

33

2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"SELECCION TERMICA DEL ACOCIL Cambarellus
montezumae (SAUSSURE) (CRUSTACEA:
ASTACIDAE) Y SU CORRELACION CON ALGUNOS
INDICES FISIOLÓGICOS: DIFERENCIAS
ESTACIONALES"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A :

ALEJANDRA NOEMI CÓRNEJO RODRIGUEZ

México, D. F.

1991

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

INDICE

Resumen	
Introducción	1
Objetivos	6
Material y Método	7
Selección térmica	7
Consumo de oxígeno y excreción nitrogenada	10
Resultados	13
Selección térmica	13
Consumo de oxígeno	18
Excreción nitrogenada y relación O/N	21
Discusión	24
I. Selección térmica	24
II. CO_2 , $N-NH_4^+$	29
Excreción nitrogenada	33
Conclusiones	42
Bibliografía	
Anexo	

RESUMEN

Los objetivos de esta investigación se centraron en conocer la preferencia térmica del acocil *Cambarellus montezumae*, en relación al estado de desarrollo (juvenil, subadulto y adulto) y el sexo, en las dos épocas contrastantes del ciclo anual (verano e invierno), considerando que las temperaturas en el sitio de estudio varían acorde a la estacionalidad. Los organismos fueron aclimatados durante dos semanas en el laboratorio, a las temperaturas ambiente de colecta. La preferencia térmica se evaluó empleando el método gravitacional, utilizándose un gradiente térmico horizontal. Los intervalos de selección de temperatura para los acociles fueron muy amplios, mostrando una conducta de esquivamiento a las temperaturas extremas (10° y 35°C). Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en la selección de temperatura para los tres estadios de desarrollo entre el día y la noche. A pesar de que el intervalo de temperatura registrado durante el día y la noche fué similar, en el día se observó que las mayores frecuencias de aparición de los animales se presentaron en un intervalo de temperaturas más estrecho que durante la noche, lo cual se piensa, está ligado al patrón de comportamiento de la especie. Para el verano la banda de selección fue de 19° a 31°C para los tres estadios de desarrollo, en juveniles fué de 54% de frecuencias de aparición, encontrándose diferencias intersexuales ya que las hembras prefirieron un intervalo de 22° a 29°C y los machos de 15 a 32°C, los subadultos con el 57% y los adultos con el 61%.

En el invierno las hembras juveniles seleccionaron de 15° a 32°C y los machos juveniles de 10.5° a 27°C (con el 58.5% de frecuencias de aparición), en el caso de los subadultos tuvieron un intervalo de temperaturas seleccionadas de 13.5° a 32°C, con una mayor frecuencia en el intervalo de 21° a 32°C (63.5%). Para los adultos la selección se ubicó entre 13° a 31°C pero las mayores frecuencias se encontraron de 22° a 30°C (60%).

La evaluación del Consumo de Oxígeno (QO_2) y la Excreción Nitrogenada ($VN-NH_4$) a 20°, 25° y 30°C, en los tres estados de desarrollo (de acociles de la época cálida), reveló que un mejor desempeño de estos índices fisiológicos se lleva a cabo de manera distinta acorde a la edad de los organismos, en juveniles a 20°C se obtuvo un QO_2 de 47.0 $mgO_2/g.P.s.xdía^{-1}$ siendo menor que a 25°C (84.7 $mgO_2/g.P.s.xdía^{-1}$) a 20°C, los subadultos tuvieron una tasa de 75.2 $mgO_2/g.P.s.xdía^{-1}$ aunque la obtenida a 25°C (72.0 $mgO_2/g.P.s.xdía^{-1}$) no difiere sustancialmente de la anterior. Los adultos por su parte presentaron su nivel más bajo del metabolismo aerobio (QO_2) a 25°C con una tasa de 56.7 $mgO_2/g.P.s.xdía^{-1}$, en comparación con la obtenida a 20°C (79.6 $mgO_2/g.P.s.xdía^{-1}$). Para los tres estados de desarrollo se observó una depresión del metabolismo aerobio ($Q_{10} < 1$) a 30°C; notándose un efecto adverso en este caso, por una excesiva utilización de sus reservas energéticas canalizadas posiblemente

hacia un metabolismo anaerobio para satisfacer las demandas de energía, y que se reflejó en el bajo contenido energético de sus tejidos. La excreción nitrogenada se observó que se llevó a cabo en un mayor grado en las temperaturas respectivas que favorecieron un metabolismo aerobio mas bajo acorde al estado de desarrollo; siendo en juveniles a 20°C de 2.9 mgN-NH₄⁺/g.P.s.xdia⁻¹, subadultos a 20°C de 2.2 mgN-NH₄⁺/g.P.s.xdia⁻¹, y adultos a 25°C de 3.4 mgN-NH₄⁺/g.P.s.xdia⁻¹.

Se obtuvo la relación O/N dada la vinculación del VO₂ y N-NH₄⁺ en relación al sustrato metabólico oxidado; en juveniles y adultos a 20° y 25°C respectivamente que fue la temperatura que mas favoreció su OÜz, se obtuvieron valores de la relación O/N de 14 para juveniles y 14.8 para adultos indicando una mayor utilización de proteínas como sustrato catabólico; en subadultos tanto a 15° como a 25°C los valores del cociente O/N fueron de 25.4 y 21.4 respectivamente, indicando posiblemente una participación mayor de carbohidratos como sustrato oxidable.

En relación al estado de desarrollo, los cambios de temperatura que ocasionaron efectos de sensibilidad termica (Q₁₀:2) y compensación (1:Q₁₀:2) modificaron la relación O/N, indicando la utilización de carbohidratos y lípidos (valores de O/N: 32).

Estos resultados pueden tener aplicación para la explotación acuacultural de la especie, ya que la temperatura es considerada como un factor ecológico maestro dado que incide de manera directa en el metabolismo, distribución y supervivencia de los organismos acuáticos.

INTRODUCCION

En los últimos años en México y en diversos países del mundo en vías de desarrollo, se han incrementado las prácticas acuaculturales tendientes a la cría controlada de especies acuícolas de interés comercial. El objetivo de tales proyectos se enfoca a la producción de proteína de alta calidad y de bajo costo para consumo humano (Depto de pesca, 1981).

Estas investigaciones se han enfocado sobre aquellas especies acuáticas, tanto endémicas como introducidas que representan un potencial acuacultural. En este sentido las diversas especies de astácidos en nuestro país constituyen un recurso biológico de gran importancia.

Por ende se torna esencial conocer el manejo y potencialidad de los acociles a través de estudios ecofisiológicos que permitan discernir las especies, más adecuadas para tales fines.

Para América del Norte se tienen registradas 275 especies de acociles de las 300 que han sido descritas en el mundo (Hobbs, 1972). Estos crustáceos llegan a ser los organismos más conspicuos dentro de las comunidades dulceacuícolas en las que coexisten dominando la producción anual de macrobentos (Momot et al., 1978), por lo que pueden ser consideradas especies idóneas como fuentes potenciales de explotación comercial.

En nuestro país Villalobos (1983) reporta la existencia de acociles en una gran diversidad de ambientes dulceacuícolas, tanto en medios lóticos como en hábitat lénticos y con una amplia distribución latitudinal que incluye climas templados y

tropicales.

En general estas especies son de régimen alimenticio omnívoro, ovíparos y presentan una amplia tolerancia y resistencia a las fluctuaciones extremas de distintos factores ambientales.

En particular la especie *Cambarellus montezumae* (Saussure) es endémica del lago de Xochimilco, teniéndose registrado desde los primeros asentamientos indígenas en el Gran Lago del Valle de México, la distribución de esta especie en la actualidad ha quedado restringida a pequeños sistemas acuáticos como, la presa Gualalupe Victoria en el Estado de México, Río Lerma, Tímilpa y Atequiac, Laguna de Xico, Lago de Guadalupe y remanentes de los antiguos lagos de Texcoco, Xochimilco y Chapultepec. (Villalobos, 1955 ; Vargas, 1989).

Como se sabe la temperatura es un factor ecológico maestro dado que interviene en el crecimiento, distribución y supervivencia de los organismos acuáticos (Fry, 1971).

Los ectotermos, sujetos a las fluctuaciones de temperatura del medio pueden ejercer la termorregulación a través de mecanismos fisiológicos o de comportamiento (Vernberg y Vernberg, 1978). El comportamiento termorregulador se entiende como una actividad coordinada que da como resultado la preferencia de un cierto intervalo de temperatura que se interpreta, como óptimo. Muchos poiquilotermos muestran tales preferencias de temperatura cuando se les coloca en un gradiente térmico (Prosser y Nelson, 1981).

La temperatura preferida fue definida por Fry (1947) como

aquella en la cual la temperatura seleccionada es igual a la temperatura de aclimatación y en la cual los organismos pueden finalmente gravitar, sin importar su experiencia térmica previa. Es importante hacer notar que el *preferendum* de temperatura es una respuesta específica de los organismos en un gradiente térmico en el cual pueden influir factores tales como la edad, disponibilidad de alimento, condición patológica, estacionalidad etc, los cuales pueden enmascarar la selección de temperatura (McCauley, 1977).

Por otra parte se conoce que algunas preferencias se vislumbran como el esquivamiento de temperaturas que son adversas para el organismo por encima y por debajo del intervalo preferido. (Hall, et al, 1978; Reynolds, 1977). También, algunas especies pueden encontrar dificultad para desplazarse en un gradiente experimental de temperatura por lo que dan una falsa impresión de sus capacidades termorreguladoras (Crawshaw y Hammel, 1973).

Un punto de especial interés citado por diversos investigadores se refiere a que la temperatura óptima para diversas funciones fisiológicas entre ellas el crecimiento, coinciden con el *preferendum* final térmico de las especies (Reynolds, 1977; Crasshaw, 1977; Brett, 1971).

Las investigaciones sobre la temperatura preferida se han enfocado a ectotérmos acuáticos, ya que hay un cierto grado de simplicidad en un ambiente térmico específico en términos de temperatura del agua, dentro de éstos los crustáceos han sido objeto de estudio con mayor énfasis, tal es el caso entre otras

especies de *Orconectes immunis* (Crawshaw, 1983), y *Penaeus duorarum* (Reynolds, y Casterlin, 1979). fundamentalmente con el proposito de entender el efecto que tiene la temperatura sobre los procesos fisiológicos y conocer los intervalos en los cuales se optimizan sus funciones, ya que la temperatura que un organismo prefiere, denota óptimos térmicos de algunos procesos como la reproducción, el metabolismo y el crecimiento (Jobling, 1981; Kellog y Giff, 1983).

Por otra parte, es conocido que el metabolismo aerobio de los organismos se determina como consumo de oxígeno. Si tal consumo es debido a la actividad espontánea del organismo, se define como metabolismo de rutina (Beamish y Mookherjee, 1964). El consumo de oxígeno depende estrechamente de la temperatura; Kinne (1970) señala el efecto importante de la temperatura en el sentido de modificar la tasa metabólica como consecuencia de su influencia aceleradora de las reacciones enzimáticas, lo que se refleja en la tasa de consumo de oxígeno (QO_2), ya que influye al mismo tiempo en los requerimientos energéticos de actividades como la digestión, regulación del medio interno, crecimiento y reproducción (Beamish, 1964).

En terminos analíticos, el metabolismo aerobio en relación al peso corporal del organismo se ha descrito por el modelo potencial $y = ax^b$, cuya transformación logarítmica produce una línea recta (Nielsen, 1975):

$$\ln \hat{y} = \ln a + b \ln x$$

donde y es el consumo de oxígeno, a es una constante que define el nivel de gasto metabólico, b es la constante que indica la

tasa de cambio del VO_2 respecto al peso del organismo y α es el peso corporal del animal.

Asimismo, es de gran importancia determinar los productos nitrogenados excretados. Forster y Goldstein (1969), establecen que el amonio es el principal compuesto de la excreción nitrogenada en organismos amoniotéticos, ya que este constituye alrededor del 80% de dicha excreción. La medición de productos nitrogenados es de gran importancia para investigar la influencia de factores nutricionales sobre el metabolismo de las proteínas, estas determinaciones también son necesarias para establecer un panorama completo del balance de nitrógeno en estos organismos. Por otra parte los estudios de excreción de amonio durante periodos de 24 h permiten relacionar este proceso con patrones de comportamiento y ritmos circádicos de la especie (Rychly y Marina, 1977).

A la vez la tasa de excreción nitrogenada también puede ser descrita por el modelo potencial referido al consumo de oxígeno.

Cabe señalar, que debido a la incapacidad de los poiquiloterms para controlar su temperatura corporal de una manera eficiente, existe un gran interés en conocer el efecto de este factor sobre índices fisiológicos del metabolismo de energía y los productos de excreción nitrogenada, dada su vinculación ya que las pérdidas energéticas debido a estos procesos, son determinantes para delimitar en que intervalo o nivel del factor, resultar mínimas; tal conocimiento servirá de guía para favorecer y optimizar el crecimiento y sobrevivencia de la especie.

OBJETIVOS

Con base a lo anteriormente expuesto y en vista de que se desconocen diversos aspectos de la biología de la especie *C. montezumae* que son importantes desde un punto de vista ecológico y de la implementación de su cultivo artificial; la presente investigación tuvo por objetivos:

- Conocer la preferencia térmica del acocil *C. montezumae*, en relación al sexo y estadio de desarrollo (juvenil, subadulto y adulto). Considerando dos épocas del año verano e invierno.
- Evaluar el consumo de oxígeno (QO_2) y la excreción de nitrógeno amoniacal ($VN-NH_4^+$) en relación a las temperaturas seleccionadas por las distintas categorías de las variables de estudio, y comparar las posibles diferencias que pudieran existir.
- Delimitar condiciones óptimas de temperatura que puedan tomarse en cuenta en la implementación de técnicas de cultivo artificial de la especie.

