16.9 y 12 respectivamente) muestran que el sustrato de estos organismos es a base de lípidos y carbohidratos, mientras que los valores (63.4) de organismos mantenidos a 30° C tienen un sustrato metabólico principalmente de carbohidratos.

Cornejo (1991) obtuvo el mismo comportamiento, y menciona que este fenómeno se está llevando a cabo a las temperaturas donde *Cambarellus (C.) montezumae* mostró una compensación en su tasa metabólica y sensibilidad térmica. No obstante esta capacidad de respuesta de los organismos, cuando el nivel del factor llega a ser estresante mostró una respuesta de depresión en la tasa metabólica que en relación con la excreción nitrogenada indicó mediante el cociente O:N el uso de carbohidratos.

Ya que los organismos mantenidos a 20° y 25° utilizaron una mezcla de lípidos-carbohidratos y los organismos mantenidos a 30° C principalmente carbohidratos como el principal sustrato energético para cubrir sus requerimientos metabólicos, se puede inferir que el mayor porcentaje de la proteína suministrada por la dieta a través del alimento ingerido, fue canalizada hacia el crecimiento.

#### **7.8 Determinaciones de la composición del tejido.**

El objetivo de la acuicultura, es que los organismos en cultivo produzcan una adecuada calidad de tejido en poco tiempo, así como la producción de proteína de alta calidad y de bajo costo para el consumo humano; lo cual se vincula no solo a la calidad del alimento ofrecido, sino también a las condiciones abióticas de dicho cultivo, entre éstas la temperatura **(Depto. de Pesca, 1981)**.

La energía metabolizable ingerida de un alimento que no es disipada en producción de calor, es retenida en el cuerpo en forma de nuevos elementos tisulares. En los organismos en crecimiento, parte de la energía retenida es almacenada como proteína y parte como grasa, pero a medida que un animal se acerca a su estado adulto una proporción creciente de energía es almacenada como grasa (Cho, 1999).

Dado que de la temperatura, dependen tanto los ajustes bioquímicos y fisiológicos, así como las reacciones metabólicas que involucren enzimas dependientes de este factor (Alpuche, 2005), resulta de gran importancia hacer un análisis sobre el efecto del factor temperatura sobre la variación bioquímica del tejido. Es bien conocida la influencia de la temperatura en los cambios en los tejidos animales; para responder a un cambio de temperatura existen

adaptaciones moleculares, como el caso de algunas propiedades cinéticas de diferentes enzimas, cambios en los lípidos de las membranas, grasas saturadas, tipo de fosfolípidos y cambios en el balance iónico y el pH (Hochachka & Somero, 2002). Sin embargo, son pocos los estudios que se han realizado acerca del efecto de la temperatura en la composición del tejido en crustáceos.

En este estudio se midió el contenido de triglicéridos, lípidos, glucosa y proteína en el tejido del acocil *Cambarellus (C.) montezumae* y se calculó su porcentaje promedio respecto al PS de los organismos mantenidos a 20°, 25° y 30° C. Se obtuvo que el porcentaje de triglicéridos (1.5%) fue mayor para los organismos mantenidos a 30° C respecto a los mantenidos a 20° y 25° C (0.7% para ambos tratamientos). Esto podría ser consecuencia de los reajustes metabólicos de los organismos mantenidos a 30° C, estos organismos al tener un metabolismo con altas demandas energéticas podrían realizar ajustes que involucran el aumento de reservas energéticas en forma de triglicéridos como una fuente más de reservas energéticas que ayuden a cubrir sus demandas metabólicas.

Los porcentajes obtenidos de lípidos para los organismos mantenidos a 20°, 25° y 30° C fueron de 10.45% (104 mg/g PS), 6.6% (57 mg/g PS) y 5.5% (54 mg/g PS), ya que las tallas obtenidas al finalizar la fase experimental fueron de un subadulto, el contenido de lípidos en general es menor en este estadio de desarrollo, sin embargo cabe señalar que a una temperatura de 20° C donde los organismos podrían tener una tasa metabólica más lenta, la cantidad de reservas energéticas en forma de lípidos podría ser mayor.

García (2003) realizó un estudio acerca del efecto de la temperatura (22°, 25°, 28° y 30° C) en el nivel de lípidos, proteínas y carbohidratos durante el desarrollo de *Cherax quadricarinatus* desde la extrusión del huevo hasta el estado juvenil. Este autor reporta que el consumo de lípidos se incrementó conforme se elevó la temperatura de un 50% aproximadamente para temperaturas de 22° y 25° C a un 80% en temperaturas de 28° y 30° C. Este autor menciona que los lípidos fueron las principales reservas en ser metabolizadas en respuesta a un incremento en la demanda energética a altas temperaturas para *C. quadricarinatus*.

Holland (1978) y Heras, *et al.*, (2000) también señalan que la tasa de agotamiento-consumo de lípidos a altas temperaturas se observa debido a que los lípidos son la principal fuente de energía durante las primeras etapas de desarrollo. En *Cambarellus (C.) montezumae* se observó que conforme aumentó la temperatura el contenido de lípidos en el tejido también disminuyó, es decir existe una mayor utilización de lípidos a temperaturas más altas (30° C) lo cual se ve reflejado en un menor porcentaje de estos en el contenido del tejido. Es importante mencionar que, la composición de los lípidos también se encuentran en relación directa con las respuestas de aclimatación a la temperatura y el estado de desarrollo. Se tiene evidencia de que algunos crustáceos de agua dulce que pasan el invierno como adultos, tienen una mayor proporción de cadenas largas poli-insaturadas que aquellos crustáceos que pasan el invierno como huevo (Prosser, 1991).

