

115
29.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS



RESPUESTA AL STRESS TERMICO DEL ACOCIL ***Cambarellus montezumae* (SAUSSURE),** **(CRUSTACEA: ASTACIDAE). COMPARACION** **DE METODOS.**

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 :

JORGE GABRIEL MALDONADO RODRIGUEZ

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.....	1
INTRODUCCION.....	3
OBJETIVOS.....	7
MATERIAL Y METODO.....	8
I. CAPTURA Y MANTENIMIENTO DE LOS ORGANISMOS.....	8
II. TEMPERATURA CRITICA MAXIMA (TCM) Y CARACTERIZACION DE LAS RESPUESTAS AL STRESS TERMICO POR ALTAS TEMPERATURAS.....	8
III. ANALISIS DE LAS RESPUESTAS DE STRESS DE LOS ACOCILES EN TEMPERATURAS SUBLETALES DETERMINADAS POR EL METODO DE TEMPERATURA CRITICA MAXIMA.....	9
IV. TEMPERATURA LETAL 50 (TL ₅₀) Y CARACTERIZACION DE LAS RESPUESTAS AL STRESS TERMICO POR ALTAS TEMPERATURAS.....	10
V. ANALISIS DE LAS RESPUESTAS DE STRESS DE LOS ACOCILES EN TEMPERATURAS SUBLETALES DETERMINADAS POR EL METODO DE TEMPERATURA LETAL 50 (TL ₅₀).....	11
VI. ANALISIS DE LA PRESION OSMOTICA TOTAL E IONES (SODIO Y POTASIO) EN LA HEMOLINFA DE <u>Cambarellus montezumae</u> (SAUSSURE).....	11
VII. ANALISIS ESTADISTICO.....	12
DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	14
RESULTADOS.....	15
I. CARACTERIZACION DE LAS RESPUESTAS AL STRESS TERMICO Y TEMPERATURA CRITICA MAXIMA (TCM).....	15
II. RESPUESTA DE LOS ACOCILES AL FACTOR TEMPERATURA MEDIANTE EL METODO DE (TCM) EN ORGANISMOS DE VERANO E INVIERNO.....	16
III. ANALISIS DE LA RESPUESTA DE LOS ACOCILES EN TEMPERATURAS SUBLETALES MEDIANTE EL METODO DE TCM PARA VERANO E INVIERNO.....	17

IV.	RESPUESTAS DE LOS ACOCILES AL FACTOR TEMPERATURA EMPLEANDO EL METODO DE TL ₅₀ EN ESPECIMENES DE VERANO E INVIERNO.....	18
V.	ANALISIS DE LA RESPUESTA DE LOS ACOCILES EN EL METODO DE TL ₅₀ PARA VERANO E INVIERNO.....	19
VI.	COMPARACION DE LAS CURVAS DE MORTALIDAD ENTRE AMBOS METODOS TCM Y TL ₅₀	19
VII.	ANALISIS DE MEDIO INTERNO PARA MUESTRAS BASALES DE <u>Cambarellus montezumae</u> DE VERANO E INVIERNO.....	20
	1. CONCENTRACION DE SODIO (Na ⁺), POTASIO K ⁺ Y PRESION OSMOTICA TOTAL.....	20
	2. EVALUACION DE PORCENTAJES DE Na ⁺ , K ⁺ Y P.O.T.....	20
VIII.	ANALISIS DE MEDIO INTRNO EN LOS ACOCILES SOMETIDOS A TEMPERATURAS SUBLETAES MEDIANTE TCM PARA VERANO E INVIERNO.....	21
	1. CONCENTRACION DE SODIO.....	21
	2. CONCENTRACION DE POTASIO.....	22
	3. PRESION OSMOTICA TOTAL.....	22
IX.	ANALISIS DE MEDIO INTERNO DE <u>Cambarellus montezumae</u> EMPLEANDO EL METODO DE TL ₅₀	23
	1. CONCENTRACION DE SODIO.....	23
	2. CONCENTRACION DE POTASIO.....	23
	3. PRESION OSMOTICA TOTAL.....	23
	4. COMPARACION DE SODIO, POTASIO Y PRESION OSMOTICA TOTAL CON LOS COMPORTAMIENTOS DE STRESS DE <u>C. montezumae</u>	24
X.	ANALISIS DEL MEDIO INTERNO DEL ACOCIL EN TEMPERATURAS SUBLETALES OBTENIDAS DEL METODO DE TL ₅₀ PARA VERANO E INVIERNO.....	24
	1. CONCENTRACION DE SODIO.....	24
	2. CONCENTRACION DE POTASIO.....	25
	3. PRESION OSMOTICA TOTAL.....	25
	4. COMPARACION ENTRE SODIO, POTASIO Y PRESION OSMOTICA TOTAL.....	25

DISCUSION.....	26
I. METODO DE TCM.....	26
II. METODO DE TL ₅₀	29
III. COMPARACION DE TCM Y TL ₅₀	31
IV. EFECTO DE ACLIMATAACION.....	32
V. MEDIO INTERNO.....	33
CONCLUSIONES.....	38
TABLAS.....	40
FIGURAS.....	48
BIBLIOGRAFIA.....	67

"RESUMEN"