MATERIAL Y METODO

Selección Térmica

Para determinar la preferencia térmica del acocil *Cambarellus montezumae*, se procedió en primer término a diferenciar los estadios de desarrollo: juvenil, subadulto y adulto, dentro de la población de interés a estudiar, dado que se planteó como un supuesto de la investigación, la posible influencia del estadio de desarrollo sobre la preferencia térmica.

Para llevar a cabo esto se obtuvo una muestra representativa de acociles (n = 55) en la Presa Guadalupe Victoria, aledaña al poblado de Sn. Miguel Almaya, Estado de México (Maldonado, 1990), para su posterior caracterización morfométrica.

En esta muestra se observó el tamaño y grado de esclerocamiento (rigidez) de la espina en forma de "gancho" que se encuentra en el isquiopodito del tercer apéndice ambulatorio. Esta estructura se va endureciendo y haciéndose más conspicua conforme va creciendo el animal; por otra parte es importante señalar que este carácter morfológico sólo lo presentan los machos. Otro criterio tomado en cuenta para determinar el estadio de desarrollo fue la observación de las espinas laterales del rostro, las cuales terminan en punta en los juveniles y en los demás estadios de desarrollo se encuentra redondeada o quebrada, dicho carácter sí es observable en ambos sexos.

De esta manera se pudieron determinar 3 clases talla en relación a la longitud total: Juveniles hasta 1.89 cm., Subadultos de 1.90. a 2.23 cm. y Adultos de 2.30 cm. en adelante.

Los organismos empleados para realizar los experimentos de preferencia térmica se capturaron durante los meses de las épocas cálida y fría del ciclo anual 1989-1990 en el área de estudio. El método de captura empleado fue de tipo artesanal (chayo), con una red tipo mosquitero con apertura de malla de 2mm para asegurar la captura de especímenes de talla diversa.

Los acociles fueron transportados al laboratorio en bolsas de polietileno con agua propia del sitio de colecta.

Durante los primeros 3 días posteriores a la captura, los acociles fueron colocados para su aclimatación en acuarios de 25 l con agua de su hábitat con un sistema de aireación constante y manteniéndolos a la temperatura de colecta; en el caso de la época cálida esta temperatura osciló entre $17^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y en la época fría se registró en $15^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$, lo anterior se llevó a cabo con el fin de disminuir el estrés causado por la manipulación. Posteriormente se separaron los animales de acuerdo al estadio de desarrollo y se aclimataron durante 2 semanas a las mismas condiciones de temperatura mencionadas anteriormente; la densidad de los organismos fue de 30 a 35 ejemplares por acuario.

Durante el periodo de aclimatación los acociles fueron alimentados con *Egeria densa* (especie vegetal predominante en el área de estudio) y alimento balanceado (marca Gigante) suministrado *ad libitum*.

Cada 4 días se realizaron recambios parciales de agua para mantener en óptimas condiciones a los organismos. El fotoperíodo fue de 12 h luz y 12 h oscuridad, tanto en la fase de aclimatación como durante los experimentos.

Al finalizar el periodo de aclimatación se determinó la selección de temperatura, utilizandose el método gravitacional McCauley (1977), realizandose una repetición para cada clase talla.

El dispositivo experimental consistió de un gradiente térmico horizontal, formado por un tubo de asbesto abierto en su parte superior, de 2.40 m de largo y 0.20 m de diámetro, recubierto en su parte interior con una resina plástica.

El tubo fue dividido en 17 secciones de igual tamaño colocando a lo largo de éstas aireadores a 3 cm. del fondo, con el propósito de alcanzar un buen nivel de aireación y evitar la estratificación de la temperatura; los extremos se separaron por una rejilla plástica forrada con malla para impedir el acceso de los acociles; en un extremo se introdujo un serpentín de cobre recubierto con pintura epóxica conectado a un termorregulador (forma Scientific Model 2325 \pm 0.02 °C), que mantuvo la temperatura de la cámara fría por debajo de 10°C. En el otro extremo se colocó una resistencia sumergible de 500 watts para mantener la temperatura de la cámara caliente a 38°C. El dispositivo se llenó con agua desclorada hasta un nivel de 18 cm. de profundidad. De este modo el gradiente térmico establecido tuvo un intervalo de 10° \pm 1°C a 35° \pm 1°C..

Las temperaturas en cada una de las secciones del tubo se midieron con termómetros Taylor \pm 0.5°C de precisión. (ver diagrama 1).

Con el objetivo de determinar la distribución espacial de los acociles, considerando la forma del dispositivo experimental,

se realizaron pruebas que consistieron en colocar a 10 organismos dentro del tubo de prueba en ausencia del gradiente. Este experimento se consideró como control.

Por otra parte teniendo en cuenta las posibles diferencias intersexuales en las distintas fases de desarrollo del acocil *C. montezumae*, se llevó a cabo un método de marcaje con pintura de aceite para diferenciar machos y hembras, cabe señalar que el marcaje se realizó en la parte superior del cefalotórax, 3 días antes del inicio de los ensayos.

Los experimentos de selección térmica consistieron en colocar en el gradiente previamente formado, a grupos de alrededor de 15 organismos en la sección del dispositivo; en la que la temperatura del medio era semejante a la temperatura de aclimatación de donde provenían.

Antes de iniciarse el registro del número de acociles presentes en las diferentes secciones del gradiente, éstos permanecían durante 2 horas gravitando para eliminar el estrés producido por la manipulación. Finalizando este período se inició el registro del número de acociles presentes en las diferentes secciones del gradiente, registrando paralelamente las temperaturas que presentaban las mismas.

Las observaciones se realizaron por espacio de 5 a 10 min cada hora, durante todo el período experimental.

Consumo de oxígeno y Excreción Nitrogenada

Una vez conocidos los intervalos de temperatura de mayor frecuencia de selección por lo acociles se llevó a cabo un

proceso de aclimatación gradual en los especímenes que consistió en incrementar 1°C por día la temperatura de los acuarios de mantención hasta alcanzar las temperaturas experimentales (ver cuadro I y II), en las cuales se mantuvieron por 2 semanas a los ejemplares antes del inicio de los experimentos, durante esta fase, los animales fueron alimentados de acuerdo a lo descrito anteriormente.

Finalizando este período se procedió a determinar el consumo de oxígeno y excreción nitrogenada de los acociles, por medio de un respirómetro semicerrado (similar al reportado por Martínez y Díaz, 1975), formado por 2 acuarios de 50 l comunicados entre sí y colocando como cámaras experimentales matraces Erlen meyer de 250 ml (ver diagrama 2).

Se colocaron para el estado juvenil 3 ejemplares por cada cámara y en caso de subadultos y adultos 2 ejemplares por dispositivo, con el fin de registrar los consumos de oxígeno, ya que un menor número de ejemplares por cámara dificultaba la medición de este índice fisiológico. El número de cámaras empleadas en cada experimento varió de acuerdo a la disponibilidad del número de acociles.

Después de introducir a los ejemplares en las cámaras respirométricas, se dio un lapso de 2 h para que se aclimataran a las mismas, posteriormente se iniciaron los registros que se llevaron a cabo cada 3 o 4 h, cuidando que la concentración de oxígeno no fuese menor de 2/3 de la concentración inicial, dado que de lo contrario se promueven las respuestas de resistencia inducidas por hipoxia. (Suárez y Xiques, 1968).

El oxígeno consumido se midió con un oxímetro modelo YSI 54 ARC (Sci. Prod.), por diferencia entre las concentraciones de las muestras iniciales y finales, y corrigiendo estos, por un factor obtenido de una cámara control sin especímenes. Aleatoriamente se tomaron 6 cámaras para medir la excreción nitrogenada de los acociles de forma paralela a las mediciones de la tasa metabólica. Esta se cuantificó por medio de la técnica del azul de indofenol (Rodier, 1981).

Al término de los experimentos los acociles fueron pesados y medidos y posteriormente sacrificados para la obtención del peso seco y análisis del contenido calórico del tejido en una bomba calorimétrica Parr.

La evaluación de la selección térmica y los índices fisiológicos mencionados con anterioridad se realizaron en las 2 épocas contrastantes del año: verano e invierno.

En el análisis estadístico empleado para los experimentos de selección térmica se utilizaron pruebas de hipótesis mediante χ^2 para analizar la influencia del día, noche y sexo sobre la preferencia térmica. Asimismo se realizó la prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov-Smirnov para examinar la hipótesis de homogeneidad en las distribuciones de frecuencias de selección térmica.

Para el análisis de los experimentos de consumo de oxígeno y excreción nitrogenada, se emplearon estadísticos del uso común ($\bar{X} \pm S\bar{X}$) para representar las tasas registradas.

Se realizó un análisis de regresión simple de acuerdo al modelo logarítmico mencionado para determinar el efecto de la temperatura sobre la relación de consumo de oxígeno y excreción nitrogenada vs. peso corporal (Zar, 1974).

RESULTADOS

Selección Térmica.

Durante el ensayo realizado en el dispositivo sin el gradiente térmico formado; los acociles se mostraron poco activos durante el día, buscando refugio bajo las piedras de aireación o sujetándose de las mallas que separaban los extremos de las cámaras fría y caliente del dispositivo experimental. En la noche el comportamiento en general fué el de desplazarse, por todo el tubo, sin preferir algún sitio en particular. Esto se observó en especímenes de ambas épocas.

En las primeras pruebas efectuadas al hacerse el marcaje para contrastar las posibles diferencias en selección térmica entre los sexos, en los 3 estadios de desarrollo incluidos en el estudio, se obtuvo que únicamente para juveniles se presentaron diferencias intersexuales en la selección de temperatura ($P < 0.05$). Asimismo, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) para la selección de temperatura entre el día y la noche para los 3 estados de desarrollo citados anteriormente, habiéndose encontrado que éstos eligieron intervalos de temperatura muy amplios, mostrando una conducta de esquivamiento de las temperaturas extremas, 10° y 35°C .

En el verano, durante las mediciones diurnas, las hembras juveniles, seleccionaron con mayor frecuencia (60%) el intervalo de 21.5° a 33°C ., observándose que dentro de este intervalo, en la zona de 25.5° a 29°C se presentó el 36% de las frecuencias. Por otra parte, si se considera todo el intervalo

seleccionado por estos acociles este, fue de 10.5° a 33°C (figura 1). Para la noche se registro una distribución homogénea, aunque se observa que en el intervalo de las 19:00 a 22:00 h. los especímenes prefirieron con mayor frecuencia las temperaturas comprendidas entre 14° y 25 °C y de las 23:00 a las 06:00 h. este intervalo se amplió hacia las temperaturas cálidas, hasta 29°C. (fig. 2).

En la época fría las hembras juveniles presentaron un comportamiento distinto al de la estación cálida, en cuanto a las mayores frecuencias de selección de temperatura en relación a la hora del día. Como se observa en la fig. 3 de las 08:00 a las 12:00 h se registró una mayor frecuencia de aparición (62%), en el intervalo de 15° a 23.5°C y conforme va transcurriendo las horas del día y noche se ve una tendencia a elegir temperaturas mas cálidas en el intervalo de 23.5° a 32.5°C; de 13:00 a 18:00 h con el 53%, de 19:00 a 22:00 h el 57% y de 23:00 a 06:00 h con el 63% (fig 3 y 4). No obstante el intervalo de temperaturas seleccionadas fue de 15° a 32.5°C.

Para los machos juveniles en verano se aprecia a diferencia de las hembras juveniles de la misma época, que su mayor frecuencia en cuanto a selección de temperatura solo cambia en relación a la hora del día y noche, ya que como se aprecia en la fig. 5 y 6 solo coinciden en el periodo de 13:00 a 18:00 h con un 63% y 61% respectivamente en el intervalo de 22° a 33 °C.

En lo que se refiere a la banda de temperatura para los machos juveniles donde se registra la mayor frecuencia mencionada va de 22° a 32°C., la mayor diferencia se manifiesta en el

intervalo de las 19:00 a las 22:00 h donde para machos hay una frecuencia del 65%, también en el intervalo de 26° a 34°C y para hembras a esta hora hay una distribución homogénea en el gradiente. El intervalo de temperaturas total seleccionado fue de 10° a 34 °C.

Los machos juveniles de invierno presentan por su parte un comportamiento distinto en comparación tanto con los machos juveniles de verano, como con las hembras juveniles de verano. En primer lugar se aprecia que durante el intervalo de 08:00 a 18:00 h los machos eligieron temperaturas más frías con un intervalo que va de 10.5° a 22.5°C., de 08:00 a 12:00 h con el 68% y de 13:00 a 18:00 con el 63%, conforme avanza la noche la distribución tiende a ser homogénea con un intervalo de 10.5° a 35°C (fig. 7 y 8).

Con los acocíles subadultos de verano, se observó que eligieron el mismo intervalo total de temperaturas seleccionadas que los juveniles de la misma época. Se encontró que estos animales solo mostraron una cierta preferencia de temperaturas en el periodo de las 08:00 a las 12:00 h con un 62% de frecuencia en el intervalo de 22° a 34°C., ya que en horas subsecuentes tiende a presentarse una distribución homogénea en el gradiente; sin embargo se llega a distinguir en las horas de la noche, una selección en un intervalo de temperaturas más estrecho que va de 18° a 30°C (fig.9 y 10).