En cuanto al contenido de glucosa, se encontró que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los valores de los organismos mantenidos a 20° y 25° C (9.5 y 9.73 mg/g PS que representan el 1% para los dos tratamientos experimentales) respecto a los valores de los organismos mantenidos a 30° C (18.64 mg/g PS equivalente al 2.4%).

Los valores altos de glucosa de los organismos mantenidos a 30° C podrían explicarse debido a que la glucosa es una fuente de energía primaria necesaria para cubrir las demandas energéticas de los organismos, un análisis de la composición tejido de los organismos mantenidos a 30° C reflejaría los altos valores de glucosa que necesitan dichos organismos para cubrir sus altas demandas energéticas; sin embargo, este alto metabolismo por lo tanto también tendrá como consecuencia una disminución en las reservas energéticas.

Por otro lado diversos autores sugieren que un aumento en la glucosa de los organismos puede ser considerado como indicador biológico de estrés (Hall & van Ham, 1998; Racotta & Palacios, 1998; Pascual, *et al.*, 2003; Rosas, *et al.*, 2002).

En cuanto a los valores de proteína obtenidos por el método de análisis químico proximal fueron significativamente mayores ( $p < 0.05$ ) para el grupo de organismos mantenidos a 25° C (185.6 mg/g PS (65%)) respecto a los valores encontrados para los organismos mantenidos a 20° (102.5 mg /g PS (53%)) y 30° C, (95.2 mg /g PS (32%)). Se puede observar un incremento en la

proteína del tejido del acicil con respecto a la temperatura. Sin embargo, un aumento de temperatura a (30° C) produce una reducción de la misma debido a que los costos metabólicos disminuyen la cantidad de energía destinada a la producción de proteína, lo cual se verá reflejado en el crecimiento. El efecto de la temperatura en la síntesis de proteína ha sido más ampliamente estudiado debido a que poseen un papel fundamental como componente estructural de los tejidos, y bajo ciertas condiciones, son una importante fuente de combustible (Lemos & Phan, 2001).

McCarthy, *et al.*, (1999) estudiaron el efecto de la temperatura del agua (5°, 8°, 11° y 14° C) en la síntesis y consumo de proteína en los juveniles del pez lobo del Atlántico (*Anarhichas lupus*), encontrando que la tasa de consumo de proteína aumentaba de manera lineal de los 5° a los 14° C, mientras que la tasa de síntesis mostró un aumento hasta cierto nivel de temperatura, pasado el cual tendió a disminuir. En general, se ha encontrado que pasada la temperatura óptima, es decir cercano al límite superior de la especie los procesos bioquímicos y fisiológicos se ven alterados, lo cual se reflejará en una disminución en los niveles de síntesis de proteína lo cual podría estar ocurriendo con los organismos mantenidos a 30°C, ya que los valores obtenidos por los índices fisiológicos  $QO^2$  y  $NH_4^+$  muestran un alto metabolismo con demandas energéticas altas que los organismos no son capaces de compensar.

La disminución en la síntesis de proteína en un rango de temperatura que no es óptimo para la especie, ha sido observada para otras especies, entre ellas *Cyprinus carpio* para la que se ha sugerido que su tasa máxima de síntesis de proteína coincide con la temperatura óptima para el crecimiento de esta especie; en el caso de *Cambarellus (C.) montezumae* una temperatura alrededor de los 25° C. Por lo tanto una disminución de la síntesis de proteína se presenta en rangos de temperaturas donde el desempeño de la especie es menor, como es el caso de los organismos mantenidos a 30°C (Goolish & Adelman, 1984; Loughna & Goldspink, 1985).

Por otro lado Haschemeyer, *et al.*, (1979) midieron el efecto de la temperatura (20°, 26° y 30° C) en la síntesis de proteína de *Ogcocephalus darwini*, *Epinephelus labriformis* y *Netuma platypogon*, los resultados obtenidos para las tres especies muestran que los valores de la tasa

de síntesis de proteína aumentan conforme se incrementa la temperatura hasta cierto punto (alrededor de los 26° C) pasado el cual esta tiende a disminuir, cerca del límite superior de resistencia de la temperatura, como es el caso de los acociles mantenidos a 30° C.

García (2003) midió la tasa de consumo de proteínas en *Cherax quadricarinatus* desde la extrusión del huevo hasta el estado juvenil en organismos mantenidos a diferentes temperaturas (22°, 25°, 28° y 31° C) encontrando que el menor consumo de proteína que constituyen las reservas energéticas del huevo de los acociles se encontraba alrededor de los 25° C, después de esta temperatura el consumo tendía a aumentar. Una disminución en el agotamiento de proteínas estaba además relacionado con una mayor índice de eficiencia, es decir una mayor sobrevivencia y menor gasto de energía para el crecimiento. Sin embargo, al aumentar la temperatura (pasado el rango de temperatura óptima para el crecimiento), la síntesis de tejido es deficiente debido a que más proteínas son usadas como combustible para el metabolismo, y por lo tanto hay un consumo o agotamiento mayor de ésta. Estos datos en general son similares a los obtenidos para *Cambarellus (C.) montezumae*, donde alrededor de 25° C encontramos una mayor eficiencia y desempeño reflejado en un menor costo en el metabolismo energético y un mayor crecimiento.

En contraste con los trabajos antes mencionados podemos concluir que un mayor porcentaje de proteína en nuestros organismos se relaciona tanto con el incremento de temperatura como con la temperatura óptima de crecimiento, ya que pasado este punto también se observó una disminución de proteína en el tejido de los acociles. Sin embargo hay que recordar que esta temperatura óptima puede cambiar de acuerdo a la edad, sexo, la alimentación o los diferentes estadios del ciclo de vida de los organismos (Jobling, 1994; McCauley, 1977). Por ende, es evidente la existencia de mecanismos compensatorios en los acociles, los cuales les permiten sobrevivir en una amplia gama de temperaturas.