En este estudio se compararon los métodos de Temperatura Crítica Máxima (TCM) con una tasa de Elevación de $1^{\circ}\text{C./minuto}$ y Temperatura Letal 50 (TL_{50}) a 1°C./hora , estableciéndose, las bondades que brinda cada uno de ellos. El trabajo se realizó con la especie de acocil Cambarellus montezumae (Saussure), la cual fué colectada en la Presa Guadalupe Victoria, Edo. de México; los organismos fueron aclimatados a temperatura ambiente ($19\pm 1^{\circ}\text{C.}$ y $21\pm 1^{\circ}\text{C.}$) acorde con las temperaturas promedio de las épocas cálida y fría del año, durante lapsos de dos a tres semanas, con el fin de obtener resultados lo más fehacientes posibles. Los métodos de TCM y TL_{50} presentaron puntos de temperaturas subletales y letales diferentes. Estas temperaturas fueron a su vez evaluadas mediante algunas respuestas al stress térmico las cuales fueron: Desorientación inicial (DI), Desorientación final (DF), Doble del telson inicial (DTI), Paro locomotor (PL) y Doble del telson final (DIF); eventos que se reflejaron en ambos métodos pero a distintas temperaturas. Con el método de TCM la (DF) se encontró para Verano a 31.1°C. y para Invierno a 30.7°C. , el (DIF) que se asoció con (TL) se estimó para los organismos de Verano en 41.8°C. y en Invierno en 41.5°C. , en ambos casos se analizaron las curvas de mortalidad. Se encontró que para organismos de Invierno la mortalidad se inició a los 40°C. alcanzándose el 100% de mortalidad a los 41.5°C. , mientras que para Verano fué a los 44°C. y se constató que los organismos de Verano son más tolerantes que los de Invierno. Las temperaturas subletales que se examinaron mediante TCM abarcaron para Verano $33.5\pm 1.1^{\circ}\text{C.}$ y para Invierno a $27.0\pm 1.0^{\circ}\text{C.}$, como límites superiores de resistencia. Los resultados obtenidos mediante el método de TL_{50} , no permitieron detectar diferencias significativas en la tolerancia de los individuos de la época fría y cálida del año, aunque pudiesen existir. La mortalidad se inició a 35°C. y finalizó a 39°C. El comportamiento de stress de los acociles en temperaturas subletales se evaluó entre (DI) y (DF), encontrándose que para ambas épocas fué de 34.5°C. En cada una de las fases del estudio se extrajo hemolinfa a los especímenes a excepción del procedimiento de TCM dada la complejidad del método; se hizo el análisis de concentración de Sodio y Potasio así como de la Presión Osmótica Total, se encontró que las altas temperaturas modifican el medio interno del animal como consecuencia de la búsqueda del equilibrio de temperaturas con el medio externo. El ión Sodio siempre tendió a aumentar, al igual que la Presión Osmótica Total con la elevación de la temperatura, mientras que el Potasio se mantuvo estable cuando los organismos eran sometidos a la temperatura marcada como subletal, tanto Sodio como Presión Osmótica Total disminuyeron en el tiempo y pasadas 96 horas del

efecto del factor los niveles del medio interno tendieron a incrementarse, con excepción del Potasio que siempre se mantuvo estable. De estos resultados se concluye que la temperatura es un factor determinante en las respuestas fisiológicas y el desarrollo de C. montezumae ya que al someterlos a altas temperaturas, acontece la pérdida de su estado estable fisiológico. Este tipo de estudio sin duda tiene aplicación en las prácticas de acuicultura de esta especie en el país.

"INTRODUCCION"

La importancia ecológica y comercial que tienen los crustáceos, ha estimulado en años recientes, a un gran número de investigadores a profundizar en el conocimiento de su biología y fisiología con el fin de dilucidar aquellos mecanismos adaptativos que estos organismos han desarrollado para regular su medio interno y ajustar sus tasas metabólicas en condiciones y ambientes muy diversos. Este conocimiento resulta básico en aquellas especies que son potencialmente explotables mediante el cultivo (Díaz y Latournerie, 1980)

Existen países como Japón, España, Estados Unidos y México, en los cuales se cultivan con éxito varias especies de crustáceos, como el camarón, la jaiba, el langostino, la langosta y en menor proporción el acocil (Reynolds & Casterlin, 1979; Auvergne, 1982; Hollschmit, 1988). Esto se debe al creciente interés por conservar la vida acuática y por considerarse recursos biológicos de trascendencia debido al papel que desempeñan como transformadores de energía, en sus respectivas comunidades, a la vez que logran ser esenciales para el desarrollo socioeconómico de las regiones donde se distribuyen (Venegas, 1988; Juárez y Pérez, 1989; Sánchez, 1990).

Momot, et al., (1978) mencionan que los acociles son los crustáceos más conspicuos y desde el punto de vista energético son los miembros más importantes de las comunidades dulceacuicolas, ya que habitan en todos los continentes. Se ha determinado que existen alrededor de 300 especies en el mundo de las cuales en América del Norte se tienen registradas 275 de ellas (Hobbs, 1972; Davis, 1982). Estos crustáceos viven en aguas lólicas y lénticas tanto de climas templados como tropicales, son de régimen alimenticio omnívoro, ovíparos de desarrollo lento a su vez que cuentan con una metamorfosis compleja en cuanto al número y tipo de estados de vida y por último su gran resistencia a cambios de humedad (Auvergne, 1982; Villalobos, 1983). Debido a lo anterior estos organismos han alcanzado gran importancia comercial como es el caso de Francia donde se han desarrollado técnicas de cultivo desde 1980, al igual que en la Unión Soviética y en los Estados Unidos en lo particular en el estado de Louisiana se ha implementado eficientemente la tecnología de su cultivo y en la actualidad es el lugar más importante en cuanto a su explotación y producción comercial, aunque de las 29 especies de acociles que en ese lugar habitan, sólo 2 de ellas se cultivan en gran magnitud, el acocil rojo (Procambarus clarkii) y el acocil blanco (Procambarus blandigi) (Auvergne, 1982).

En México la práctica del cultivo comercial del acocil no existe; sin embargo, se están realizando trabajos en cuanto a la fisiología y al conocimiento de la biología y ecología del acocil Procambarus bouvieri y del acocil Cambarellus montezumae, de la primera especie lo que se ha efectuado son estudios como: la acción del extracto de tallo ocular sobre la respuesta eléctrica a la luz de los fotoreceptores (Vera, 1978); regulación de la sensibilidad en el sistema visual (Cibrian, 1979); análisis del

ritmo circádico motor (Viccon, 1978); efectos de la administración parental de la glucosa (López, 1973) y el significado de las respuestas glucemiantes (Berdeja, 1972). En Cambarellus montezumae, por otra parte se han llevado a cabo estudios acerca de su distribución y taxonomía realizados por Villalobos (1955; 1983), otro sobre su biología por Cantu (1959) y uno más en referencia a su crecimiento con prueba de dietas por Vargas (1989); así como datos históricos de esta especie redactados por Durán (1967) y Sahagún (1979).