En el invierno los subadultos eligieron marcadamente diferentes intervalos de temperatura entre el día y la noche, lograndose observar, que hay un comportamiento cíclico y gradual;

ya que como se observa de 08:00 a 12:00 h hay una mayor preferencia por temperaturas templadas en el intervalo de 13.5° a 24.5°C (77%); de las 13:00 a las 18:00 h se registro una distribución de frecuencias homogéneas ($P > 0.05$), aunque hubo una mayor selección de temperaturas en el intervalo de 21° a 32°C, posteriormente, de las 19:00 a las 22:00 h hay un 70% de la distribución de frecuencias en el intervalo de 24.5° a 36 °C., con una mayor incidencia (29%) de 26° a 32°C, subsecuentemente en el intervalo de las 23:00 a las 06:00 h la distribución se hace homogénea nuevamente ($P > 0.05$), con una mayor selección en el intervalo de 21° a 28 °C (fig. 11 y 12).

La selección que presentaron los adultos en el verano es similar a la presentada por los subadultos de esta misma época, ya que también se observa que únicamente de las 08:00 a las 12:00 h se presenta una selección de temperatura en un intervalo estrecho, que en el caso de los adultos va de 22° a 26°C con el 44% de la distribución de frecuencias y en los subadultos con el 35% en el mismo intervalo. Posteriormente se observa que de 13:00 a 18:00 h la distribución es homogénea. Sin embargo, en este lapso, hay una mayor preferencia de temperaturas que va de 18° a 30°C con el 60%; de 19:00 a 22:00 h de 14° a 26°C con el 71% y de 23:00 a 06:00 h de 22° a 34 °C., con el 63% de distribución de frecuencias.(fig. 13 y 14).

Para los experimentos de invierno con ejemplares adultos, se logra ver un intervalo de preferencia de temperaturas más estrecho y similar al de verano, en el periodo de las 08:00 a las

12:00 h ya que se registró el 49% de las frecuencias en el intervalo de 20° a 27 °C., en los siguientes registros de las 13:00 a las 18:00 h muestran una mayor selección térmica hacia las temperaturas cálidas de 23° a 35°C (68%); sin embargo dentro de éste se logra ver una preferencia de un intervalo más estrecho siendo en el período de 13:00 a 18:00 h de 27° a 31°C con el 31% y con el 35 y 29% respectivamente para 19:00 a 22:00 h y de 23:00 a 06:00 h en el mismo intervalo de temperatura; para el último período, hay un registro del 25% de distribución de frecuencias en el intervalo de 13° a 16.5°C. Considerando el gradiente de temperatura probado estos acociles eligieron temperaturas desde 13° a 35°C. (fig. 15 y 16).

CONSUMO DE OXIGENO

Con respecto a las tasas de consumo de oxígeno (Q_{O_2}) en relación a las temperaturas probadas y al peso corporal de los acociles se aprecia en primer lugar que se correlacionan significativamente ($P < 0.05$) de manera lineal positiva. Sin embargo los parámetros evaluados para cada una de las ecuaciones de regresión ajustadas en correspondencia a las temperaturas ensayadas denotan respuestas distintas para este índice fisiológico (tab. 1). Al calcularse las tasas de consumo de oxígeno ($\text{mg } O_2/\text{g.P.s.} \times \text{día}^{-1}$) para un animal tipo de cada estado de desarrollo y en cada temperatura (tab. 2), se encontró que para los juveniles hay una tasa de $84.7 \text{ mg } O_2/\text{g.P.s.} \times \text{día}^{-1}$ a 25°C , la cual es superior a las encontradas a temperaturas de 20° y 30°C (47.0 y $43.3 \text{ mg } O_2/\text{g.P.s.} \times \text{día}^{-1}$ respectivamente); al hacer las equivalencias de estas tasas metabólicas con la energía ($\text{cal./g.P.s.} \times \text{día}^{-1}$) gastada en este proceso, en consideración del coeficiente oxicalórico ($Q_{ox} = 3.34 \text{ cal/mg } O_2$, Elliot y Davison, 1975) por la utilización del oxígeno, se obtuvieron tasas de costo energético del metabolismo aerobio de $157.0 \text{ cal/g.P.s.} \times \text{día}^{-1}$ a 20°C , $282.7 \text{ cal/g.P.s.} \times \text{día}^{-1}$ a 25°C , $144.6 \text{ cal/g.P.s.} \times \text{día}^{-1}$ a 30°C , en base a estos resultados podría pensarse que la obtenida a 30°C indicaría un menor requerimiento energético en estos acociles, pero al relacionar estos gastos de energía con el contenido de energía por gramo de peso seco de los mismos acociles empleados en los experimentos: a 30°C la tasa de Q_{O_2} calculada demanda el 12%, a 25°C el 6.9% y a

20°C el 4.1%, dicha relación proporcional resultó ser mayor a 30°C debido a que el contenido de energía de los acociles que estuvieron bajo esta condición fue de 1202.2 cal/g.P.s., muy inferior en comparación con los contenidos caloricos de los animales acimatados a 20° y 25°C, donde se registraron valores de 3855.7 cal/g.P.s. y 4073.0 cal/g.P.s. respectivamente.

En el caso de los subadultos, aunque las tasas de consumo de oxígeno (QO₂) obtenidas a 20° y 25°C son distintas ya que en la primera condición fue de 65.1 mg O₂/g.P.s. x día⁻¹ y en la segunda fue de 72.0 mg O₂/g.P.s. x día⁻¹, se observa que el costo energético del metabolismo aerobio, en relación al contenido de energía del animal es muy similar en ambos casos, requiriendo 6.5% a 20°C y 6.3% a 25°C, no obstante un criterio estricto de apreciación sugiere un mejor desempeño de estos animales a 20°C.

En la condición de 30°C se manifiesta un comportamiento analogo al registrado a esta misma temperatura en los juveniles, ya que se obtiene la menor tasa de consumo de oxígeno (QO₂=58.1 mgO₂/g.P.s. x día⁻¹), pero al relacionar la energía canalizada por esta vía con la energía contenida en los tejidos de estos animales, hay una demanda de 20.9% tal exigencia porcentual se debe a que el contenido de energía de los subadultos a 30°C fue de 926.6 cal/g.P.s., el cual resultó ser demasiado bajo, si se compara con los registrados a 20°C (3368.0 cal/g.P.s) y a 25°C (3840.7 cal/g.P.s.).

Los acociles adultos mostraron un mejor desempeño fisiológico, a 25°C donde alcanzó un nivel menor (56.7

metabólica. No obstante de 20° a 25°C el Q₁₀ (3.24) manifiesta un incremento significativo de la tasa metabólica y una compensación parcial. Para los subadultos el Q₁₀ de 20° a 30°C fué de 0.89 reflejando un decrecimiento del nivel de su tasa metabólica en comparación con los juveniles, el Q₁₀ de 20° a 25°C el valor obtenido y fue de 1.22 indicando un pequeño incremento de la tasa metabólica por el aumento de temperatura referido. En los adultos, los valores de Q₁₀ para incrementos de temperatura de 20° a 30°C y de 20° a 25°C, fueron de 0.87 y 0.51 manifestando en ambos casos un decrecimiento de la tasa metabólica. De 20° a 30°C el decrecimiento mencionado es aún mayor en comparación para el mismo incremento de temperatura que para juveniles y subadultos. En cambio, para un aumento de 20° a 25°C se observa una marcada sobrecompensación (0.51) el decrecimiento observado probablemente se deba a que se ha rebasado el nivel de temperatura que más favorece el desempeño del metabolismo aerobio, como lo indica el QO₂ y la demanda de energía para este proceso que fueron los que tuvieron niveles más bajos en comparación con las otra temperaturas experimentales.

Excreción nitrogenada y relación O/N.

Ahora bien, es clara la vinculación de la excreción nitrogenada como un índice fisiológico con el metabolismo aerobio en relación con el tipo de sustrato metabólico que se emplea en el proceso catabólico como fuente de energía y el cual puede ser predecido a su vez de manera indirecta por la relación O/N.

Asimismo, se conoce que el peso de los animales tiene un

mgO₂/g.P.s. x día⁻¹) en comparación con un QO₂=79.6 a 20°C y un QO₂=69.0 a 30°C. Asimismo el menor requerimiento energético a dicha temperatura fué de 189.5 cal/g.P.s. x día⁻¹ que en relación porcentual con el contenido de energía del tejido fue del 5.8%.

Para la temperatura de 30°C se registró una tasa respiratoria de 69.0 mgO₂/g.P.s. x día⁻¹, menor que la obtenida a 20°C (79.6 mgO₂/g.P.s.xdía⁻¹), pero nuevamente al relacionar la energía utilizada en el metabolismo aerobio con el valor calórico del tejido, se presenta un requerimiento porcentual del 48.3%, tal demanda se manifiesta en consecuencia, en el bajo contenido de energía del tejido de estos animales, que se evaluó en 477.2 cal/g.P.s. los valores revelados por el análisis calórico de la materia orgánica para los animales a 20° y 25°C fueron de 3655.9 y 3284.1 cal/g.P.s. respectivamente, lo que indica que a 30°C se llevó a cabo una alta movilización y utilización de las reservas de energía de los acociles para satisfacer los distintos procesos en el mantenimiento de la homeóstasis. Esta situación como puede notarse se presentó también para los estadios juvenil y subadulto a la misma temperatura, aunque es claro que se efectuó en magnitud distinta, incrementandose acorde al estado de desarrollo del organismo.

Por otra parte, los valores obtenidos a través del Q₁₀, (tab. 4) reflejan un efecto distinto de la influencia de la temperatura sobre la tasa metabólica, en dos diversos estados de desarrollo que se estudiaron. En juveniles de 20° a 30°C el Q₁₀ fue de 0.92 indicando un decrecimiento del nivel de la tasa

efecto sobre la tasa de excreción nitrogenada, que también se visualiza como una recta en un sistema logarítmico de la forma $\ln Y = \ln k + \alpha \ln P_c$ (ver definición de parámetros en la introducción). De esta manera se obtuvieron las ecuaciones de regresión lineal ajustadas para 20°, 25° y 30°C que tuvieron coeficientes de correlación significativos ($P < 0.05$), (tabla 1'). Con las ecuaciones ajustadas, se calculó la tasa de excreción nitrogenada ($QN-NH_4^+$) para un animal tipo (de igual peso que en el caso de QO_2), para cada estado de desarrollo y temperatura (tab. 3).

En juveniles se obtuvo una tasa de excreción de $2.9 \text{ mgN-NH}_4^+/\text{g.P.s.} \times \text{día}^{-1}$ a 20°C que fue mayor en comparación a la evaluada en las otras temperaturas experimentales, donde a 25°C se calculó una tasa de $2.2 \text{ mgN-NH}_4^+/\text{g.P.s.} \times \text{día}^{-1}$ y a 30°C de $1.2 \text{ mgN-NH}_4^+/\text{g.P.s.} \times \text{día}^{-1}$; las relaciones moleculares del oxígeno utilizado en la tasa respiratoria (QO_2) y el nitrógeno excretado ($QN-NH_4^+$) dieron valores del cociente O/N de 14 a 20°C, en el caso de 25° y 30°C se obtuvieron valores de O/N muy parecidos los cuales fueron de 33.1 y 32.3 respectivamente.

Los suoadultos por su parte, excretaron una menor tasa a 30°C con un valor de $2.0 \text{ mgN-NH}_4^+/\text{g.P.s.} \times \text{día}^{-1}$, en comparación con 25°C donde alcanzó $2.9 \text{ mgN-NH}_4^+/\text{g.P.s.} \times \text{día}^{-1}$ y a 20°C, con $2.2 \text{ mgN-NH}_4^+/\text{g.P.s.} \times \text{día}^{-1}$.

Los niveles tomados por las relaciones O/N son a 20°, 25° y 30°C, de 25.4, 21.4 y 25.9 respectivamente.

En referencia a la excreción de nitrógeno amoniacal

registrada para los adultos, se observa una tasa menor a 20°C con 1.60 mg N-NH₄⁺/g P.s. x día⁻¹, para la temperatura de 30°C se alcanzó una tasa intermedia con 2.8 mg N-NH₄⁺/g P.s. x día⁻¹ y la mayor tasa de excreción se presentó a 25°C con 3.4 mg N-NH₄⁺/g P.s. x día⁻¹. La relación O:N para 25°C se obtuvo un valor de 14.8, a 20°C se dió un valor de 45.2 y a 30°C se evaluó en 21.6 (tab. 5)

Discusión

I. SELECCION TERMICA

Diversos autores mencionan que debido a que el ambiente acuático no presenta una estabilidad térmica, los organismos que en él habitan, han desarrollado una serie de mecanismos fisiológicos y/o de comportamiento que les permite adecuarse a dicho medio, por lo que tienden a congregarse en un intervalo de temperatura dado, y así evitar aquellas que les son adversas Reynolds (1978); Hall et al (1978).

Una manera de delimitar la temperatura en la cual un organismo realiza sus funciones optimamente, es a través de la determinación de la selección térmica. Para ello se exponen los organismos a un gradiente de temperatura en donde éstos seleccionarán las más idóneas para sus funciones vitales y se congregarán en un intervalo determinado, permitiendo conocer así su preferencia térmica (Vernberg y Vernberg, 1972).

Otros investigadores concuerdan en que casi todos los animales móviles, seleccionan activamente ciertas temperaturas cuando se les da a escoger en un ambiente térmico (Fraenkel y Gunn, 1961; Whittow, 1970; Hammel, Crawshaw y Cabanae, 1973).

Sin embargo, muchas especies de invertebrados tienden a no seleccionar activamente una temperatura particular, pero sí a esquivar temperaturas extremas. Es importante hacer notar que también algunas especies pueden encontrar dificultad para desplazarse en un gradiente experimental de temperatura dando así una falsa impresión de sus capacidades termorreguladoras

(Crawshaw y Hammel, 1973)

Los resultados encontrados para las 2 épocas del año indican que los acociles prefieren temperaturas distintas durante el día y la noche, esto coincide con lo reportado por Crawshaw (1974) para la especie *Orconectes immunis* donde menciona que los periodos de actividad diaria de los acociles son regulares y estan determinados por el ciclo luz-oscuridad.