## 8. CONCLUSIONES.

- La influencia del incremento de la temperatura se vio reflejado en el aumento del crecimiento (índices morfológicos) de las crías de acocil *Cambarellus (C.) montezumae*.
- De acuerdo a los valores derivados de las mediciones de los índices morfométricos y fisiológicos de crías de acocil *Cambarellus(C.) montezumae* el intervalo óptimo para su crecimiento y sobrevivencia se encuentra entre los 20° y 25° C, donde los organismos tienen un mejor desempeño.
- Un aumento en la temperatura a (30° C) provocó una disminución en el crecimiento y ajustes en los índices fisiológicos de los organismos que reflejan que estos se encuentran ya en cierto nivel de estrés.
- La influencia de la temperatura en la tasa metabólica está acompañada por cambios en el consumo de las reservas energéticas, lo cual se reflejó en la composición bioquímica del tejido, ya que las diferentes temperaturas experimentales tuvieron un efecto a diferentes niveles en éstos.
- El porcentaje de proteína y producción del tejido del acocil se maximiza a 25° C.
- Se recomienda un intervalo de temperatura entre los 20° y 25° C para el cultivo de crías de acocil *Cambarellus (C.) montezumae*.

#### LITERATURA CITADA.

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

Alcaráz, M. 1974. Consumo de oxígeno en función del tamaño y temperatura en crustáceos. Inv. Pesq. 38 (2): 289-304.

Alpuche, J. Pereyra, A. y Agundis C. 2005. Respuestas bioquímicas de camarones marinos a factores ambientales. Revista Electrónica de Veterinaria, Vol. VI, No 5: 147-154.

Álvarez, F. A. y R. Rangel. 2007. Estudio poblacional del acocil *Cambarellus (C.) montezumae* (Crustacea: Decápoda: Cambaridae) en Xochimilco, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 78: 431-437.

Amador, C. G. 2001. Termorregulación de juveniles y adultos de la langosta de quelas rojas *Cherax quadricarinatus*. Tesis de maestría. CICESE. México, Ensenada, B.C. 64 p.

Anguas, V.H. B. et al. 2003. Efecto de la temperatura y la densidad de cultivo sobre el crecimiento de juveniles de la cabrilla arenosa, *Paralabrax maculatofasciatus*. Hidrobiológica 2003, 13 (4): 309-315.

A.O.A.C 1995. Official methods of análisis. 15<sup>TH</sup> ed. Washington: Association of Official Agricultural Chemists.

Arana, M. F. C., y Ortega S. A. A. 2004. Rearing the Cauque Prawn Under Laboratory Conditions. North American Journal of Aquaculture 66 (2): 158-161.

Armitage, B. K. & Terry J. W. 1982. The effects of body size, starvation and consumption of the crayfish *Orconectes nais*. *Comparative Biochem. Physiology.* (1): 73A 63-68.

Auvergne, A. 1982. El cangrejo de Río. Mundi-Prensa. Madrid España. 119 p.

Avault, Jr. J. W. & J. V. Huner. 1985. Crawfish culture in the United States. In J. V. Huner & E. E. Brown (Eds.) *Crustacean and mollusk aquaculture in the United States*. AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. USA. 1-312 p.

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

Beamish, F.W.H. 1964. Respiration of Fishes with Special Emphasis on Oxygen Consumption Influence of Weight and Temperature on Respiration of Several Species. *Can. J. Zool.* 42:177-188.

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

Brett, J.R. & T.D.D. Groves. 1979. Physiological energetics. In: *Fish Physiology*. VIII. W.S. Hoar & J.D. Randall. Academic Press, New York, USA. p: 279-352.

Calderer, R. A. 2001. Influencia de la temperatura y salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (*Sparus aurata* L.). Tesis de Doctorado. Universidad de Barcelona. España. 206 p.

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

Castañón, C., Escamilla G. C., García R. C., 1996. El cultivo del acocil. *Ciencia y Desarrollo*. 21 (130): 76-80.

Castelló, O. F. 1993. Acuicultura marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Ed. Universidad de Barcelona, España. 737 p.

Chapman, W. D. 1978. Production. In: Bagenal, T. (Ed.) Methods for assessment of fish production in fresh Waters. 3er.Ed. IBP. No3. Blackwell Sci. Publ. Oxford. 1-365 p.

Cho, C. Y. & D. P. Bureau. 1999. Bioenergética en la formulación de dietas y estándares de alimentación para la acuicultura del salmón: principios, métodos y aplicaciones. En: Cho, C. Y. y Bureau, P. D. Avances en Nutrición Acuícola III. Memorias del Tercer Simposio Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Noviembre, 1996. Monterrey, N.L., México. 33-64p.

Chen, J.C., Kou, T.T. 1996. Nitrogenous excretion in *Macrobrachium rosenbergii* at different pH levels. *Aquaculture*, 144: 155-164.

Chen, J.C. & Kou, Y.Z. 1993. Accumulation of ammonia in the haemolymph of *Penaeus monodon* juveniles. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 101C: 453-458.

Cifuentes-Lemus, J.L., Torres-García, P. y M.M. Frias. 1997. Comportamiento de los organismos marinos frente a la temperatura y a la salinidad. En: Cifuentes-Lemus, J.L., Torres- García, P. y Frias, M.M. El Océano y sus Recursos IV. Ciencias del Mar: Oceanografía Biológica. 1-199 p.

Civera, C. R. y L. E. Cruz. 1982. "Bioensayos de incubación artificial del acocil *Cambarellus montezumae*.(Saussure, 1858) (larkia, Astacidae). Informe de Servicio Social, Licenciatura en Hidrobiología. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa. México, D.F. 74 p.

Claussen, L. D. 1979. larki acclimation in the crayfish *Orconectes rusticus* and *O. larkia*. *Comparative Biochemical Physiology*. Vol 66A: 377-384.