El acocil Cambarellus montezumae (Saussure) es endémico del lago de Xochimilco, se le conoce desde los primeros asentamientos indígenas en las orillas del Gran Lago del Valle de México y fue parte importante en la dieta diaria de nuestros antepasados (Durán, et al., 1967). Actualmente es una especie comestible de gran demanda en el mercado nacional (Vargas, 1989).

Con la reducción constante de la superficie del Gran Lago del Valle de México, por la explosión demográfica incontrolada, este ecosistema lacustre experimentó grandes alteraciones morfodinámicas que afectaron las posibilidades de vida de esta especie, por lo que actualmente sólo es posible encontrarlas en el Lago de Xochimilco, Lago de Chapultepec, Laguna de Zumpango, Laguna de Xico, Lago de Guadalupe, así como en los remanentes del antiguo Lago de Texcoco, Presa Guadalupe Victoria, en pequeños cuerpos de agua residuales en el Estado de México y en lugares cercanos al Distrito Federal, como en el Río Lerma, Timilpa y Atequiaca (Villalobos, 1955; 1983; Vargas, 1989).

Uno de los principales factores ambientales que afecta la biología de los acociles es la temperatura ya que limita su distribución, e interviene en los procesos fisiológicos como factor controlador y directriz, modificando las funciones nerviosas, metabolismo respiratorio, captación de nutrientes e incidiendo en el desarrollo y sobrevivencia de los especímenes (Fry, 1947; Vernberg, 1981; Johnson, 1987). Por tal motivo los organismos tienden a seleccionar temperaturas dentro de un intervalo Biocinético Normal donde estos puedan desplazarse sin desmedro de sus funciones y que a su vez estas temperaturas sean favorables para su desarrollo (Crawshaw, 1977; McCauley, 1977; Reynolds & Casterlin, 1979 a; b; c; d; Rosas et al., 1986).

La incapacidad de los poiquiloterms para controlar su temperatura corporal de una manera significativa, sugiere que su tasa metabólica fluctúa en consonancia con variaciones en la temperatura ambiente y puede asimismo modificarse dependiendo de varios factores, tales como las exposiciones térmicas previas, así como también por factores no térmicos de aclimatación, entre ellos el sexo, la edad y la alimentación (Prosser, 1958; Kinne, 1970; Denver, 1978; 1983; Prosser & Nelson, 1981; Giattina & Garton, 1982). Ahora bien, un tema de gran interés sobre el efecto de la temperatura en la tasa metabólica lo constituye el estudio de las enzimas como sistemas reguladores de las funciones metabólicas, esto acontece dentro del organismo como un aumento o disminución de algunas de dichas enzimas que lo capacitan para resistir variaciones de temperaturas, dentro de un intervalo tolerable

(Bullock, 1955; Hochachka, 1971; Somero & Hochachka, 1971; 1976; Nelson & Hooper, 1982).

La determinación de la presión osmótica y el balance de iones sodio y potasio como índices de la regulación del medio interno en respuesta a la elevación de la temperatura han sido determinados en organismos expuestos a límites extremos de este factor (Lockwood, 1962; Dall, 1967; Kalber, 1970; Hubschman, 1975; Kamemoto, 1976; Leinen, 1982 a; b; Gondko, et al., 1981; Roer & Shelton, 1982)

Sin embargo los acociles tienen una gran capacidad de tolerar amplios intervalos de temperatura y evitar aquellas que le sean letales, además de poder seleccionar intervalos del factor que le sean más adecuados para diversas funciones fisiológicas (Hobbs & Hayl, 1974). Esto involucra que la aclimatación térmica conduce a una compensación en respuesta al cambio de temperatura, que ocurre durante todo el tiempo de vida de un organismo y es cuando las distintas funciones fisiológicas trabajan con un máximo de eficiencia (Speer, 1955; Bowler, 1963 a; Edney, 1964; Bullock, 1955; Crawshaw, 1977; Claussen, 1977; 1980; Jacobs & Atwood, 1981; Prosser & Nelson, 1981). Tales cambios adaptativos en la resistencia a temperaturas elevadas han sido demostrados en gran variedad de organismos incluyendo a los acociles (Prosser, 1958; Brauer, et al., 1980; Giattina & Garton, 1982; Mathur & Schutsky, 1982; Lavne, et al., 1987).

Para determinar los límites de tolerancia a la temperatura en organismos ectotérmicos existen básicamente dos métodos importantes: el método de Temperatura Letal 50 (TL₅₀) y temperatura Crítica Máxima o Mínima (TCM). El método de TL₅₀ fué descrito y mencionado por vez primera por Fry (1947) y Kinne (1970), donde indican que los límites letales, superior e inferior son determinados mediante un incremento o decremento de la temperatura hasta una intensidad donde ocurre la muerte de los organismos. Este procedimiento provee información más detallada sobre la tolerancia térmica de un organismo ya que se mide a nivel poblacional. El método de TCM originalmente fué desarrollado y pormenorizado por Cowles & Bogert (1944) y modificado posteriormente por Lowe & Vance (1955), Cox (1974) y finalmente por Criales & Chung (1980) estableciéndolo como "la media aritmética de los puntos térmicos a los cuales la actividad locomotora comienza a desorganizarse y el animal pierde su habilidad de escapar de condiciones que rápidamente lo llevarían a la muerte bajo una tasa térmica (+/-) constante, desde una temperatura previa de aclimatación". Este es más práctico que el de TL₅₀ porque es individual, los resultados se obtienen con rapidez y es considerado por diversos autores como un indicador ecológico letal, puesto que muchos animales en lagunas o lagos interiores pueden encontrarse en un intervalo de temperatura por encima de sus límites de tolerancia.