En el caso del verano, durante el día los organismos presentaron tendencia a temperaturas cálidas y durante la noche la distribución de los animales fue casi homogénea a lo largo del gradiente.

Crocker y Barr (1968) observaron para *Orconectes immunis*, que durante el verano los acociles aparecen en aguas más profundas durante las horas del día, ocultandose bajo piedras, madrigueras o en la vegetación, conforme transcurre la noche los acociles migran a aguas menos profundas para alimentarse mostrandose aparentemente más activos. Lo reportado por estos investigadores, concuerda con lo encontrado en las observaciones de campo para este estudio con la especie *C. montezumae*, ya que estos miembros de la familia *Astacidae* al igual que *O. immunis*, habitan en aguas poco profundas de poco movimiento, con fango y abundante vegetación.

El intervalo de temperatura seleccionado por los acociles en la época cálida, fué de 19° a 31°C el cual es muy amplio; mostrando más bien un esquivamiento por las temperaturas extremas, a este tipo de comportamiento se le denomina

ortotermoquinesis y es la forma por la que aparentemente muchas especies de insectos permanecen dentro de límites térmicos razonables (Fraenkel y Gunn, 1961; citados por Crawshaw 1974). Aunque otros investigadores como Berk y Heath, 1975; Barber y Crawford, 1977; Reynolds, 1977a, señalan que las preferencias térmicas se pueden ver como el esquivamiento de temperaturas por encima y por debajo del intervalo preferido, lo cual da los mismos resultados (Reynolds et al; 1979).

Resultados similares al comportamiento termorregulador en otros crustáceos se han reportado por otros investigadores; Crawshaw (1974) menciona que los acociles de la especie *O. immunis*, vagaban libremente a través de un intervalo amplio de temperaturas, esquivando solo aquellas que les eran adversas, seleccionando así 18°C y 22°C.

Stephens (1985) estudió los efectos de la temperatura y la aclimatación sobre la fisiología nervio-muscular de los crustáceos, en su investigación este autor menciona que poco se sabe acerca de cómo estos animales utilizan cambios en la tensión muscular para producir movimientos coordinados a diferentes temperaturas. Marthur (1982), encontró que la temperatura mas alta esquivada por los acociles *O. obscurus* fue de 37.8°C, aclimatados a 21.1°C. Sin embargo, muchas temperaturas esquivadas fueron menores de 35°C. Garrido (1990) determinó el *preferendum* final de postlarvas y juveniles del langostino *Macrobrachium rosenbergii* en un intervalo de 30°-31°C, *Palaemonetes kadiakensis* tuvo un intervalo de 29° a 31°C (Nelson y Hooper, 1982). La

preferencia térmica aguda de *Orconectes obscurus* fue, próxima a 30°C (Hall Jr, et al; 1978).

El hábitat de la especie de acocil empleado en esta investigación, es un ambiente con temperaturas que fluctúan bruscamente, por lo que estos animales son capaces de tolerar cambios de temperatura a corto (diarios) y a largo plazo (estacionales) además de que deben permanecer "funcionales" en un amplio intervalo térmico. Stephens (1965), menciona que en los crustáceos es evidente la existencia de mecanismos compensatorios que les permiten sobrevivir en una gama amplia de temperaturas, dichos mecanismos capacitan al animal para modificar su comportamiento a cambios de temperatura a largo plazo.

Kivivouri (1980) reportó que hay distintas vías neurales que muestran resistencia variable, a cambios de temperatura en el corto plazo.

Kerkut y Taylor (1958), encontraron neuronas sensibles a la temperatura en ganglios abdominales aislados de acociles.

Krasne y Wine (1975), observaron que los factores externos controlaron la excitabilidad de las neuronas que desencadenan los movimientos de escape del telson.

Se ha visto que estas neuronas tienen una tasa de actividad directamente proporcional a la temperatura del agua circundante (en el intervalo de 10° a 30°C) y que ésta es inhibida cuando se registra un mayor incremento de temperatura.

Por otra parte para el caso de la época fría, los resultados encontrados en la fase de juvenil indican que seleccionaron

temperaturas entre 15.5-20°C para el día y durante la noche el comportamiento de los machos juveniles fue haciendose mas homogéneo a lo largo del gradiente, lograndose ver una tendencia hacia las temperaturas mas frías (10.5°-15.5°C). En relación a hembras juveniles, se observó un cambio brusco para la noche pues prefirieron temperaturas cálidas entre 30-32.5°C. observandose incluso algunas muertes, probablemente la diferencia intersexual en cuanto a la selección térmica en este estadio de desarrollo, se deba a procesos de diferenciación sexual o a diferentes requerimientos para un desarrollo fisiológico óptimo.

Reynolds y Casterlin (1979) mencionan que las incursiones de los organismos, más allá de su zona de resistencia, pueden ocasionar incapacidad para escapar a temperaturas letales altas, originando una rápida mortalidad, este fenomeno constituye una "baja sensibilidad térmica" definida por Meldrin y Grift (1971), como una incapacidad para escapar a temperaturas letales.

Por esta razon se decidió aclimatar a las hembras juveniles, para el estudio de índices fisiológicos a temperatura ambiente, tomando en cuenta la selección termica registrada durante el día para este estadio, basandose en el hecho de que una especie no puede ser aclimatada en términos de tolerancia térmica, es decir, a temperaturas que excedan su temperatura letal incipiente superior última, que para *C. montezumae* es de 34.5°C (Maldonado, 1990) ya que el 50% de la población puede sobrevivir a dichas temperaturas en un sentido fisiológico, pero no en uno ecológico, (Brett, 1956; Fry, 1964; Reynolds y Thompson, 1974a).

Además de que en el hábitat de estos animales no se registraron temperaturas tan altas, pues en el invierno el promedio de los registros fue de $18 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

De acuerdo a los resultados encontrados en las 2 épocas, se observa una influencia de la estacionalidad y por ende la existencia de un proceso de aclimatización de la población de acociles *C. montezumae* en relación a la época del año, los registros de preferendum térmico y los índices fisiológicos evaluados, consumo de oxígeno y excreción nitrogenada, apoyan esta aseveración.

El lugar de colecta del acocil *C. montezumae* no presenta depredadores naturales para ellos, probablemente esta sea una razón por la que estos animales tengan un comportamiento termorregulador tan amplio, ya que dadas dichas condiciones pueden incursionar en diferentes nichos térmicos.

II. QO_2 , $N-NH_4^+$

En el presente estudio se encontraron diferencias en los consumos de oxígeno de *C. montezumae* expresados como QO_2 en relación a las temperaturas probadas y al estado de desarrollo en el que se encontraban los animales.

Las ecuaciones alométricas ajustadas para cada temperatura (20° , 25° y 30°C) del tipo $QO_2 = \ln k + \alpha \ln Pc$ denotaron una respuesta fisiológica diferencial de los animales en cuanto a este índice ya que las ordenadas ($\ln k$) que indican el nivel de la tasa metabólica, así como las pendientes (α) que indican la

magnitud de cambio del consumo de oxígeno en relación al peso corporal, son distintos. En este sentido la ecuación ajustada a 25°C presenta un nivel más bajo en la tasa metabólica y una pendiente mas suave (tabla 1), por otra parte el coeficiente de correlación fue de 0.74, el más alto obtenido en comparación con 20° y 30°C donde se registraron "r" de 0.64 y 0.66 respectivamente, lo cual indica una mejor representación del fenómeno para un modelo lineal de este tipo.

Al calcular los consumos de oxígeno (QO₂) para organismos tipo de cada estado de desarrollo en conexión con la temperatura, se encontró que hay una relación del estado de desarrollo con la temperatura que condiciona la manera en la que se expresa dicho índice fisiológico.

Tal relación está influyendo al momento de realizar los ajustes de las ecuaciones y por tal motivo se obtuvo una mayor dispersión en los datos que se reflejan como bajos valores en los coeficientes de correlación.

La explicación anterior se evidencia por el hecho de que para juveniles la menor tasa de consumo de oxígeno se registró a 20°C con un valor de 47.0 mgO₂/g.P.s. x día⁻¹ y con un requerimiento diario del 4.1% de su contenido total de energía. En el caso de los subadultos, se aportan evidencias que sugieren que el consumo de oxígeno no es significativamente diferente a temperaturas de 20° y 25°C tomando en cuenta las demandas de energía del metabolismo aerobio de rutina.

Los adultos, como se aprecia en la tabla 2 (QO₂) presentaron

su menor tasa de consumo de oxígeno (QO_2) a $25^\circ C$ con un valor de $56.7 \text{ mg}O_2/\text{g.P.s.} \times \text{día}^{-1}$ y una demanda energética en 24 h del 5.8%, con estos resultados se asume que la temperatura desempeña un papel determinante en el ciclo de vida de esta especie, acorde a los niveles en que cada estado de desarrollo tiene un mejor desempeño fisiológico. Es importante señalar que dentro del espectro de variación de este factor para verano en el ambiente de estudio, las temperaturas ensayadas de 20° y $25^\circ C$ se manifiestan comúnmente y un aspecto interesante, es que se registran gradientes de temperatura asociados con la profundidad y la vegetación que permiten el establecimiento de los animales donde se ven más favorecidos. Sin embargo una temperatura de $30^\circ C$ no es común que se registre en el hábitat de estos animales, por tal motivo se piensa que al no registrarse en la historia de aclimatización de los animales, llegue a representar una condición de estrés que altere el desempeño de los procesos vitales de mantenimiento de la homeostásis en este caso esta alteración se manifestó como una depresión significativa de la tasa de metabolismo aerobio, como se aprecia en los valores relativamente bajos de QO_2 para los tres estadios de desarrollo a $30^\circ C$.

En tal situación se puede pensar que los animales pueden compensar al menos parcialmente sus demandas energéticas por medio del metabolismo anaerobico, sin embargo la cantidad de energía liberada durante la respiración anaerobica es muy baja comparada con la energía liberada del metabolismo aerobio.

Durante la anaerobiosis, aproximadamente el 7% de la energía

total disponible en la glucosa es liberada (52 kcal/mol), mientras que en la respiración aeróbica el primer paso anaeróbico es seguido por la oxidación del sustrato con oxígeno molecular que libera el restante 93% de la energía libre de la glucosa.

La baja cantidad de energía liberada en la anaerobiosis demanda por tanto un mayor movimiento de las reservas de energía del animal, que sería la razón por la cual los animales a 30°C tuvieron bajos contenidos de energía total en sus tejidos, ya que estos acófiles permanecieron dos semanas aclimatados a esta temperatura. Un efecto similar se presenta en el caracol *Thais lapillus*, que al decrecer en un 37% en su peso seco por consecuencia de un período de inanición, su consumo de oxígeno declinó al 28% (Stickle y Bayne, 1982). Sastry (1979) en su estudio de adaptación del metabolismo de *Cancer irroratus*, durante el desarrollo larvario a un régimen fluctuante de 10° y 20°C y en un régimen constante de 15°C , al medir las tasas de consumo de oxígeno a 5° , 10° , 15° , 20° , 25° y 30°C encontró respuestas de sensibilidad térmica ($Q_{10} > 2$) y tasas de compensación ($1 < Q_{10} < 2$), así como también una depresión de la tasa metabólica ($Q_{10} < 1$). Por ende, es interesante retomar las pautas referidas en esta discusión, dado que en todos los estadios de desarrollo, se presenta a la misma temperatura (30°C), como ocurrió para *C. montezumae* en el presente estudio, donde coincidentemente a la misma temperatura, se tuvo una depresión del metabolismo aeróbico que se refleja en valores de Q_{10} de 0.92, 0.89 y 0.87 para juveniles, subadultos y adultos respectivamente

(tab. 4), Sastry (1979) este autor asume que estas alteraciones en las tasas metabólicas indican cambios en la actividad de enzimas y/o isoenzimas involucradas en la regulación del metabolismo, por ejemplo se observó que en esta misma especie (*C. irroratus*) que las actividades específicas de las enzimas lactato deshidrogenasa, malato deshidrogenasa y glucosa 6 fosfato deshidrogenasa en los estadios larvarios fue diferente entre animales bajo un régimen de fluctuación de temperatura (10°-20°C) y bajo temperatura constante (15°C) (Sastry, 1978; Sastry y Ellington, 1978). Estos resultados indican que el metabolismo puede ser reorganizado debido a los efectos diferentes de la temperatura sobre la actividad enzimática de diferentes vías metabólicas.

Excreción nitrogenada.

En relación a la tasa de excreción nitrogenada también se ajustaron ecuaciones alométricas del tipo $VNH_4^+ = \ln K + \alpha \ln Pc$, para cada temperatura ensayada.

En este caso los coeficientes de correlación (r) fueron de 0.97, 0.77 y 0.99 para 20°, 25° y 30°C respectivamente indicandó una correlación significativa ($P < 0.05$) entre la tasa de excreción nitrogenada y el peso corporal de los acociles (tab 1').

Al calcular las tasas de este índice fisiológico, para cada estadio de desarrollo, se encontró en el caso de juveniles que a 20°C fue de 2.9 mg N-NH₄⁺/g.P.s. x día⁻¹ siendo el nivel más alto que alcanzó en comparación con 25° y 30°C. En los subadultos la

tasa de máxima excreción se registró a 25°C con un valor de 2.9 mg N-NH₄⁺/g.P.s. x día⁻¹ y en los adultos fue también a esta temperatura donde se aprecia la mayor excreción de nitrógeno amoniacal con una tasa de 3.4 mg N-NH₄⁺/g.P.s. x día⁻¹.

En los estadios juvenil y adulto, las mayores tasas de excreción se dan en las temperaturas en que el consumo de oxígeno ejerce menores demandas energéticas dentro de los niveles probados de este factor.