Clark, T.D. & R.S. Seymour. 2006. Cardiorespiratory physiology and swimming energetics of a high-energy-demand teleost, the yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). *Journal of Experimental Biology* 209:3940-3951.

- Cornejo, R. A. N. 1991. Selección térmica del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea:Decapoda:Astacidae) y su correlación con algunos índices fisiológicos. Diferencias estacionales. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM, México, D.F. 43 p.
- Cortés, O. J. A. 2010. Interacción de depredación entre el ajolote (*Ambystoma mexicanum*) y el acocil (*Cambarellus montezumae*) especies nativas de Xochimilco. Tesis de maestría, Facultad de ciencias. UNAM, México, D.F.
- Crawshaw, L.I. 1974. Temperature selection and activity in the Crayfish, *Orconectes immunis*. Journal Comparative Physiology (95): 315-322.
- Crawshaw, L.I. 1983. Effects of thermal acclimataion and starvation on temperature selection and activity in the Crayfish, *Orconectes immunis* .Comparative Biochemical Physiology (2): 74 A: 475-477.
- De la Lanza G., y Hernández, S., 1998. Aspectos fisicoquímicos que determinan la calidad del agua. P: 27-66. En: Martínez Córdova, L. (Ed.) Ecología de los Sistemas Acuícolas. AGT Editor. México, D.F. 1-227 p.
- Díaz, F. G., Escalante, A. D. y Sierra, E. 1999. Efecto de la salinidad sobre la fisiología energética del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone). Hidrobiológica. 18 (2): 105-115.
- Díaz, F. G., Escalante, A. D. y Sierra, E. 2006. Fisiología energética de *Cherax quadricarinatus* (von Martens) alimentado con dos dietas, expuesto a un régimen constante y fluctuante de temperatura. Hidrobiología 16 (1): 35-44.
- Díaz, H. F. *et al.*, 1992. Balance energético de postlarvas y juveniles del langostino Malayo *Macrobrachium rosenbergii* de Man (Crustacea: Palaemonidae). Cienc. Mar. 18:19-32.
- Díaz, H. F. 2002. Behavioural thermoregulation and critical thermal limits of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman). Journal of Thermal Biology. 27: 423–428.

Díaz, H., Bücle, F. & Espina, S. 2003. Preferred and avoided temperatures of the prawn *Macrobrachium acanthochirus* (CRUSTACEA, PALAEMONIDAE). Boletín del centro de investigaciones biológicas. Universidad del Zulia, Venezuela. 37 (2):103 – 117.

Díaz, I. E. *et al.*, 2004. Temperatura preferida y consumo de oxígeno circadiano de la langosta roja *Panulirus interruptus* (RANDALL, 1842). *Ciencias Marinas*. 30 (01): 169-178.

Dorn, J. N. & M. J. Wojdak, 2004. The role of omnivorous crayfish in littoral communities. *Oecología* 140: 150-159.

Elliot, J. M. & W. Davison. 1975. Energy equivalents of oxygen consumption in animal energetics. *Oecología*. (19):195-201.

Espina, S., Díaz H., lark F. 1992. Preferred and avoided temperatures in the crawfish *Procambarus larkia* (Decapoda, Cambaridae. *Journal of Thermal Biology*. (1):18, 35-39.

Escalante, A. G. 2001. Fisiología Energética de *Cherax quadricarinatus* efecto de la temperatura y dietas. Tesis de Maestría. CICESE. Baja California. México. 50p.

Fanjul de Moles, M. L., 2008. Regulación y temperatura. Vol I. Cap 3. En: *Biología Funcional de los animales*. Ma. Luisa Fanjul de Moles y Hiriart Marcia Editoras. Siglo XXI. México. P:55-86.

Fauconneau, B. & Arnal, M. 1984. In vivo Protein synthesis in different tissues and the whole body of rainbow trout (*Salmo gairdnerii*) influence of environmental temperature. *Comparative Biochemical Physiology*. Vol 82<sup>a</sup>. No 1: 179 – 187.

Farkas, T. & Nevenzel, C. J. 1974. Temperature acclimation in the Crayfish: Effects on Phospholipid fatty acids. *Lipids*. 6(5):341 – 346.

Fisher, L. & Florey E. 1981. Temperature effects on neuromuscular transmission (opener muscle of Crayfish *Astacus leptodactylus*). *Journal of Experimental Biology*. 94: 251–268.

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

Floyd, F. R. 2009. Ammonia in Aquatic Systems. IFAS. University of Florida. FA16.

Gayosso, S. F. 2009. Evaluación de Metales pesados en el acocil y la carpa del Lago de Xochimilco. Tesis de Licenciatura. FES-Zaragoza. UNAM. México, D.F. 95 p.

García, G., Villarreal, H., Racotta, I. 2003. Effect of temperature on lipids, proteins, and carbohydrates levels during development from egg extrusion to juvenile stage of *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). Comparative Biochemistry and Physiology Part A 135:147–154.

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

García, P. M. G. 2010. Estimación del Balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* en el lago de Xochimilco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 92 p.

Goddard, S. 1996. Feed Management in Intensive Aquaculture. Chapman & Hall. USA. 194 p.

Goolish, E. M. & Adelman I.R. 1984, Effects of ration size and temperature of the growth of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*) Aquacultue. 36:27-35.

Guillaume, J., Kausluk, S., Bergot, P., 2004. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Ed. Mundi-Prensa, España. 1-407p.

Hargreaves, A. J. & C.S.Tucker. 2004. Managing Ammonia in Fish Ponds. Louisiana State University Agricultural and Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publication No. 4603. 1-8 p.