Los primeros experimentos que fueron conducidos para determinar la resistencia de acociles a temperaturas altas se realizaron por Park en (1940), quien determinó las adaptaciones de las especies de acociles Orconectes propinquus, Orconectes virilis

y Cambarus d. diogenes para vivir tanto en habitats lóuticos como en lénticos, en los cuales observó la temperatura promedio de muerte en un tiempo de permanencia dado (visto en Hobbs & Hayl, 1974). Bovbjerg, (1952) comparó la resistencia al calor en Orconectes propinquus y Cambarus fodiens, basado en el tiempo medio de sobrevivencia. Spoor (1955) estudió la adaptación de resistencia en Orconectes rusticus con límites medios de tolerancia térmica de 12 horas. Posteriormente Bowler (1963) trabajó con Astacus pallipes donde efectuó la comparación de dos métodos para determinar la temperatura letal media; en uno elevó la temperatura abruptamente y en el otro en forma gradual, con temperaturas de aclimatación similares. Claussen (1980) comparó los métodos de TL₅₀ y TCM en las especies Orconectes rusticus y Orconectes virilis, además con otros organismos. Cox & Beauchamp, (1982) determinaron en juveniles de Cambarus bartoni su resistencia térmica mediante cambios agudos de combinaciones de tiempo y temperatura, de lo cual se logró obtener un modelo logístico lineal que fué usado para construir curvas de mortalidad constante. Mathur, et al., (1982) determinaron las temperaturas de evitación en un gradiente horizontal en Orconectes obscurus; Layne, et al., (1987) realizaron un trabajo acerca de TCM en forma más completa ya que se refiere tanto a temperatura máxima como mínima en comparación estacional; Harry & Florey, (1976; 1978); Fisher & Florey, (1981) y Jacobs & Atwood, (1981) realizaron trabajos con Astacus leptodactylus, Procambarus clarkii y Orconectes virilis en cuanto a la relación que existe entre el factor temperatura y las respuestas de stress originadas en el sistema neuromuscular, en estos estudios se cuantificó el efecto del factor temperatura en varios tiempos de exposición, sobre el axón motor lo cual se reflejaba en las fibras musculares tanto de manera interna (despolarización) como externa (contracciones).

Estudios similares se han realizado en peces (Bettoli, et al., 1985; Coissins, et al., 1977; Grift, 1977; Holland, 1973; Crawshaw, 1977; Umminger, 1978; Hopkins & Dean, 1978; Jobling, 1981; Giattina & Garton, 1982 y Kilgour & McCauley, 1986). Además de trabajos realizados en otras especies acuáticas de diferentes clases empleando las mismas metodologías e involucrando factores semejantes, como es el caso en anfíodos (Burton, et al., 1980, 81; Buchanan, et al., 1988); cangrejos (Du Preez, 1983); copépodos (Bradley & Ketzner, 1982) y en camarones (Criales & Chung, 1980).

Ahora bien, considerando los criterios antes mencionados para ambos procedimientos, así como los principios conceptuados para determinar la respuesta del organismo en cada uno de ellos, en este estudio se considero pertinente hacer una evaluación objetiva de las bondades de cada método empleando como organismo de prueba al acocíl Cambarellus montezumae (Saussure). Por lo tanto el presente trabajo tuvo como objetivos:

- Obtener la curva de mortalidad con altas temperaturas.
- Determinar la Temperatura Letal media (TL₅₀) y Temperatura Critica Máxima (TCM) mediante la elevación gradual del factor 1°C./hora y por el método agudo respectivamente.
- Acotar el rango de la zona de resistencia superior de temperatura en los acociles.
- Evaluar el efecto del stress térmico en los especímenes mediante el análisis de la presión osmótica total y las variaciones en las concentraciones iónicas de sodio y potasio, así como las modificaciones del comportamiento.
- Comparar las posibles diferencias indicadas en organismos de distinta talla, sexo y estación del año.

MATERIAL Y METODO

I. "CAPTURA Y MANTENIMIENTO DE LOS ORGANISMOS"

Los acociles de la especie Cambarellus montezumae (Saussure) se colectaron en la Presa Guadalupe Victoria Municipio de Capulhuac, Estado de México, durante los meses correspondientes a la época de Verano e Invierno del ciclo anual (1989-1990).

Debido a las características del área de colecta (aguas someras), así como a la abundancia de la vegetación acuática y por la ubicación de los organismos en el estrato de agua para la captura de los acociles se utilizó un arte de pesca artesanal (chayo) con una red tipo mosquitero con una apertura de malla de 2mm. (ver Mapa de zona de estudio).

Así mismo, se hizo una caracterización fisicoquímica del ambiente acuático en el sitio de colecta, los parámetros que se evaluaron fueron: temperatura, pH, $[O_2]$, CO_2 libre, alcalinidad total, dureza total y los niveles de Ca y Mg (Brower & Zar, 1977; APHA, 1986).

Los acociles colectados se trasladaron al laboratorio en bolsas de polietileno con agua del medio donde se colocaron en acuarios de 35 litros de capacidad, los cuales contenían agua del sitio de colecta y se mantuvieron a temperatura ambiente ($\pm 1^\circ C$), la aclimatación involucró recambios parciales cada tercer día con agua previamente oxigenada y desclorinizada (volumen aproximado: de 5 a 6 litros por recambio), durante esta etapa se les suministró Eloдея picada (especie vegetal predominante en el área de trabajo) a saciedad y alimento balanceado comercial marca (Gigante). El periodo de aclimatación duró entre 2 y 3 semanas (Lowe & Heath, 1969).

Con el fin de definir si existían diferencias entre los sexos y las distintas fases de desarrollo de los organismos, se contrastó la variable peso (w) en los experimentos iniciales. Usando un análisis de varianza de dos vías.

II. "TEMPERATURA CRITICA MAXIMA (TCM) Y CARACTERIZACION DE LAS RESPUESTAS AL STRESS TERMICO POR ALTAS TEMPERATURAS"

Para caracterizar las respuestas al stress térmico de los especímenes de C. montezumae se utilizó una cámara de prueba de 1000 ml. de capacidad que contenía agua desclorinizada y aireada a saturación; estos ensayos se efectuaron de manera individual, para tal efecto el organismo se colocó en el dispositivo media hora previo a los ensayos con el fin de disminuir el stress por la manipulación. Posteriormente la cámara experimental se colocó en baño maria al cual se le aditaron calentadores de 500 watts, que permitieron incrementar la temperatura a una tasa constante de 1 C/minuto, para evitar la estratificación térmica y mantener el

calentamiento uniforme del dispositivo se emplearon piedras de aireación (ver Fig. 1).