Para los subadultos este comportamiento no se cumple estrictamente ya que la menor demanda de energía por metabolismo aerobio ocurre a 20°C y la mayor tasa de excreción nitrogenada se presenta a 25°C.

A 30°C se vuelve a apreciar un efecto de depresión en la tasa de excreción de productos nitrogenados, de manera análoga a la tasa del metabolismo aerobio en los tres estados de desarrollo y a la misma temperatura (tab. 4). Los niveles encontrados en las tasas de dicho índice fisiológico con respecto a cada condición experimental, se relacionan sin duda con el tipo de sustrato metabólico que está siendo oxidado en el metabolismo aerobio, por lo que se procedió a determinar la relación O:N, que indica el tipo de sustrato que está siendo catabolizado.

Las inferencias hechas de manera indirecta por la relación O:N sobre el tipo de sustrato metabólico utilizado, denotan implícitamente un criterio de particularidad, dado que en la literatura existente se reportan distintos valores que se toman como índices del tipo de sustrato oxidado, y los cuales están

condicionados principalmente por la especie de la cual se trate y la forma tanto cualitativa como cuantitativa en que están constituidos bioquímicamente sus tejidos. Esto a su vez estará en dependencia con el estado de desarrollo, condición fisiológica, tipo de alimentación y otros factores intrínsecos y extrínsecos.

En referencia a lo mencionado, se cita lo reportado por diversos autores; Conover y Corner (1968) dan valores mínimos teóricos de 8 para una relación O:N donde sólo proteínas son catabolizadas; sin embargo Mayzaud (1973) calculó cocientes O:N con valores de 4.4 para el catabolismo de proteínas de mamíferos y 2.3 para proteínas de *Calanus finmarchicus*.

Conover y Corner (1968) mencionan además, que los valores de la relación O:N son mayores en organismos herbívoros que en carnívoros reflejando probablemente una dieta rica en nitrógeno de los carnívoros.

Carpuzo y Lancaster (1979) reportaron que el cociente O:N en larvas de *Homarus americanus*, alimentadas con camarones indican principalmente un catabolismo de proteínas (≈ 28) y declina a ≈ 23 durante los dos últimos estadios larvarios, indicando una mayor utilización de proteínas como sustrato metabólico.

Clifford y Brick (1979) para *Macrobrachium rosenbergii* reportan que valores de 21.8 y 22.6 para el cociente O:N son indicativos de un metabolismo excesivo de proteínas y que valores de 45.8 y 54.7 infieren la utilización de lípidos y carbohidratos.

Stickle y Bayne (1982) para el caracol *Thais lapillus*

reportan que utiliza predominantemente proteínas como sustrato catabolizado y que los valores que toma el índice O:N están entre 5.9 y 15.6 cuando el amoníaco es el único producto de excreción.

Por otra parte, Barber y Blake (1985) para el molusco *Argopecten irradians concentricus* mencionan que los valores de la relación O:N indicativos de un catabolismo exclusivo de proteínas, toma valores entre 7 y 9.3, en este mismo trabajo, se reporta que las relaciones O:N con valores >24 indican un catabolismo exclusivamente a base de carbohidratos (Mayzaud, 1973) además basándose en el hecho que los lípidos requieren una mayor cantidad de oxígeno para su oxidación en comparación con los carbohidratos se asume que en este caso la relación O:N tomaría los valores mayores (Bayne y Thompson, 1970).

Ikeda y Mitchell (1982) en su trabajo con 14 especies de zooplankton antártico, reportan que cuando las proteínas son utilizadas como el único sustrato metabólico, la relación O:N toma valores alrededor de 8 y que se incrementa marcadamente cuando solo los lípidos son utilizados. Estos autores hacen mención a la limitante, de que en el zooplankton marino, el contenido de carbohidratos es muy bajo y que es insignificante como sustrato metabólico, dado que no se almacena como reserva de energía, por lo que el cociente O:N con el valor de 24 ocurre cuando cantidades iguales de proteína y lípidos son metabolizados (Ikeda, 1974).

El-Sayed et al (1978) al medir también el consumo de oxígeno y la excreción de amoníaco, obtiene valores medios de la relación

O:N para eufasidos y pterópodos de 28 y 48 respectivamente indicando la importancia de lípidos como sustrato metabólico.

Es claro que no hay intervalos de referencia bien limitados de los valores que toma el cociente O:N, que indiquen precisamente el sustrato metabólico del que se trate, dado las condicionantes que influyen sobre este índice fisiológico. Sin embargo muestran las tendencias en la que se dan dichos valores en correspondencia al sustrato que se está catabolizando. En este estudio los valores relativamente bajos (14 y 14.8), se consideraron en relación a una mayor proporción de proteínas, los valores intermedios 21.4, 21.6, 25.4 y 26 se consideraron indicativos de la utilización de proteínas y carbohidratos en mayor proporción y los valores relativamente más altos (>32) se tomaron como indicativos de la participación de carbohidratos y lípidos (tab. 5). De esta manera en juveniles los valores tomados por el cociente O:N a 20°C (14) indican la utilización de componentes proteicos, a 25° y 30°C los valores de 33.1 y 32.3 respectivamente sugieren la participación de carbohidratos y/o lípidos. En los subadultos los valores obtenidos tanto a 20°, 25° y 30°C (25.4, 21.4 y 26.0) son indicativos de la prevalencia de carbohidratos principalmente como fuente energética.

Los adultos mostraron un comportamiento distinto en este sentido ya que a 20°C, un valor considerado alto (45.2) estaría reflejando posiblemente la participación de lípidos como sustrato oxidable, a 25°C por otra parte se infiere por el valor bajo calculado (14.8) que se están utilizando una mayor proporción de

proteínas y a 30°C un valor de 21.6 podría deberse al empleo de carbohidratos en el metabolismo aerobio.

Es importante recalcar que la condición de temperatura que favoreció una menor tasa metabólica de acuerdo a cada estado de desarrollo, el principal sustrato catabolizado fueron las proteínas, lo cual es más evidente en juveniles y adultos, ya que en subadultos se piensa hay una mayor participación de carbohidratos.

Esta relación, es lógico pensar que está estrechamente vinculada con la constitución bioquímica de los tejidos del animal. En juveniles es evidente que la principal composición de los tejidos sean proteínas, que son la unidad estructural del crecimiento y que en estadios tempranos del desarrollo es más acelerado. Frank *et al* (1975) reporta que las proteínas y los lípidos se incrementan marcadamente durante el desarrollo larvario del cangrejo *Rhytapanopeus harrisi* y que además hay un incremento en el contenido de la transaminasa oxaloacetoglutamina, una enzima que regula el metabolismo de aminoácidos y del nitrógeno. Ante esta situación el sustrato disponible principalmente para el metabolismo serían proteínas. En el caso de los subadultos la tasa de crecimiento puede considerarse que se dan con un menor grado de aceleración dado que empieza a llegar a una condición cercana a su máximo crecimiento y se están dando paralelamente procesos de almacenamiento de la energía que será canalizada posteriormente para llevar a cabo la síntesis de productos reproductivos o para

satisfacer demandas del mantenimiento energético cuando el alimento sea escaso (Barber y Blake, 1985); por tal motivo se argumenta que se dispone de proteínas y además carbohidratos, utilizándose éstos en una mayor proporción como fuentes energéticas del metabolismo aerobio. En los adultos, posiblemente la principal causa de un metabolismo aerobio en el que prevalece una mayor cantidad de proteínas, se deba a que los animales canalizan sus reservas de energía hacia la síntesis de productos para la reproducción por lo que disponen de sus reservas proteicas como único sustrato utilizable para el metabolismo. Barber y Blake (1985) reportan este comportamiento para el molusco *Argopecten irradians concentricus* cuando lleva a cabo su ciclo reproductivo, en el que hace uso preferencialmente de lípidos como reservas de energía.

Armitage *et al* (1972) menciona que la principal reserva de energía en el acócil *Orconectes nais* son lípidos.

Este comportamiento del uso de sustrato metabólico se cree está ocurriendo a las temperaturas probadas, que significan condiciones en que cada estado de desarrollo tiene un desempeño fisiológico óptimo.

Sin embargo cuando la temperatura se incrementa o decrece alejándose de dicha condición, el metabolismo es reorganizado y consecuentemente se manifiesta la participación de sustratos metabólicos que el animal tenga disponibles, por tal motivo en 20°C para adultos se cree que el metabolismo aerobio se sustenta con componentes lipídicos que se reporta como la principal fuente

de reserva energética.

Este fenómeno se piensa que se esté llevando a cabo a las temperaturas donde *C. montezumae* en relación a su estado de desarrollo mostró compensación de su tasa metabólica ($1 < Q_{10} < 2$) y sensibilidad térmica ($Q_{10} > 2$) (tab.4), no obstante esta capacidad de respuesta de los organismos, cuando el nivel del factor llega a ser estresante, mostró una respuesta de depresión de la tasa metabólica que en relación con la excreción nitrogenada indicó mediante el cociente O:N el uso de carbohidratos. Como ya se mencionó anteriormente se cree que en esta situación se lleva a cabo en un mayor grado un metabolismo anaerobio (glucólisis).

Por ejemplo McWhinnie y O'Connor (1967) observaron que en el acocíl *Ornectes virilis* hay un incremento en la glucólisis de los tejidos del hepatopáncreas al estar sometido a una temperatura de 5°C que es letal a mediano plazo para la sobrevivencia de la especie y argumentan que esta respuesta se da en términos bioquímicos como una aclimatación a corto plazo en bajas temperaturas. En el caso de *C. montezumae* este mecanismo se estaría registrando solo que a una alta temperatura, por otra parte, una evidencia en favor de este supuesto es el hecho de que los carbohidratos sean la principal fuente energética oxidada en esta ruta metabólica que utiliza principalmente a la glucosa, y en juveniles y adultos donde pudiera haber una mayor cantidad de lípidos como reserva de energía, éstos estarían siendo convertidos a carbohidratos para ser utilizados como sustrato de

la glucólisis por consiguiente este movimiento en las reservas energéticas disminuyó notablemente el contenido energético del tejido de estos animales como se mencionó anteriormente.

Conclusiones.

El intervalo de preferencia térmica ejercido por los acoites de la especie *Camparellus montezumae* fue muy amplio, mostrando un escuivamiento a las temperaturas extremas. (comportamiento ortotermoquinético).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en la selección de temperatura para los 3 estados de desarrollo entre el día y la noche, para verano e invierno.

Se encontraron diferencias intersexuales ($P < 0.05$) en el estado de desarrollo juvenil, en las 2 épocas ensayadas.

Para el verano el intervalo de selección fue de 19° a 31°C para los tres estados de desarrollo.

Para el invierno se logran ver algunas tendencias a temperaturas templadas: para juveniles $18^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$, subadultos $24^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y adultos $26^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Se sugiere en base a los resultados del trabajo que las temperaturas más adecuadas para un mejor desarrollo de la tasa metabólica son: 20°C para juveniles y subadultos y 25°C para adultos.

En dichas temperaturas (20° y 25°C) el principal sustrato oxidable fueron las proteínas para juveniles y adultos, en el caso de los subadultos proteínas y carbohidratos.

La temperatura de 30°C se consideró como estresante en base a los resultados obtenidos y a que no fue registrada en el hábitat de estos organismos.

Los resultados encontrados indican el desempeño fisiológico

de estos animales de manera optima, a distintos niveles del factor temperatura condicionado por el estado de desarrollo. Por otra parte se visualiza un efecto de la estacionalidad y por ende de la aclimatización en las dos épocas del año ensayadas sobre la selección térmica de la especie.

Estos resultados sientan las bases para la implementación de las técnicas de cultivo de la especie, en nuestro país.

BIBLIOGRAFIA

- Armitage, K.B., Buikema, A.L., Jr. and Willems, N.J. (1972). Organic constituents in the annual cycle of the crayfish *Orconectes nans* (Faxon). Comp. Biochem. Physiol. 41A, 825-842.
- Barber, B.J. and E.C. Crawford (1977). A stochastic dual-limit hypothesis for behavioral thermoregulation in lizards. Physiol. Zool. 50: 53-60.
- Barber, B.J. and N.J. Blake (1985). Substrate catabolism related to reproduction in the bay scallop *Argopecten irradians concentricus*, as determined by O/N and RQ physiological indexes. Marine Biology 87. 13-18.
- Bayne, B.L. and R.J. Thompson (1970). Some physiological consequences of keeping *Mytilus edulis* in the laboratory. Helgoländer wiss. Meeresunter. 20, 526-552.
- Beamish, F.W.H. (1964) Respiration of fishes with special emphasis on standard oxygen consumption. II. Influence on weight and temperature on respiration of several species. Can. J. Zool., 42: 177-187.
- Beamish, F.W.H. and P.S. Mookherjee. (1964) Respiration of fishes with special emphasis on standard oxygen consumption I. In influence of weight and temperature on respiration of gold fish *Carassius auratus*. Can. J. Zool., 42 : 161-175.

- Berk, M.L. and J.E. Math. (1975) An analysis of behavioral thermoregulation in the lizard. *Dipsosaurus dorsalis*. J. Thermal Biol. 1: 15-22.
- Brett, J.R. (1956). Some principles in the thermal requirements of fishes. Quart. Rev. Biol. 31: 75-87.
- Brett, J.R. (1971). Energetic responses of salmon to temperature. A study of some relations in the physiology and freshwater ecology of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*. Amer. Zool. 11: 99-113.
- Capuzzo, J.M. and B.A. Lancaster (1979). Larval development in the American lobster; changes in metabolic activity and the O:N ratio. Can. J. Zool., vol 57, pp. 1845-1848.
- Clifford, C.H. and R.W. Brick (1979). A physiological approach to the study of growth and bioenergetics in the freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii*. Proc World Maricult. Soc 10: 701-719.
- Conover, R.J. and E.D.S. Corner (1968). Respiration and nitrogen excretion by some marine zooplakton in relation to their life cycles. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., vol 48, pp. 49-75.
- Crawshaw, L.I. (1974). Temperature selection and activity in the crayfish, *Orconectes immunis*. J. Comp. Physiol. 95:315-322.
- Crawshaw, L.L. (1977). Physiological and behavioral reactions of fishes to temperature change. J. Fish. Res. Board. Can. 34: 730-734.