Gutiérrez, Y., Bravo U., Jordá R., Baltanás, A. 1994. Análisis preliminar de la tasa metabólica estándar en el cangrejo rojo, *Procambarus clarkii* (Decápoda: Cambaridea), en el bajo Guadalquivir. *Limnética* 10 (1):123-128.

Hall, M.R., & van Ham, E. H. 1998. The effects of different types of stress on blood glucose in the giant tiger prawn *Penaeus monodon*. *J. World. Aquacult. Soc.* 29: 290-299.

Haschemeyer, A. E. V. 1979. Effect of temperature on protein synthesis in fish of the Galapagos and Perlas Islands. Vol. B No 64:91-95.

Heras, H., González-Baro, M., & Pollero, R. 2000. Lipid and fatty acid composition and energy partitioning during the embryo development in the shrimp *Macrobrachium borellii*. *Lipids* 35: 645–651.

Hernández, D. A., Bückle, F., & Espina, S. 2003. Preferred and avoided temperatures of the prawn *Macrobrachium acanthochirus* (CRUSTACEA, PALAEMONIDAE). *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 37(2): 103-117.

Hernández, R.M. 1994. Tolerancia térmica del langostino *Macrobrachium tenellum*. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada CICESE. Ensenada Baja California. México. 86 p.

Hernández, R. H, Bückle, R.L.F & Díaz, H.F., 1996. Critical thermal maximum of *Macrobrachium tenellum*. *Journal of Thermal Biology*. Vol. 21, (No. 2), 139–143.

Hernández, S. P. 2008. Efecto de la temperatura en el crecimiento y Sobrevivencia del langostino *Marobrachium occidentale* y del acocil *Cherax quadricarinatus*. Tesis de maestría. CIIDIR-Sinaloa. IPN. México. 60 p.

Hill, W. R. & Wyse, A. J. 2006. Animal Physiology. Ed. Panamericana. Madrid, España. 1-1036 p.

Hinojosa G. D. 1999. Relación intraespecífica del acocil (*Cambarellus montezumae lermensis*) y la carpa (*Cyprinus carpio*) en embalses someros del Alto Lerma. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM., México, D.F. 42 p.

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

Hochachka, P.W & G.N Somero. 2002. Biochemical Adaptation: Mechanisms and Processes in Physiological Evolution. Oxford University Press. **EUA.**

Holdich, M.D. & Reeve, D.I. 1988. Funtional morphology and anatomy. *In*: Holdich, M.D. & Lowery, S.R. (Eds.). *Freshwater crayfish. Biology, management and exploitation*. Croom Helm and Timber Press, London and Portland. EUA. p:11-51.

Holdich, D. M. 2002. Biology of Freshwater Crayfish. Blackwell Science, Oxford. England. 1-702 p.

Huner, J.V. 1991. Aquaculture of freshwater crayfish. In: Nash, E . (Ed.), Production of aquatic animals. Crustaceans, mollusks, amphibians and reptiles. World Animal Science, Chap. 4, Elsevier Science Publishers, Amsterdam. **p**:45-66.

Huey, R.B. & A.F. Bennett. 1990. Physiological adjustments to fluctuating thermal environments: An ecological and evolutionary perspective. Stress proteins in biology and medicine. 37-59p.

Inouye, S. L & L. R. Guiherme. 2006. Comparison of macro-gravimetric and micro-colorimetric lipid determination methods. Talanta. 70 (3): 584-587.

- Jobling, M. 1994. *Fish Bioenergetics*. Chapman and Hall, London. 1-309 p.
- Kay, D. G. & A. E., Brafield. 1973. The energy relations of the polychaete *Neanthes virens* (Sars). *Journal Animal Ecology* 42(3): 673-692.
- Kerambrun, P. 1988. Adaptation a la temperature: Aspects physiologiques et genetiques. *Oceanis*, 14: 565–578.
- Kinne, O. 1970. Temperature: Animals, invertebrates. In Kinne, O. (Ed.). *Marine Ecology*. Wiley-Interscience New York, USA. Vol. 1 Part II. p:407-616.
- Kumul, M., Eroldogan, O.T. & Aktas, M. 2000. Effects of temperature and salinity on larval growth, survival and development of *Penaeus semisulcatus*. *Aquaculture* 188: 167– 173.
- Lagerspetz, K, Y. H. & Liisa, A. V. 2006. Thermal behaviour of crustaceans. *Biol. Rev. Philosophical Society*. 81:237–258.
- Latournerié, C. J.R., Nacif O. Y., Cárdenas V. R. 2006. Crecimiento, producción y eficiencias de energía de crías de acocil *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1858) alimentadas con detritus de *Egeria densa*. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*. 7 (12): 1-11.
- Lemos, D. & Phan, V. 2001. Energy partitioning into growth, respiration, excretion and exuvia during larval development of the shrimp *Farfantepenaeus paulensis*. *Aquaculture* 199: 131–143.
- Lenwood, H. W. *et al.*, Temperature preference of the Crayfish *Orconectes obscurus*. *Archives of the Environmental Contamination and toxicology*. 7:379-383.
- Loughna, T.P. & Goldspink G. 1985. Muscle protein synthesis rates during temperature acclimation in a eurythermal (*Cyprinus carpio*) and stenothermal (*Salmo gairdneri*) species of teleost. *Journal Experimental Biology*. 118:267-276.

Lowe, K. 2010. Physiological and behavioural responses to seasonal changes in environmental temperature in the Australian spiny crayfish *Euastacus sulcatus*. Journal Comparative Physiology. Vol. 180B:653–660.

Lucas, A. 1996. Bioenergetics of Aquatic Animals. Taylor & Francis. U.K. 1-165 p.

Maldonado, R. J. 1990. Respuesta al estrés térmico del acocil *Cambarellus montezumae* SAUSSURE. Comparación de métodos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM., México, D.F.