Al iniciar el experimento, la temperatura de aclimatación correspondió a $19 \pm 1^\circ\text{C}$. En ese momento se comenzó a elevar la temperatura a la tasa de $1^\circ\text{C}/\text{min}$; el dispositivo tenía aireación constante y el total de organismos que se utilizó correspondió a 57.

El comportamiento de los acociles se observó constantemente y cuando ocurría algún cambio, se registraba la temperatura y el tiempo, así como las respuestas del organismo en ese instante.

Para analizar este comportamiento se determinaron una serie de eventos por medio de ensayos preliminares, estos fueron: Movimiento circular de antenas (M.C.A.), Movimiento de chicoteo de antenas (M.Ch.A.), Movimiento de apertura de quelas (M.A.Q.); Movimiento de cierre de quelas (M.C.Q.); Aceleración locomotora (A.L.); Paro locomotor (P.L.); Desorientación inicial (D.I.); Desorientación final (D.F.); Desequilibrio inicial (Dsq.I.); Desequilibrio final (Dsq.F.) y Doblez del telson en una serie de niveles que van de un estado normal 1 hasta la muerte en 10, tomando como criterio para esto el ángulo de cierre del mismo telson. Una vez analizados estos eventos se tuvieron que conjuntar varios de ellos por la cercanía de temperaturas en que se presentaban y por lo cual no existían diferencias significativas por el método de análisis de Diagrama de cajas del programa de computación EDA con un 95% de confianza (Tuckey, 1977). A raíz de lo anterior se llegó a considerar como indicadores de stress térmico los comportamientos siguientes: Doblez de telson inicial (DTI), Desorientación inicial (DI), Desorientación final (DF), Paro locomotor (PL) y Doblez de telson final (DTF). Los cuales se corresponden con los criterios de (McLeese, 1956; Mahoney & Hutchison, 1969; Wiesepape, et al., 1972; Cox, 1974; Hassan & Spotilla, 1976; Hutchison, 1976; Nelson & Hooper, 1982).

III. "ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS DE STRESS DE LOS ACOCILES EN TEMPERATURAS SUBLETALES DETERMINADAS POR EL MÉTODO DE TEMPERATURA CRÍTICA MÁXIMA"

Al analizar los resultados que se presentaron en el experimento de Temperatura Crítica Máxima, se tomó la temperatura en el punto donde comenzó el stress térmico, con el objeto de evaluar el efecto de este factor en niveles subletales para lo cual se adoptaron como criterios de respuestas: el cambio de conducta, y aumento de agresividad, el inicio de la desorientación y desequilibrio del acocil. Se establecieron las posibles diferencias en organismo de Verano e Invierno, previamente aclimatados a $19 \pm 1^\circ\text{C}$, entre 2 y 3 semanas en el laboratorio.

En primera instancia a los organismos se les elevó la temperatura a la tasa de $1^\circ\text{C}/\text{min}$ hasta alcanzar la temperatura determinada como subletal por el método de TCM, esto se realizó en un acuario de acrílico con separación en el centro para poder

divididos en dos grupos, cada uno con 30 ejemplares, uno de ellos se mantuvo en la temperatura subletal durante 2 horas y el otro por espacio de 6 horas con ayuda de un termostato (2325 Floor Model CH/P BATH); se revisaron los organismos cada 15 minutos. El dispositivo estuvo aditado con piedras de aireación con el fin de mantener uniforme la temperatura y el nivel de oxígeno disuelto en el agua. El dispositivo está referido en la Fig. 2.

Finalizado el tiempo de exposición en cada caso se retiraron los organismos del dispositivo experimental y se dejó que regresaran a su temperatura de aclimatación, anotando periódicamente su comportamiento.

Asimismo se revisaron durante las 96 horas siguientes y se observó y registro cualquier modificación de su comportamiento, finalizado este lapso, a los acociles se les extrajo muestras de hemolinfa, la cual se colocó en viales de plástico y se almacenaron en refrigeración para su análisis posterior en su contenido de iones y presión osmótica total. A continuación se registraron las medidas morfométricas (sexo, peso húmedo y longitud total y posteriormente el peso seco de los especímenes (T:60°C.).

La extracción de la hemolinfa se realizó con ayuda de una microjeringa (Microliter No. 710 de 0.01 microlitros de precisión) la cual se bañaba previamente con un anticoagulante (oxalato de amonio. 5%).

IV. "TEMPERATURA LETAL 50 (TL50) Y CARACTERIZACION DE LAS RESPUESTAS AL STRESS TERMICO POR ALTAS TEMPERATURAS".

En esta fase de la investigación, la temperatura se elevó a una tasa de 1°C/hora, pero a diferencia del método de TCM que se realizó en forma individual éste se realizó en una muestra representativa de los acociles.

El lote que se utilizó en el experimento comprendió un total de 65 organismos, los cuales se dividieron en dos grupos dentro del mismo acuario de 35 lt. de capacidad, (Fig. 2) que estuvieron regidos bajo las mismas condiciones. Se empezó en la temperatura de aclimatación $21 \pm 1^\circ\text{C}$., utilizando agua desclorinizada y con aireación constante cercana al nivel de saturación. La elevación de la temperatura se realizó con ayuda de un termostato para que ésta fuera constante y con la mayor precisión posible (el dispositivo empleado fue similar al usado por Fry (1947) y Kinne (1970)).

El comportamiento de los organismos se observó cada hora, anotándose las características que presentaron al igual que la temperatura y tiempos correspondientes. En el curso del experimento, al llegar a las temperatura de 30, 33, 36 y 38°C. se realizaron muestreos en cada grupo separando 3 ejemplares de cada uno de ellos. Los acociles muestreados fueron utilizados para

extraerles la hemolinfa y realizarles los análisis correspondientes de presión osmótica total y de iones, al igual que se tomaron las medidas morfométricas a cada individuo.

V. "ANALISIS DE LAS RESPUESTAS DE STRESS DE LOS ACOCILES EN TEMPERATURAS SUBLETALES DETERMINADAS POR EL METODO DE TEMPERATURA LETAL 50 (TL₅₀)".