Crawshaw, L.L. (1983). Effects of thermal acclimation and starvation on temperature selection and activity in the crayfish *Orconectes immunis*. *Comp. Biochem. Physiol.* 74A (2): 475-477.

Crocker, D.W., D.W. Barr. (1968). Handbook of the crayfishes of Ontario. Toronto, University of Toronto Press.

Departamento de Pesca (1981) Programa Nacional de Acuicultura. Direc. Gral. de Acuicultura. México. 45 pp.

El-Sayed, S.Z., D.C. Biggs, D. Stockwell, R. Warner and M. Meyer (1978) Biogeography and metabolism of phytoplankton and zooplankton in the Ross Sea, Antarctica. *Antarctic J. U.S.* 13, 131-133.

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

Forster, R.P. and L. Goldstein. (1969) Formation of excretory products. In: *Fish Physiology*. Eds. Hoar, W.S. and D.J. Randall. Vol. I. Academic Press. New York. p: 313-350.

Fraenkel, G.S., Gunn, D.L.: The orientation of animals: Kineses, taxes and compass reactions. 2nd ed. New York: Dover 1961.

Frank, J.R., S.D. Sulkin and R.P. Morgan, II. (1975). Biochemical changes during larval development of the xanthid crab, *Rhithropanopeus harrisi*. I. Protein, total lipid, alkaline phosphatase, and glutamic oxaloacetic transaminase, *Mar. Biol.*, vol 32, pp. 105-111.

- Fry, F.E.S. (1947). Effects of environmental on animal activity. Univ. Toronto. Stud. Biol. Ser. 55 Publ. Ont. Fish. Res. Lab. 68: 1-62 pp.
- Fry, F.E.S. (1971). The effect of environmental factors on the physiology of fish. In: Fish Physiology. Eds. Hoar, W.S. and D.J. Randall. Vol 1 Academic press. New York. p:1-98.
- Fry, F.E.J. (1964). Animals in aquatic environments: Fishes. In D.B. Dill, E.F. Adolph, and G.C. Wilber (eds.), Handbook of physiology, pp. 715-728. Amer. Physiol. Soc. Washington, D.C.
- Garrido, M.A. (1990) Relación entre las temperaturas de aclimatación y la tolerancia térmica de postlarvas y juveniles del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea Palaemonidae) Tesis de Maestra (Biología). Fac. de Ciencias UNAM.
- Hall, L.W., D.A. Cincotta., J.R. Stauffer y C.H. Hocut (1978). Temperature preference of the crayfish *Orconectes obscurus*. Arch. Environm. Cont. Toxicol. 7:379-383.
- Hobbs, H.H. (1972). Biota of Freshwater Ecosystems. Identification Manual No. 9 Crayfishes (Astacidae) of North and Middle America. Environmental Protection Agency. 173 p.
- Ikeda, T. (1974). Nutritional ecology of marine zooplankton. Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 22, 1-97.

- Ikeda, T. and A.W. Mitchell (1982) Oxygen Uptake, Ammonia Excretion and Phosphate Excretion by Krill and Other Antarctic Zooplankton in Relation to their Body Size and Chemical. Marine Biology. 71, 283-298.
- Jobling, M. (1981). Temperature tolerance and final preferendum rapid methods for the assesment of optimum growth temperatures. J. Fish. Res. Board. Can. 24 (7): 1515-1519.
- Kellog, R.L. y J.J. Glift. (1983). Relationship beetwen optimum temperatures for growth and preferred temperatures for the young of four species. Trans. Am. Fish. Sec. 112: 424-430.
- Kerkut, G.A., Taylor, B.J.R.: (1958). The effect of temperature changes on the activity of poikilotherms Behavior. 13, 259-279.
- Kinne, O. 1970. Temperature: Animals-Invertebrates. In: Kinne, O. (Ed). Marine Ecology. vol 1. Environmental factors pt 1. Wiley Intersciences. London. p: 407-514.
- Kivivouri, L. (1980). Effects of temperature and temperature acclimation on the motor and neural functions in the crayfish *Astacus astacus* L. Comp. Biochem Physiol. vol 65 A: 297-304.
- Krasne, F.B. and J.J. Wine. (1975) Extrinsic modulation of crayfish escape behavior. J. Exp. Biol. 63, 433 pp.

- Maldonado, R.J.G. (1990). Respuesta al stress térmico del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure), (Crutácea: Astacidae). Comparación de métodos. Tesis de licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM.
- Martínez, O.A. y E. Díaz (1975). Instalación Respirométrica para el estudio de la Acción de diversos Agentes presentes en el agua de Mar. Andre Voisin, Universidad de la Habana, Cuba. Serie 8, Investigaciones Marinas. Ciencias. No. 18: 1-6 p.
- Mathur, D., R.M. Schutsky, and E.J. Purdy Jr. (1982). Temperature preference and avoidance responses of crayfish *Orconectes obscurus*, and associated statistical problems. Can J. Fish Aquat Sci. 39: 548-553.
- Mayzaud, P. (1973). Respiration and nitrogen excretion of zooplankton II Studies of the metabolic characteristics of starved animals. Mar. Biol. 21:19-28.
- McCauley, R.W. (1977). Laboratory Methods, for Determining Temperatures Preference. J. Res. Board. Can. 34: 749-752.
- McWhinnie, M.A. and J.D. O'Connor (1967). Metabolism and low temperature acclimation in the temperate crayfish. *Orconectes virilis*. Comp. Biochem. Physiol. 20, 131-145.
- Meldrim, J.W. and J.J. Gift (1971). Temperature preference, avoidance and shock experiments with estuarine fishes. Ichthyological Associates Bull. 7. 1-76.

- Momot, W.T., Gowing H. and P.D. Jones. (1978). The role of crayfish and their role in ecosystems. Am. Midl. Nat. 99: 10-35.
- Nelson, D.H. and D.K. Hooper (1982). Thermal Tolerance and preference of the freshwater shrimp *Palaemonetes kadsakensis* J. Therm. Biol. Vol 7, 183-187.
- Paloheimo, J.E. and L.M. Dickie (1966). Food growth of fishes. I.A. growth curve derived from experimental data. J. Fish. Res. Bd. Canada, 22 (2): 521-542.
- Prosser, C.L. and D.O. Nelson. (1981). The role of Nervous Systems in Temperature Adaptation of Poikilotherms. Ann. Rev. Physiol. 43: 281-300.
- Reynolds, W.W. (1977a). Temperature as a proximate factor in orientation behavior. J. Fish. Res. Board Can. 34: 734-739.
- Reynolds, W.W. (1977). Temperature as proximate factor in orientacion behavior. J. Fish. Res Board. Can. 34: 734-739.
- Reynolds, W.W. and D.A. Thomson. (1974a). Temperature and salinity tolerances of young Gulf grunion, *Leuresthes sardina* (Atheriniformes: Atherinidae). J. Mar. Res. 32: 37-45.
- Reynolds, W.W. and M.E. Casterlin (1979). Behavioral Thermoregulation and the "Final Referendum" Paradigm. Amer. Zool., 19. 211-224.

- Rodier, J. (1981) Análisis de las aguas. Omega. España.
p: 137-140.
- Rychly, J. and Marina, B.A. (1977) The ammonia excretion of trout during a 24 hour period. *Aquaculture*, 11:173-178.
- Sastry, N.A. (1978). Physiological adaptation of *Cancer irroratus* larvae to cyclic temperatures. Proc. 12th Eur. mar. Biol. Symp. 57-65 (Ed. by D.S. McLusky and A.J. Berry. New York: Pergamon Press.
- Sastry, N.A. and W.R. Ellington (1978). Lactate dehydrogenase during the larval development of *Cancer irroratus*: effect of constant and cyclic thermal regimes. *Experientia* 34, 308-309.
- Sastry, N.A. (1979) Metabolic Adaptation of *Cancer irroratus* Developmental Stages to Cyclic Temperatures. *Marine Biology* 51. 243-250.
- Schmidt Nielsen, K. (1975) Animal Physiology. Cambridge University Press. 699 p.
- Stephens, P.J. (1985). The effects of temperature and acclimation on crustacean nerve-muscle physiology. *Biol. Bull.* 169: 92-105.
- Stickle, B.W. and B.L. Bayne (1982). Effects of temperature and salinity on oxygen consumption and nitrogen excretion in *Thais (nucella) lapillus* (L). Elsevier Biomedical Press. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* vol 58, pp 1-7.

- Suárez, A.C. y R.D. Xiqués. (1968). Consideraciones sobre los Índices metabólicos y la supervivencia del camarón blanco *Penaeus schmitti* Burkenroad de la plataforma Cubana. FAO Fish. Rep., 3 (57): 623-642.
- Vargas, L. (1989). Notas Preliminares sobre el acocil (*Cambarellus montezumae* (S.)) del lago de Xochimilco, D.F. en Memorias del VI Simposio sobre fauna Silvestre. Fac. Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México, 49 p.
- Vernberg, F.J. and B. Vernberg, 1978. Adaptation to extreme environments. In: Vernberg, F.J. (Ed). Physiological Ecology of Estuarine Organisms. The Belle W. Barusch Library in Marine Science No. 3 Univ. South Carolina Press. p. 165-180.
- Vernberg, W.B. and F.S. Venberg, (1972). Environmental physiology of marine animals. Springer-Verlag. New York. 346 pp.
- Villalobos, A. (1955). Langostinos. Cambarinos de la fauna mexicana (Crustácea: Decápoda). Tesis de Licenciatura en Biología Fac. de Ciencias, UNAM. México.
- Villalobos, F.A. (1983). Crayfishes of Mexico P.H.D. Thesis. National and Antonomus Univ. of Mexico. Smithsonian, Inst. and Nat. Sci. Washington, D.C.
- Zar, J.H. (1974). Bioestatistical analysis. Prentice Hall. Englewood Cliffs. N.J. 620 pp.

ANEXO

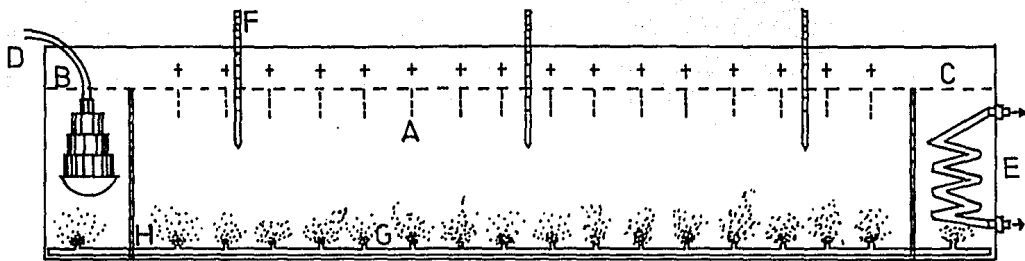


DIAGRAMA 1.-ESQUEMA DEL GRADIENTE HORIZONTAL DE TEMPERATURA UTILIZADO.

A-segmentos del gradiente, B-camara caliente, C-camara fria, D-resistencia, E-serpentin, F-termómetros, G-sistema de aireación, H-malla.

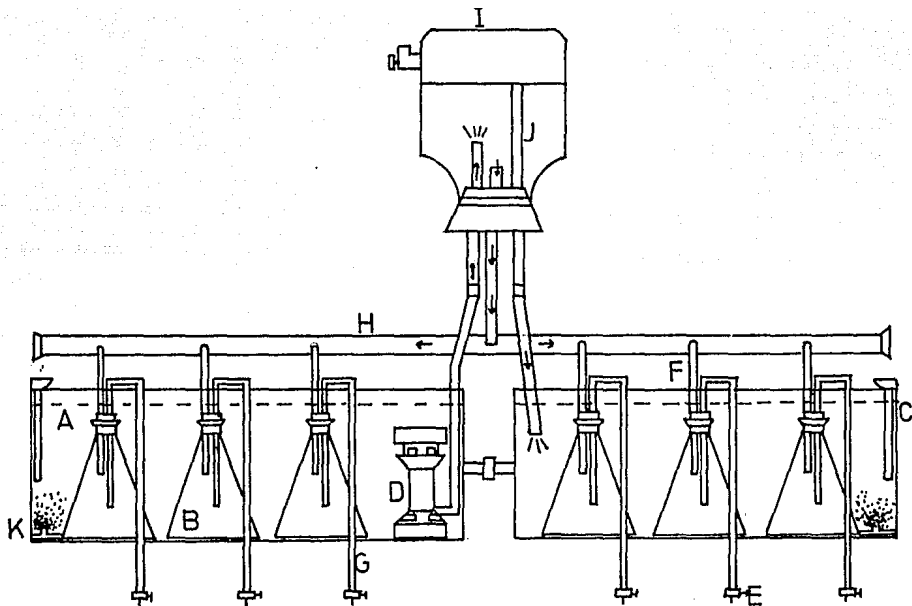


DIAGRAMA 2:-

DISPOSITIVO DE TIPO SEMICERRADO UTILIZADO PARA LA DETERMINACION DEL CONSUMO DE OXIGENO Y EXCRECION NITROGENADA.

A-estanco termorregulado, B-cámaras respirométricas, C-calentadores, D-bomba, E-llaves de control de fluido F -manguera para entrada de agua, G-manguera para salida de agua, H-tubo distribuidor, I-contenedor de agua, J-rebosador, K-aireación.