Martínez-Porchas, M., Pereyr, A., Agundis, C. 2009. Dinámica del crecimiento de peces y crustáceos. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. 7 (12):1695-7504.

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

McCarthy, D.I. 1999. Effects of the water temperature on protein synthesis and protein growth in juvenile Atlantic wolfish (*Anarhichas lupus*). Canadian Journal Fish. Aquatic. (56):231-241 pp.

Medina-Romo, E. Z. 2005. Respuesta fisiológica del abulón amarillo *Haliotis corrugata* a diferentes combinaciones de temperatura y salinidad. Tesis de maestría. CICESE. 52 p.

Medina-Zendejas, R. 2006. Metabolismo respiratorio, excreción nitrogenada, relación O:N, capacidad osmoreguladora, crecimiento, frecuencia de muda y sobrevivencia en juveniles de *Litopenaeus vannamei* mantenidos a baja salinidad y alimentado con diferentes dosis de astaxantina. Tesis maestría. CICESE. 59 p.

Mente, E. 2003. Nutrition, Physiology and Metabolism of Crustaceans. Science Publishers Inc. Enfield, New Hampshire, USA. 1-160 p.

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

Moctezuma, M. A. 1996. Bases biológicas y técnicas para el cultivo del acocil *Cambarellus montezumae*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, México. 85 p.

Montero, M. 2005. Visión general del sector acuícola Nacional - México. En: Pesca de la FAO y el Departamento de Acuicultura [en línea]- <http://www.fao.org/fishery/countrysector/>

Morones, F. 1991. Aspectos reproductivos bajo condiciones de laboratorio de *Cambarellus montezumae* (Saussure) proveniente de la zona lacustre de Xochimilco. D.F. Informe de servicio social. Licenciatura en Biología. UAM-Xochimilco. México.

Motoh, H. 1981. Studies on the fisheries biology of the giant tiger prawn, *Penaeus monodon* in the Philippines. Tech. Rep. No. 7, SEAFDEC Aquaculture Dept., Iloilo, Philippines. 1-128 p.

Niu, C., Lee, D., Goshima, S., & Nakao, S. 2003. Effects of temperature on food consumption, growth and oxygen consumption of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) postlarvae. Aquaculture Research. 34: 501-506.

Nystrom, P., C. Brönmark & W. Graneli. 1996. Patterns in benthic food webs: a role for omnivorous crayfish? *Freshwater Biology* 36:631-646.

Ocampo, V. L. 2000. Energía metabolizable y eficiencia neta de crecimiento bajo el efecto de variaciones medioambientales en el camarón. p: 187-201 En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz- Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. La Paz, B.C.S., México. Noviembre 15-18 p.

Palacios, G. J. A. 2003. Aspectos de reproducción, alimentación y crecimiento en cautiverio de *Cambarellus montezumae*, Saussure 1858. (Crustácea: Decápoda) de Xochimilco. Informe de servicio social. Licenciatura en Biología UAM-Xochimilco. México. 44 p.

Palacios, E.M. 1999. Caracterización fisiológica del agotamiento reproductivo y optimización de la producción del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) (Decapoda, Penaeidae) Tesis Doctoral. CIBNOR. México. 193 p.

Pascual, C. Gaxiola, C., Rosas, C. 2003. Blood metabolites and hemocyanin of the white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: the effect of culture conditions and a comparison with other crustacean species. *Marine Biology*, 142: 735-745.

Payette, L. A. & Ian J.Mc Gaw. 2003. Thermoregulatory behavior of the crayfish *Procambarus clarkii* in a burrow environment. *Comparative Biochemistry and Physiology*. (03) 136 A: 549-556.

Phillipson J. 1975. Introduction to Ecological Energetics. In: Grodzinski, W., Klekowski, R.Z. & Duncan, A. (Eds.). *Methods for Ecological Bioenergetics*. IBP No. 24. Blackwell Scientific Publications. Oxford. p:3-13.

Prosser, L. C. 1991. *Environmental and Metabolic Animal Physiology*. Wiley-Liss, University of Michigan, USA. 1-578 p.

Racotta, I.S., & Palacios, E., 1998. Hemolymph metabolic variables in response to experimental manipulation stress and serotonin injection in *Penaeus vannamei*. *J. World. Aquacult. Soc.* 29: 351-356.

Rasmussen, T. & Tande, K. 1995. Temperature-dependent development, growth and mortality in larvae of the deep-water prawn *Pandalus borealis* reared in the laboratory. *Marine Ecology Progress series*. Ser 118: 149-157.

Re Araujo, A. D. y L. F. Bückle. 1985. Crecimiento y Supervivencia de *Procambarus clarkii* Girard (Crustácea, Decápoda) con diferentes temperaturas y dietas isocalóricas. Ciencias Marinas. 11 (2):39-68.

Regnault, M. 1987. Nitrogen excretion in marine and fresh-water crustacea. Biological Review 62:1-24.

Reynolds, W.W. & M.E. Casterlin. 1979. Behavioral thermoregulation and the final preferendum paradigma. Am. Zool. 19:211-224.

Rodenas, S. P. *et al*, 2001. Production of river prawn *Cryphiops caementarius* larvae in artificial facilities: Preliminary Report. Facultad de Oceanografía, Pesquería y Ciencias Alimentarias (FOPCA) Universidad Nacional Federico Villarreal. Venezuela, 7 p.

Rodier, J. 1981. Análisis de las Aguas. Ed. Omega. España. 1-1059 p.

Rodríguez-Serna, M. y C. Carmona-Osalde. 2002. Balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustácea: Astacidae: Cambaride) y pérdida de energía en la tasa metabólica. Universidad y Ciencia. 18(36): 128-134.