Para este experimento se utilizó el mismo dispositivo que el de TL₅₀, solamente con la variante de que los organismos que se colocaron en el primer grupo fueron organismos que permanecieron durante toda la prueba y los del segundo grupo se fueron muestreando a distintos tiempos. Ambos grupos tenían una temperatura de aclimatación de $21 \pm 1^\circ\text{C}$. El grupo uno contenía un total de 30 individuos y el grupo dos solamente 18, al iniciarse el experimento se procedió a elevar la temperatura partiendo de la de aclimatación a una tasa de $1^\circ\text{C}/\text{hora}$ con el apoyo de un termorregulador, para que el incremento de temperatura no fluctuara mucho y fuera lo más preciso posible, mediante este procedimiento se alcanzó la temperatura de resistencia que fué de 34.5°C , obtenida a partir del método de TL₅₀ y en la que se mantuvieron a los organismos por un periodo de 8 horas, durante el cual se registró el comportamiento de los organismos. Mientras tanto del grupo dos se realizaron muestreos aleatorios de 3 organismos cada 2 horas, a los cuales se les extrajo hemolinfa y se les tomaron sus datos morfométricos. Durante todo el experimento los dispositivos se mantuvieron aditados de fuentes de aireación constante.

Los organismos de la primera condición al cumplirse las 8 horas de permanencia en la temperatura indicada se dejaron que regresaran a su temperatura de aclimatación y fueron observados durante las 96 horas siguientes anotando su comportamiento, a continuación se les extrajo la hemolinfa para su posterior análisis de iones y presión osmótica total.

VI. "ANALISIS DE LA PRESION OSMOTICA TOTAL E IONES (SODIO Y POTASIO) EN LA HEMOLINFA DE Cambarellus montezumae (SAUSSURE)".

El tratamiento de las muestras que se obtuvieron de los experimentos de resistencia incluyó su desfibrinización, luego se centrifugaron durante 15 minutos a 10,000 RPM y en seguida se separó el sobrenadante (suero) que se utilizó después en los análisis.

Presión Osmótica Total.

Se tomó una muestra del suero con un capilar heparinizado

tapándolo en sus extremos con vaselina sólida, en la medida de lo posible se intentó que las muestras presentaran volúmenes similares. La presión osmótica total se midió mediante el método de Gross (1954), modificado por Welsh & Smith, (1968) y Sánchez, (1979).

El método consistió en colocar en un baño frío las muestras congeladas de suero así como las muestras de los estándares de referencia realizados con agua destilada y desionizada. Dichas muestras se introdujeron en el dispositivo señalado, el cual contenía un baño de alcohol al 25% que se enfrió con hielo seco hasta aproximadamente -3°C . El baño se agitó con un pequeño motor y un vástago para mantener uniforme la temperatura. Esta se registró con un termómetro Bowler de $\pm 0.005^{\circ}\text{C}$. de sensibilidad. Fueron tomadas aquellas temperaturas en donde los cristales dentro del capilar empezaron a deshacerse y aquellas en las cuales ya no existían cristales siendo éstos tomados como puntos de fusión.

Ya obtenidos los valores de temperatura de fusión se convirtieron a las unidades correspondientes mediante la ecuación de regresión Presión Osmótica vs. Temperatura Calculada a partir de una curva patrón con concentraciones conocidas de NaCl y sus temperaturas de fusión respectivas.

*Concentración de Iones Na^+ y K^+ *

Para éste análisis se utilizó el suero remanente que no se empleó en el análisis de presión osmótica total, el cual se diluyó (1:50) con agua desionizada en cada una de las muestras, el suero se tomó con una microjeringa (Microliter No. 710 de ± 0.005 microlitros de precisión) y se colocó en un frasco de 10 ml. de capacidad, al igual que el agua desionizada para completar la dilución; los iones sodio y potasio se midieron según el método de Gondkco *et al.*, (1980), con ayuda de un flasmómetro (Corning 400), los valores obtenidos se convirtieron a las unidades correspondientes mediante una curva patrón con concentraciones conocidas de cada ión previamente determinada.

VII. "ANÁLISIS ESTADÍSTICO"

Los datos obtenidos se ordenaron en forma ascendente para calcular la medida de tendencia central resistente, mediana (M), así como los elementos de las cajas en paralelo. Esta técnica de visualización corresponde al Análisis Exploratorio de Datos (Tuckey, 1977; Mosteller y Tuckey, 1981). Dichos elementos se obtuvieron empleando el programa de cómputo de Welleman y Hoaglin (1981). El intervalo de confianza (IC) de la mediana (95%) lo otorga el programa calculado:

$$\text{IC} = M \pm (H \cdot JN),$$

donde M es la mediana, H es la amplitud de la caja y JN es el número de datos (Curts, 1987).

También se utilizó la prueba de Análisis de Varianza (ANOVA), para detectar las diferencias entre medias se empleó el procedimiento de comparación múltiple de medias (SNK) (Zar, 1974). Asimismo se utilizó análisis de covarianza para examinar la posible diferencia en las pendientes, obtenidas de las regresiones lineales calculadas a las curvas de mortalidad según (Claussen, 1980), tanto entre las respuestas de stress, curvas de mortalidad por época y por método (TCM y TL50) y a su vez al comparar los estadios de desarrollo; todos los resultados fueron validados en cuanto a sus supuestos de normalidad e independencia mediante análisis de residuales (Montgomery, 1984).

DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La Presa Guadalupe Victoria se localiza entre los meridianos 99°26' y 99° 26' 55'' de longitud oeste y 19°13' de latitud norte. El poblado más cercano es San Miguel Almava, ubicado en el Kilometro 17 de la carretera que va de la Marquesa a Tenango; pertenece al Municipio de Capulhuac, Estado de México (ver Mapa).

La zona de estudio tiene una altitud de 2,530 m.s.n.m. y queda incluida en la Provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico.

El tipo de clima que se presenta (Direc. PLAN., México 140-V, 1:500,000) corresponde al C(w2)(w)b(i)'g que es un templado subhúmedo, la temperatura (T)media anual oscila entre los 9.3°C. y los 17.7°C; se realizó un estudio previo en la zona para obtener los promedios de temperatura en la Presa, para la época de Verano e Invierno obteniéndose los siguientes resultados: en Verano la temperatura más baja correspondió a $11.7 \pm 0.7^\circ\text{C}$. y la más alta llegó hasta $23.4 \pm 0.3^\circ\text{C}$. y en invierno la más baja fluctuó entre 8.9 y 9.6°C. y la mayor alcanzó los $17.2 \pm 0.5^\circ\text{C}$. Se reporta además una precipitación media anual que va de 6.3 a 411.8 mm.