Cuadro I. Temperaturas seleccionadas para los tres estadios de desarrollo del acocil *Cambarellus montezumae*, en un gradiente térmico horizontal. Verano.

Verano I

Estado de desarrollo	Intervalo de temperatura seleccionado	Frecuencias de aparición (%)
Juvenil	19°-31°C	54
Subadulto	19°-31°C	57
Adulto	19°-31°C	61

Cuadro II. Temperaturas seleccionadas para los tres estadios de desarrollo del acocil *Cambarellus montezumae*, en un gradiente térmico horizontal. Invierno.

Invierno II.

Estado de desarrollo	Intervalo de temperatura seleccionado	Frecuencias de aparición (%)
Juvenil	18°± 1°C	56
Subadulto	24°± 1°C	62
Adulto	26°± 1°C	70

Tabla 1: Ecuaciones alométricas ajustadas para la relación consumo de oxígeno vs. peso corporal de *Cambarellus montezumae* a diferentes temperaturas. Verano.

Temp. (°C)	n	$\ln \hat{y} = \ln k + \alpha \ln Pc$	r
20	16	$\ln \hat{y} = 2.88 + 1.33 \ln Pc$	0.64
25	13	$\ln \hat{y} = 1.96 + 0.56 \ln Pc$	0.74
30	11	$\ln \hat{y} = 2.70 + 1.28 \ln Pc$	0.66

Tabla 1': Ecuaciones alométricas ajustadas para la relación excreción de nitrógeno vs peso corporal de *Cambarellus montezumae* a diferentes temperaturas.

Temp. (°C)	n	$\ln \hat{y} = \ln k + \alpha \ln Pc$	r
20	4	$\ln \hat{y} = -1.730 + 0.40 \ln Pc$	0.97
25	5	$\ln \hat{y} = -0.346 + 1.24 \ln Pc$	0.77
30	5	$\ln \hat{y} = -0.243 + 1.62 \ln Pc$	0.99

Tabla 2. Influencia de la temperatura y estado de desarrollo sobre la tasa de consumo de oxígeno de *Cambarellus montezumae* Verano

Temp. °C	Juvenil	Subadulto	Adulto
	P.h.=0.141±0.01 g P.s.=0.028±0.003 g	P.h.=0.266±0.020 g P.s.=0.047±0.003 g	P.h.=0.470±0.040 g P.s.=0.082±0.006 g
20	VO ₂ = 9.3 QO ₂ = 47.0 E. = 157.0 % ET. = 4.1 C.C. = 3855.7	VO ₂ = 11.5 QO ₂ = 65.1 E. = 217.5 % ET. = 6.5 C.C. = 3368.0	VO ₂ = 13.9 QO ₂ = 79.6 E. = 265.8 % ET. = 7.2 C.C. = 3655.9
25	VO ₂ = 16.8 QO ₂ = 84.7 E. = 282.7 % ET. = 6.9 C.C. = 4073.0	VO ₂ = 12.7 QO ₂ = 72.0 E. = 240.3 % ET. = 6.3 C.C. = 3840.7	VO ₂ = 9.9 QO ₂ = 56.7 E. = 189.5 % ET. = 5.8 C.C. = 3284.1
30	VO ₂ = 8.6 QO ₂ = 43.3 E. = 144.6 % ET. = 12.0 C.C. = 1202.2	VO ₂ = 10.3 QO ₂ = 58.1 E. = 194.1 % ET. = 20.9 C.C. = 926.6	VO ₂ = 12.0 QO ₂ = 69.0 E. = 230.6 % ET. = 48.3 C.C. = 477.2

VO₂ = mgO₂/g P.h. × día⁻¹
 QO₂ = mgO₂/g P.s. × día⁻¹
 E. = cal/g P.s. × día⁻¹
 % ET. = % de Energía Total

P.h. = Peso Húmedo ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)
 P.s. = Peso Seco ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)
 C.C. = Contenido Calórico
 (cal/g P.s.).

Tabla 3. Influencia de la temperatura y estado de desarrollo sobre la excreción nitrogenada de *Cambarellus montezumae* Verano

Temp. °C	Juvenil	Subadulto	Adulto
	P.h.=0.141±0.01 g P.s.=0.028±0.003 g	P.h.=0.266±0.02 g P.s.=0.047±0.003 g	P.h.=0.470±0.28 g P.s.=0.082±0.006 g
20	VN-NH ₄ ⁺ = 0.6 QN-NH ₄ ⁺ = 2.9 E. = 1.8	VN-NH ₄ ⁺ = 0.4 QN-NH ₄ ⁺ = 2.2 E. = 1.4	VN-NH ₄ ⁺ = 0.3 QN-NH ₄ ⁺ = 1.6 E. = 1.0
25	VN-NH ₄ ⁺ = 0.4 QN-NH ₄ ⁺ = 2.2 E. = 1.4	VN-NH ₄ ⁺ = 0.5 QN-NH ₄ ⁺ = 2.9 E. = 1.8	VN-NH ₄ ⁺ = 0.6 QN-NH ₄ ⁺ = 3.4 E. = 2.1
30	VN-NH ₄ ⁺ = 0.2 QN-NH ₄ ⁺ = 1.2 E. = 0.7	VN-NH ₄ ⁺ = 0.4 QN-NH ₄ ⁺ = 2.0 E. = 1.2	VN-NH ₄ ⁺ = 0.5 QN-NH ₄ ⁺ = 2.8 E. = 1.8

VN-NH₄⁺ = mg N-NH₄⁺/g P.h. x día⁻¹
 QN-NH₄⁺ = mg N-NH₄⁺/g P.s. x día⁻¹
 E. = cal/g P.s. x día⁻¹

P.h. = Peso Húmedo ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)
 P.s. = Peso Seco ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Tabla 4. Influencia de la temperatura (Q_{10}) sobre la tasa metabólica en diferentes estados de desarrollo de *Cambarellus montezumae*. VERANO.

RANGO Temp. (°C)	Juvenil	Q_{10} Subadulto	Adulto
20-25	3.24	1.22	0.51
20-30	0.92	0.89	0.87

Tabla 5. Relación O:N obtenida a diferentes temperaturas y estados de desarrollo de *Cambarellus montezumae*. VERANO.

Temp. (°C)	Juvenil	Subadulto	Adulto
20	14.0	25.4	45.2
25	33.1	21.4	14.8
30	32.3	25.9	21.6

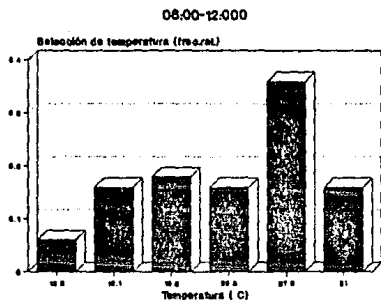
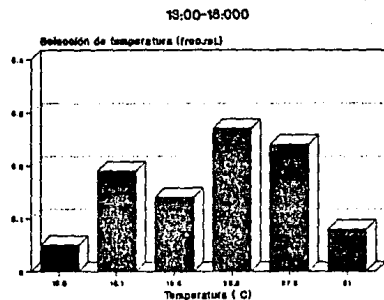


Fig. 1



Distribución espacial de las hembras juveniles
de *C. montezumae*, en un gradiente térmico horizontal
durante un ciclo de 24 horas. Verano.

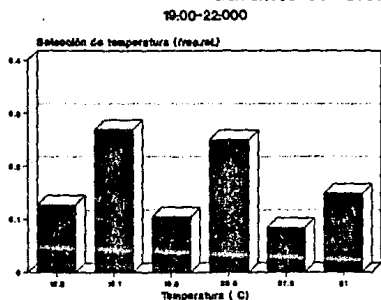
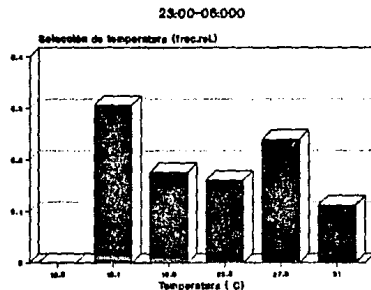


Fig. 2



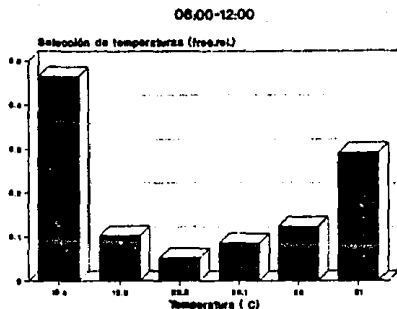
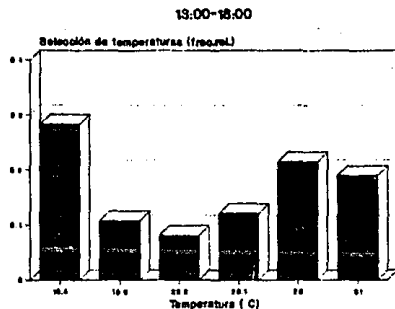


Fig. 3



Distribución espacial de las hembras juveniles de *C. montezumae*, en un gradiente térmico horizontal durante un ciclo de 24 horas. Invierno.

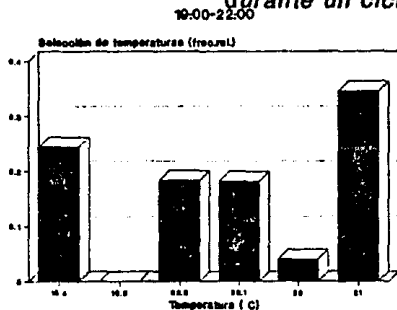
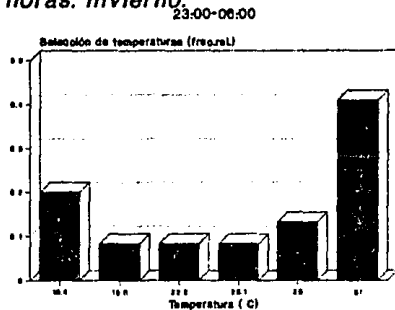


Fig. 4



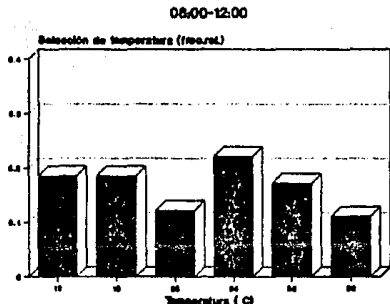
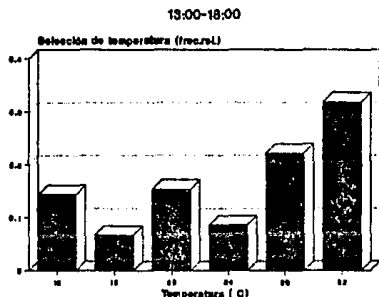


Fig.5



Distribución espacial de los machos juveniles de *C. montezumae*, en un gradiente térmico horizontal durante un ciclo de 24 horas. Verano.

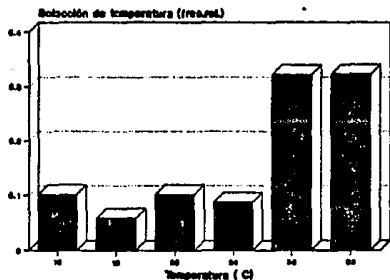
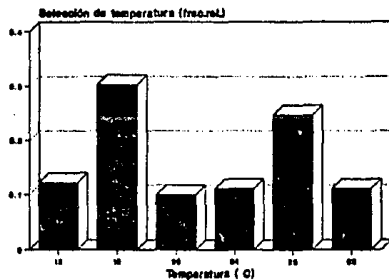


fig. 8



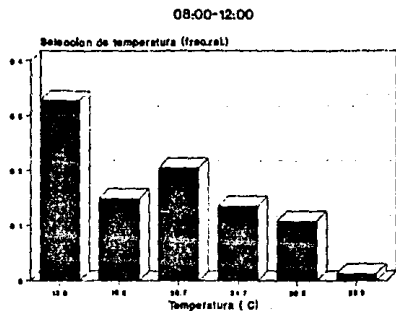
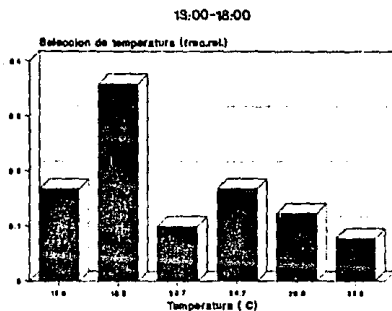


Fig. 7



Distribución espacial de machos juveniles de *C. montezumae*,
 en un gradiente térmico horizontal
 durante un ciclo de 24 horas. Invierno.

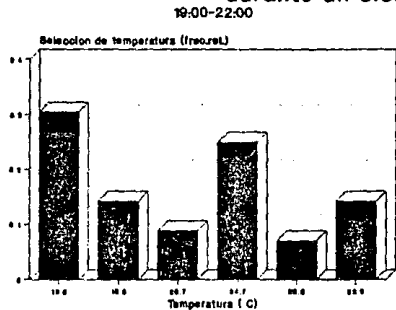
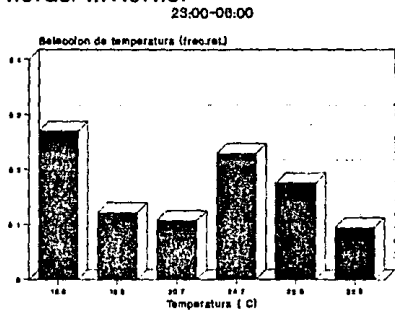


Fig. 8



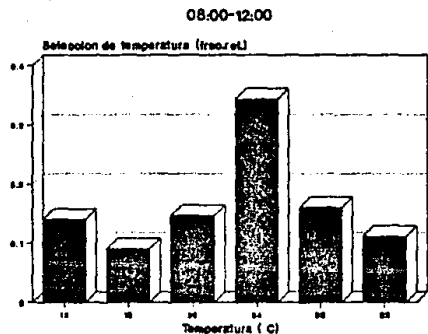
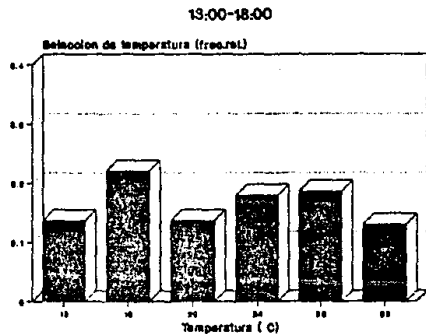


Fig. 9



Distribución espacial de subadultos de *C. montezumae*,
 en un gradiente térmico horizontal
 durante un ciclo de 24 horas. Verano.