Rosas, C. *et al*. (1996). Effect of dietary protein on apparent heat increment and postprandial nitrogen excretion of *P. setiferus*, *P. schmitti*, *P. duorarum* and *P. notialis* postlarvae. Journal of the World Aquaculture Society. 27:92-102.

Rosas, C., Gaxiola G., Sánchez A. 2000. El metabolismo del nitrógeno y su relación con los requerimientos nutricionales de los camarones peneidos. 166-186 p. En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 1998. La Paz, B.C.S., México.

Rosas, C., López, N., Mercado, P. & Martínez, E. 2001. Effect of salinity acclimation on oxygen consumption of juveniles of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. J. Crust. Biol. 21:912-922.

Rosas, C., Sánchez, A., Chimal, E., Brito, R., 2003. Manual de métodos para la evaluación del balance energético en crustáceos. Centro de Formación de la Cooperación Española en Cartagena de Indias Colombia.43 p.

Rosas, M. M. 1976. Datos biológicos sobre el acocil del Lago de Pátzcuaro (*C. montezumae patzcuarensis*). *Memoria del Simposio Sobre Pesquerías en Aguas Continentales*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, Instituto Nacional de la Pesca, Vol. II, 89-123 p.

Sánchez, M., Romero, J. Negrete, R. 2008. Aprovechamiento de los ambientes reducidos para la producción de organismos acuáticos susceptibles a cultivo, para el consumo humano. *Revista del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. 40(1): 55-67.

Santiago, M. C. 2001. Evaluación de la tasa de crecimiento de *Cambarellus montezumae* (Saussure, 1858) (Crustacea: Decapoda) a diferentes temperaturas bajo condiciones de laboratorio y algunos aspectos de su ciclo biológico. Informe de Servicio Social, Licenciatura en Biología, Departamento del Hombre y su Ambiente, CBS, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, 50 p.

Sastre, O.F. *et al*, 2004. Influencia del peso corporal y de la temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de la Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, Supl. 17:11-16.

Schmidt- Nielsen, K. 1994. *Animal Physiology. Adaptation and environmental*. Cambridge University Press, USA. 1-602 p.

Smirnov,B.P., Barybina, I. A. & Klayashtorin, L. B. 1987. Relationship between standard metabolism and temperature in juvenile Pacific salmon. *J. Ichthyol.*, 27: 15-22.

Stephens, J. P. 1985. The effects of temperature and acclimation on crustacean nerve-muscle physiology. *Biol. Bull.* 169: 92-105.

Taylor, C. R. 1990. Crayfish (*Procambarus spiculifer*) growth rate and final thermal preferendum. *Journal. Thermal Biology*. 15(1):79-81.

Valbuena-Villarreal, R. D. I. y Cruz C. P. E. 2006. Efecto del peso corporal y la temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Orinoquiq. Villavicencio. Colombia. (Vol10):1. 57-63.

Vásquez, G. A. 2009. Aspectos sobre la reproducción y el crecimiento del acocil *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857), en condiciones de laboratorio. Tesis de maestría. UAM-Xochimilco. México, D.F.

Vernberg, F. J. 1981. Crustacea. In: T.J. Pandian & F.J. Vernberg (Eds.). *Animal Energetics, protozoa through insect*. Academic Press Inc. New York. EUA. p:301-372.

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

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

Villarreal, H. & Rivera, R. (1993). Effects of temperature and salinity on the oxygen consumption of laboratory produced *Penaeus californiensis*. *Comparative Biochememistry Physiology*. 106A: 103–107.

Waller, U. (1992). Factors influencing routine oxygen consumption in Turbot, *Scophthalmus maximus*. *J. Appl. Ichthyol.*, 8:62-71.

ANEXO A.

**Parámetros Físico-Químicos del lago de Xocimilco durante  
el muestreo del Mes de Octubre 2009.**

Localidad	Estrato	T ° C	O <sub>2</sub> (mg/l)	pH	Conduc (μs)	P. Redox (mV)
Bordo	Superficie	19.8	12.6	9.55	746	377
	Fondo.	19.3	6.1	9.57	780	388
Cuemanco	Superficie	19.1	12.4	9.26	845	423
	Fondo.	18.0	6.8	9.25	854	423