También fué evaluado el factor químico, pH del agua de la Presa, donde para Verano se presentaron valores de $(\bar{X} \pm \text{SX})$ de: 7.37 ± 0.1 y en Invierno 6.53 ± 0.5 .

Las comunidades vegetales asociadas al área de trabajo son el bosque de pino-encino, el bosque mixto y el pastizal.

RESULTADOS

I. CARACTERIZACION DE LAS RESPUESTAS AL STRESS TERMICO Y TEMPERATURA CRITICA MAXIMA (TCM).

Los diferentes eventos que ocurrieron al elevarse la temperatura del medio a la tasa de 1°C/min. conformaron las respuestas al stress térmico de los acociles y reflejaron la pérdida del estado estable fisiológico.

En Cambarellus montezumae, se determinaron en primera instancia, mediante el seguimiento de ensayos previos, once eventos de comportamiento expresados por el organismo en base al efecto que ejercía la elevación de temperatura. estas fueron: Movimiento circular de antenas (M.C.A.), Movimiento de chicoteo de antenas (M.Ch.A.), Movimiento de apertura de quelas (M.A.O.), Movimiento de cierre de quelas (M.C.O.), Aceleración locomotora (A.L.), desaceleración Locomotora (D.L.), Desorientación inicial (DI), Desorientación final (DF), Desequilibrio inicial (Dsq.I.), Desequilibrio final (Dsq.F.) y doblez de telson en una serie de niveles que van de un estado normal 1 hasta la muerte en 10.

Todos estos eventos se evaluaron con el objeto de encontrar una respuesta más amplia que indicara plenamente el estado de stress del organismo.

Una vez obtenidas las citadas respuestas, se analizaron con el fin de encontrar similitudes entre las mismas, primero entre sexos, luego entre estados de desarrollo y finalmente entre épocas; el análisis efectuado mediante el diagrama de cajas en paralelo elaborado por el programa de computación EDA, indicó gran variabilidad individual en las respuestas medidas, por lo que estos organismos no tienen un patron de comportamiento uniforme dentro del lote experimental; a continuación se tomaron los resultados que procedían de los intervalos de confianza del análisis de cajas, estableciéndose 5 pautas de comportamiento que seguían un patron en toda la población, siendo estos semejantes a los enunciados por Hooper & Nelson, (1982): Desorientación inicial (DI), Desorientación final (DF), Doblez de telson inicial (DTI), Paro locomotor (PL) y doblez de telson final (DTF).

La secuencia de eventos se inició con la desorientación inicial (DI) donde los especímenes chocaban constantemente contra las paredes de la cámara experimental, la agitación de las antenas era muy pronunciada y sucedía una apertura de quelas; enseguida, se observaron que tales comportamientos fueron en aumento y sumándoseles a estos la aceleración locomotora, el desplazamiento hacia atrás, saltos bruscos y chicoteo de antenas, lo cual fue denominado como la desorientación final (DF) en el organismo.

Al incrementarse la temperatura en un promedio de 5 a 8°C, respecto a la que existía en el medio al presentarse (DF), rápidamente se sucedieron los eventos siguientes: los acociles se

pusieron en posición de ataque, con las quelas totalmente abiertas, movimientos espasmódicos y presentando un doblez de telson hacia la zona ventral en un ángulo de 45°, tales manifestaciones se identificaron como doblez de telson inicial (DTI), de 4 a 5°C. después el organismo se encontraba en posición dorsal, presentando desaceleración locomotora y fuertes convulsiones, a todo esto se le denominó paro locomotor (PL), casi inmediatamente sobrevino la muerte, estando el telson en posición ventral y donde el organismo ya no respondía a estímulos externos a lo que se le nombró doblez de telson final (DTF).

El comportamiento registrado dentro de la temperatura en que se presentó (DF) en los acociles se asoció con la temperatura crítica máxima (TCM) y el (DTF) con la temperatura letal (TL) de los organismos de la especie en estudio.

Todos los datos obtenidos dentro de los intervalos previamente establecidos para estos comportamientos, se analizaron por medio del paquete estadístico EDA. En primer lugar los análisis que se utilizaron fueron tendientes a definir si no existían diferencias significativas entre sexos y estados de desarrollo, obteniéndose la aceptación de H_0 ($P > 0.05$), en segunda instancia se conjuntaron todos los datos en ambas épocas, las que se compararon consecutivamente mediante los mismos análisis, obteniéndose para (DI), (DF) y (PL) diferencias significativas ($P < 0.05$) como lo muestran (Tabla 1 y Fig. 3), las temperaturas en que se presentaron estos comportamientos fueron inferiores para Invierno y superiores para Verano. En (DTI) y (DTF) no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$).

Sin embargo, analizando los límites superior e inferior de las cajas en paralelo para cada evento, se observa claramente (Fig. 3) que estos presentan un intervalo más amplio para Verano que para Invierno.

La (DF) que se asoció con (TCM), se encontró para Verano a 35.1°C. y para Invierno a 30.7°C., el (DTF) que se asoció con (TL) se estimó para los organismos de Verano en 41.8 °C. y en Invierno en 41.5 °C.

II. RESPUESTA DE LOS ACOCILES AL FACTOR TEMPERATURA MEDIANTE EL METODO DE (TCM) EN ORGANISMOS DE VERANO E INVIERNO.

Como primer paso se construyeron las curvas de mortalidad con datos agrupados, este criterio se asumió debido a que en primera instancia se trataron de analizar los datos tomando en cuenta las posibles diferencias entre los sexos y estados de desarrollo, lo que no se pudo establecer por lo reducido de los lotes experimentales, por lo que fue necesario basarse en una comparación gráfica de las curvas de mortalidad, donde se observó una tendencia similar, debido a esto se procedió a conjuntar los datos por época y establecer una comparación estacional.