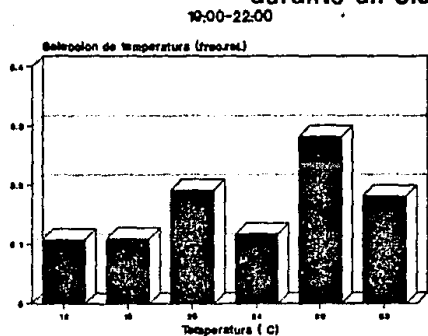
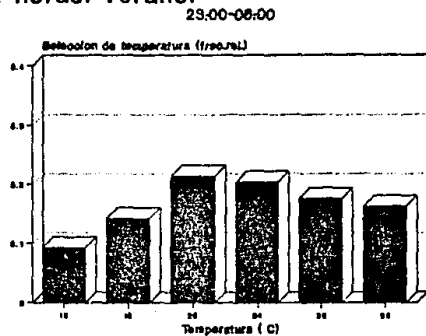


Fig. 10



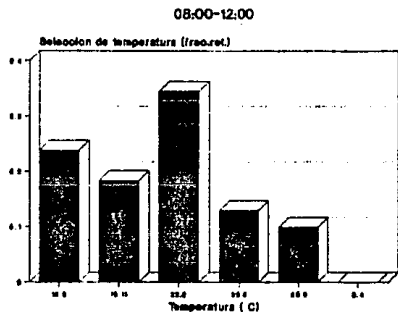
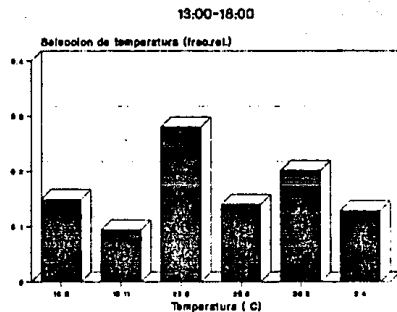


Fig. 11



Distribución espacial de subadultos de *C. montezumae*,
en un gradiente térmico horizontal
durante un ciclo de 24 horas. Invierno.

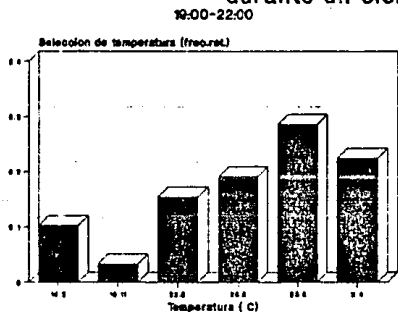
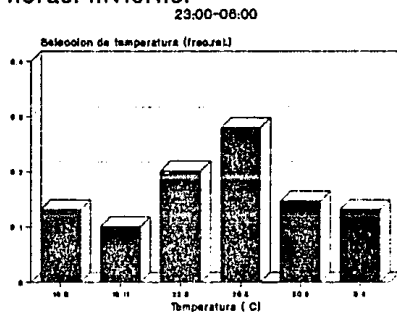


Fig. 12



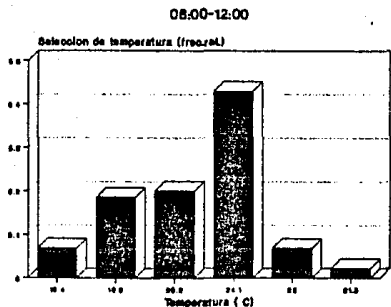
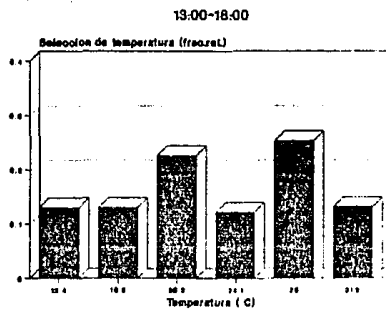


Fig. 13



Distribución espacial de adultos de *C. montazumae*,
 en un gradiente térmico horizontal
 durante un ciclo de 24 horas. Verano.

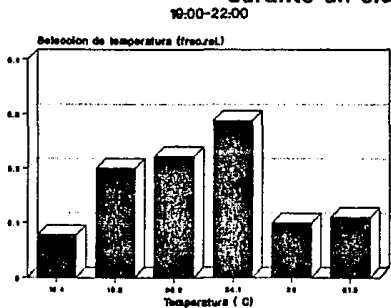
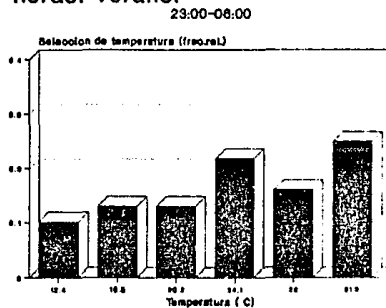


Fig. 14



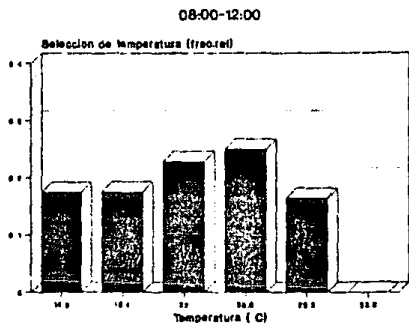
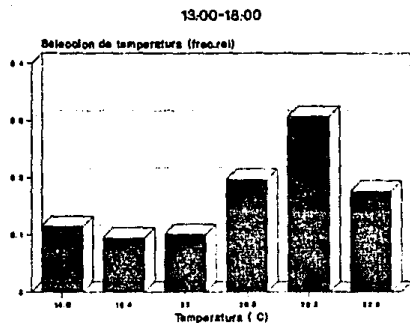


Fig. 15



Distribución espacial de adultos de *C. montezumae*,
 en un gradiente térmico horizontal
 durante un ciclo de 24 horas. Invierno.

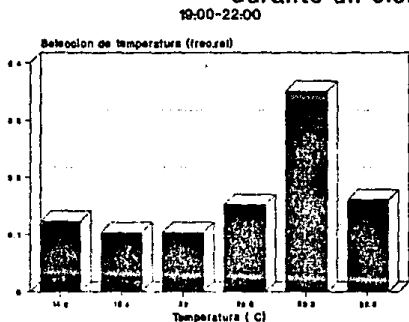
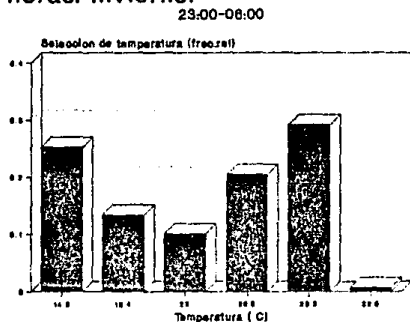


Fig. 16



APENDICE 1.
Indices morfométricos para Verano.

T. °C	Indice Morfo-métrico	Juvenil	Subadulto	Adulto
20	P.h. (g)	(4) $\bar{x} = 0.1730$ $S = 0.0200$ IC=(0.1310, 0.2140) R = 0.1450- 0.19 50	(7) $\bar{x} = 0.2740$ $S = 0.0300$ IC=(0.2400, 0.3070) R = 0.2200- 0.3050	(5) $\bar{x} = 0.4620$ $S = 0.1200$ IC=(0.3040, 0.6797) R = 0.3850- 0.6700
	P.s. (g)	$\bar{x} = 0.0370$ $S = 0.0100$ IC=(0.0160, 0.0570) R = 0.0240- 0.0480	$\bar{x} = 0.0525$ $S = 0.0048$ IC=(0.0470, 0.0577) R = 0.0460- 0.0590	$\bar{x} = 0.0962$ $S = 0.0330$ IC=(0.0440, 0.1470) R = 0.0710- 0.1510
	% h Tej.	$\bar{x} = 78.8100$ $S = 3.4580$ IC=(71.5800, 86.0270) R = 75.3800-83.4400	$\bar{x} = 80.6800$ $S = 2.2054$ IC=(78.2000, 83.1570) R = 78.0000-83.9300	$\bar{x} = 80.7200$ $S = 2.1406$ IC=(77.3700, 84.0670) R = 77.4600-81.5500
25	P.h. (g)	(4) $\bar{x} = 0.1282$ $S = 0.0571$ IC=(0.0090, 0.2470) R = 0.0850- 0.2100	(6) $\bar{x} = 0.2505$ $S = 0.0694$ IC=(0.1600, 0.3400) R = 0.1830- 0.3400	(6) $\bar{x} = 0.4896$ $S = 0.0885$ IC=(0.3750, 0.6030) R = 0.3530- 0.5950
	P.s. (g)	$\bar{x} = 0.2100$ $S = 0.0079$ IC=(0.0046, 0.0377) R = 0.0155- 0.0325	$\bar{x} = 0.0439$ $S = 0.0105$ IC=(0.0300, 0.0570) R = 0.0330- 0.0620	$\bar{x} = 0.0947$ $S = 0.0201$ IC=(0.0680, 0.1207) R = 0.0710- 0.1185
	% h Tej.	$\bar{x} = 83.2700$ $S = 1.2390$ IC=(80.680, 85.8500) R = 81.760- 84.5200	$\bar{x} = 82.2300$ $S = 1.7913$ IC=(79.9100, 84.5400) R = 80.5400-85.6000	$\bar{x} = 80.6800$ $S = 1.5226$ IC=(78.7100, 82.6570) R = 78.5000-82.8800

IC = Intervalo de Confianza del 95% para \bar{x} .

R = Rango de los datos.

% h Tej. = Porcentaje de humedad del tejido

P.h. = Peso húmedo (g)

P.s. = Peso seco (g)

Indices morfométricos para Verano.
(continuación)

T. °C	Indice Morfométrico	Juvenil	Subadulto	Adulto
30	P.h. (g)	(6) $\bar{x} = 0.1463$ $S = 0.0255$ $IC=(0.1130, 0.1797)$ $R = 0.1200-0.1800$	(5) $\bar{x} = 0.2790$ $S = 0.0553$ $IC=(0.1920, 0.3650)$ $R = 0.2000-0.3450$	(5) $\bar{x} = 0.4350$ $S = 0.0855$ $IC=(0.3010, 0.5687)$ $R = 0.3350-0.5450$
	P.s. (g)	$\bar{x} = 0.0293$ $S = 0.0066$ $IC=(0.0200, 0.0370)$ $R = 0.0210-0.0370$	$\bar{x} = 0.0450$ $S = 0.0033$ $IC=(0.0390, 0.0500)$ $R = 0.0410-0.0490$	$\bar{x} = 0.0588$ $S = 0.0023$ $IC=(0.0550, 0.0620)$ $R = 0.0560-0.0620$
	% h Tej.	$\bar{x} = 80.0600$ $S = 1.8600$ $IC=(77.6600, 82.4600)$ $R = 77.1400-82.5000$	$\bar{x} = 83.4200$ $S = 3.1456$ $IC=(78.5000, 88.3300)$ $R = 78.0000-85.7900$	$\bar{x} = 86.0800$ $S = 2.6218$ $IC=(81.9800, 90.1800)$ $R = 82.3800-88.6200$

IC = Intervalo de Confianza del 95% para \bar{x} .

R = Rango de los datos.

P.h. = Peso húmedo (g)

P.s. = Peso seco (g)

% h Tej. = Porcentaje de humedad del tejido

APENDICE 2.

Indices morfométricos para Invierno.

Indice Morfo-métrico	Juvenil (18°)	Subadulto (24°)	Adulto (26°)
	(14)	(8)	(10)
P.h. (g)	\bar{x} = 0.1457 S = 0.0313 IC=(0.1246, 0.1667) R = 0.1000- 0.2140	\bar{x} = 0.2282 S = 0.0355 IC=(0.1920, 0.2630) R = 0.1930- 0.2970	\bar{x} = 0.4177 S = 0.0878 IC=(0.3430, 0.4927) R = 0.3250- 0.6180
P.s. (g)	\bar{x} = 0.0226 S = 0.0051 IC=(0.0192, 0.0267) R = 0.0147- 0.0308	\bar{x} = 0.0376 S = 0.0079 IC=(0.0290, 0.0450) R = 0.0310- 0.0550	\bar{x} = 0.0697 S = 0.0195 IC=(0.0530, 0.0867) R = 0.0460- 0.1117
% h Tej.	\bar{x} = 84.4400 S = 1.5788 IC=(83.3600,85.5000) R = 81.6500-87.5900	\bar{x} = 83.5800 S = 1.2880 IC=(82.2900,84.8770) R = 81.4800-85.1600	\bar{x} = 83.4100 S = 2.1679 IC=(81.5600,85.2470) R = 79.5400-86.1500

IC = Intervalo de Confianza del 95% para \bar{x} .

R = Rango de los datos.

P.h. = Peso húmedo (g)

P.s. = Peso seco (g)

% h Tej. = Porcentaje de humedad del tejido