## ANEXO B.

### SOLUCIONES

#### Buffer de lisis.

50mM Tris pH 7.4

150mM NaCl

1% Tritón

0.1% SDS

0.02mM PMSF

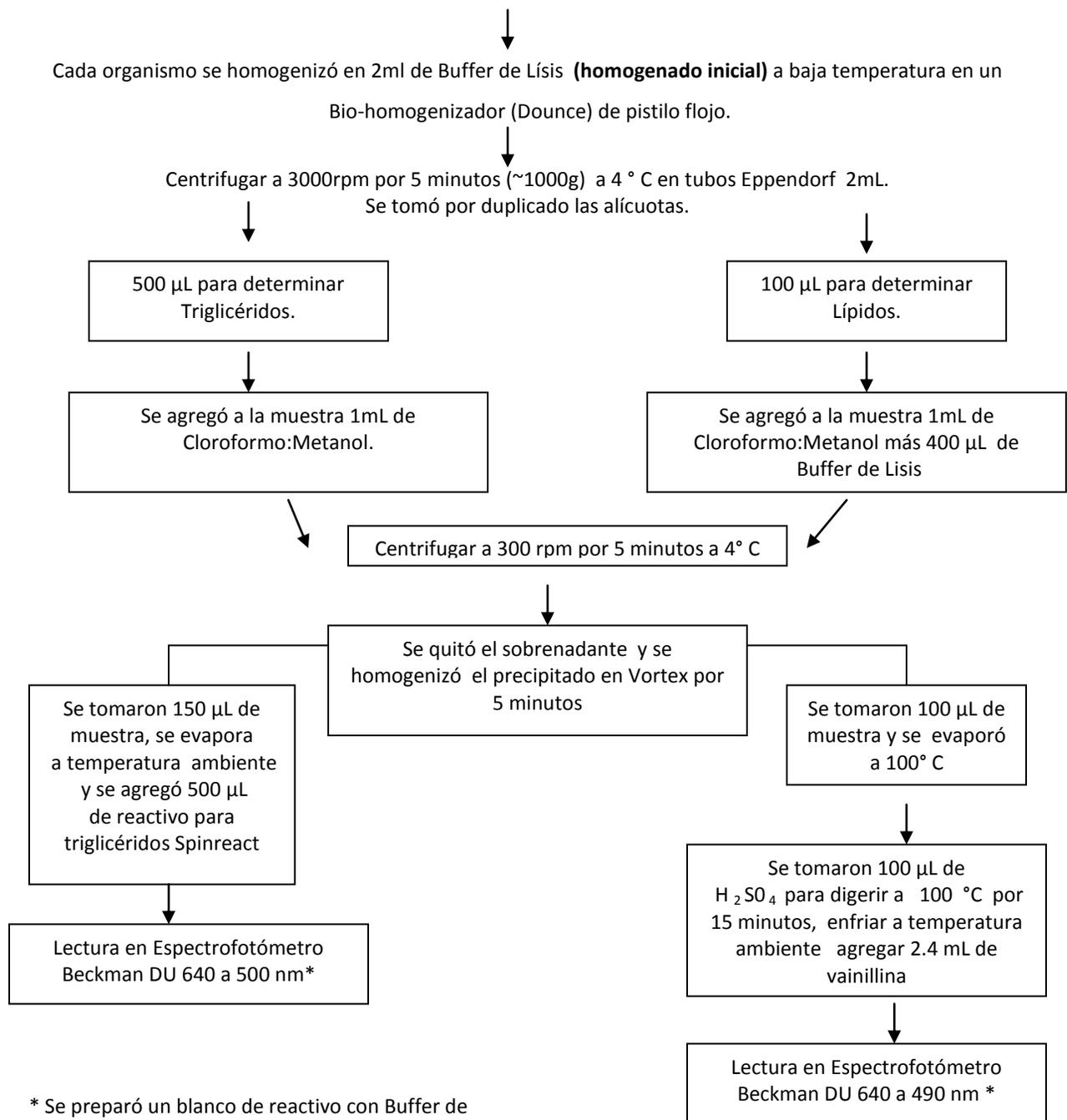
#### Reactivo de vainillina -40ml-.

48mg vainillina

8ml de agua desionizada

32 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

**Determinaciones Bioquímicas de: Triglicéridos y Lípidos, en el tejido de *Cambarellus (C.) montezumae* mantenidos durante 60 días a 20°, 25°, y 30° C (5 organismos por tratamiento).**



## ANEXO B.

### Determinaciones Bioquímicas de Glucosa

5 Organismos para determinaciones bioquímicas en organismos mantenidos a 20°, 25° y 30° C.

para **determinación de Glucosa.**



Cada organismo se homogenizó en 2 ml de Buffer de Lisis (**homogenado inicial**) a baja temperatura en un biohomogenizador (Dounce) de pistilo flojo.



Centrifugar a 3000 rpm por 5 minutos (~1000g) a 4 ° C en tubos Eppendorf 1.5 mL.



Tomar por duplicado las alícuotas



Tomar alícuotas de 10  $\mu$ L para determinar Glucosa.



Se agregó a la muestra 30  $\mu$ L de Buffer de Lisis más 210  $\mu$ L de Reactivo para glucosa Spinreact.



Incubar 15 minutos.



Incubar 15 minutos.  
Lectura a 500 nm en Spectramax 190

## ANEXO B.

### Determinaciones de Proteína total por el método de Nitrógeno Total.

Determinaciones de Proteína utilizando los valores de las lecturas de las muestras de Nitrógeno total.

Se tomaron alícuotas de 5  $\mu$ L de cada muestra de los organismos de los diferentes tratamientos experimentales por duplicado y se llevaron a 2ml que pide el método para la determinación de nitrógeno total utilizando el equipo HACH, utilizando un blanco de reactivo con buffer de lisis. Una vez obtenidos los valores correspondientes se calcularon los valores de proteína en el tejido utilizando el factor de conversión 6.25 referido en el manual de la AOAC (1995).

**Estándares utilizados en las determinaciones Bioquímicas de: Triglicéridos, Lípidos, Glucosa y Proteína en el tejido de acocil *Cambarellus (C.) montezumae* mantenidos durante 60 días a 20°, 25°, y 30° C.**

- Estándar para Triglicéridos: 3, 6, 9  $\mu$ L de estandar para triglicéridos 200 mg/dL más 500  $\mu$ L de reactivo para glucosa Spinreact. Lectura a 500 nm.
- Estándar para Lípidos: 10mg de aceite de maíz en 10 ml de acetona, tomar 25, 50, 75, 100  $\mu$ L más 100  $\mu$ L H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> más 2.4 mL de fosfo-vainillina. Lectura a 490 nm.
- Estándar de Glucosa: 3, 6, 9  $\mu$ L de estandar para glucosa 100mg/ dL más 30  $\mu$ L de Buffer de Lisis + 210  $\mu$ L de reactivo para glucosa Spinreact. Lectura a 500nm.

\* Se utilizaron Blancos de reactivo para la lectura de muestras para determinación de Triglicéridos, Lípidos, Glucosa y Proteína, los cuales fueron tratados como las muestras.

Nota: Todos los estándares fueron realizados buscando restar la interferencia que posiblemente causara el buffer de lisis en el que se realizó el homogenizado.

## ANEXO C.

### Parámetros fisicoquímicos del agua de los diferentes Tratamientos experimentales 20°, 25° y 30° C durante 60 días.