Ya establecidas las curvas de mortalidad con datos agrupados

durante el experimento de TCM (Fig. 4) pudo observarse que en ambas épocas la mortandad comenzó a presentarse a los 40°C. con mayor incidencia para Invierno, donde se obtuvo el 100% de mortalidad a los 41.5 °C. mientras que para el Verano fue a los 44°C., por lo que se pudo constatar que los intervalos de temperatura que estos organismos toleran son más amplios durante el Verano que en el Invierno.

El 50% de mortalidad se presentó en Verano a los 41.8±1.1°C. y para Invierno a 40.7±1.03°C., estos resultados denotan que los intervalos de confianza (X±1.C.95%) se traslapan, el límite superior de Invierno con el límite inferior de Verano, lo que indica la similitud de las curvas en su comportamiento, pero no significa que no existan diferencias significativas entre épocas ya que la curva de Invierno muestra un claro corrimiento con respecto a la de Verano. La comparación del comportamiento térmico de los acociles de ambas épocas, mediante éste método se efectuó por medio del modelo de regresión lineal, para tal efecto los datos fueron transformados, la variable independiente temperatura en porcentaje de mortalidad entre temperatura, la variable dependiente porcentaje de mortalidad quedó igual (ver tabla 2), esto dió como resultado las siguientes ecuaciones: para Verano $Y = -0.799 + (43.42)X_i$ con $r = 0.999$ y para Invierno $Y = -0.543 + (41.42)X_i$ con $r = 1.000$ (Fig. 5). De estos ajustes puede observarse que la diferencia entre las pendientes es relativamente pequeña y pudiera no ser significativa, por lo que se realizó una prueba de (t) para probar la diferencia de pendientes; esta señaló que las curvas si son significativamente distintas ($P < 0.05$), por lo que las respuestas en C. montezumae son diferentes entre épocas mediante este método.

III. ANALISIS DE LA RESPUESTA DE LOS ACOCILES EN TEMPERATURAS SUBLETALES MEDIANTE EL METODO DE TCM PARA VERANO E INVIERNO.

En un principio se sometieron dos lotes de organismos a la temperatura denominada como TCM que fué asociada con el comportamiento de desorientación final que presentaron los acociles en ensayos anteriores; se había previsto dejar a los organismos a tal temperatura por lapsos de 2 y 6 horas, de este experimento se obtuvo el 100% de mortalidad a las 2 horas por lo que se asumió que la desorientación final ya es un comportamiento que presenta el acocil cuando se encuentra dentro de la zona letal (el organismo es incapaz de recuperarse), a tal consideración se procedió a delimitar la TCM entre las etapas de desorientación inicial y desorientación final, una vez establecido lo anterior para cada época. Para Verano se determinó como temperatura subletal 33.5±1.12°C. y para Invierno 27.0±1.03°C. Los organismos sometidos a estas temperaturas durante los lapsos de 2 y 6 horas mostraron haber llegado a una situación de stress inicial lo cual fué denotado previamente como (D.I.) y (D.F.).

Una vez finalizados los tiempos de permanencia se dejó que los acociles se restablecieran en forma gradual hasta regresar a su temperatura de aclimatación de 19±1°C., estos especímenes

mostraron una estabilidad en comportamiento pasadas 96 horas y se obtuvo un 100% de sobrevivencia.

El comportamiento que mostraron los organismos a estas temperaturas, indicó que se hallaban dentro de la zona de resistencia, cercanos al extremo superior donde el organismo es capaz de recuperarse.

IV. RESPUESTAS DE LOS ACOCILES AL FACTOR TEMPERATURA EMPLEANDO EL METODO DE T_{50} EN ESPECIMENES DE VERANO E INVIERNO.

Al construir las curvas de mortalidad vs. temperatura por el método de T_{50} (Fig. 6) se observó que la muerte de los ejemplares de Verano comenzó a registrarse a los 35°C. y concluyó a los 39°C., cabe resaltar que antes de esta temperatura, el % de muertes era bajo, ya que hasta ese momento solo el 24.4% había perecido y el 75.6% restante sobrevivió hasta los 39°C.; para Invierno la temperatura inicial de muerte se alcanzó a 36°C. y la final a 38.5°C., estos intervalos de temperatura donde ocurren las muertes de los acociles para ambas épocas no muestran gran diferencia.

A esto le siguió determinar donde se presentaba el 50% de mortalidad para ambas épocas. Para Verano se presentó a 37.7±1.5°C. y para Invierno de 37.5±0.7°C. ($X \pm I.C.95\%$), dando como resultado el traslape de los intervalos de confianza, el de Invierno se ubica en su totalidad dentro del de Verano, tomando en cuenta que los valores que fueron analizados son los datos agrupados de las diversas clases talla, se observó una tendencia a que los juveniles fueran más tolerantes al factor temperatura que los otros estadios de desarrollo, tendencia que no pudo probarse significativamente por lo reducido del tamaño de muestra, pero de la cual no se descarta que pueda existir.

A continuación se buscó el modelo estadístico más indicado que pudiera explicar los resultados obtenidos, el modelo seleccionado fué el lineal, dada su simplicidad y facilidad de interpretación, obteniéndose las siguientes ecuaciones: para Verano $Y = -0.854 + (39.27)X_i$ y en Invierno $Y = -1.03 + (38.51)X_i$, ambas con $r = 1.000$, éstas no mostraron gran diferencia entre las pendientes ni entre las ordenadas (Fig. 7). Se efectuó un análisis de pendientes y ordenadas en cada caso, no encontrándose diferencias significativas entre épocas ($P > 0.05$) (Zar, 1974).

Por tal motivo se conjuntaron todos los datos para formar una sola curva como se muestra en la (Fig. 6). Asimismo los valores originales y los transformados se indican en la (Tabla 3).

Las transformaciones que se realizaron en esta parte del análisis fueron similares a las efectuadas por épocas, la ecuación agrupada quedó: $Y = -0.440 + (38.45)X_i$ con $r = 1.000$ (Fig. 7).

El inicio de muerte se presentó a los 35°C. y finalizó a 39°C.; el 50% de mortalidad en esta curva se presentó a los 37.7±0.3°C. ($X \pm I.C.95\%$).

V. ANALISIS DE LA RESPUESTA DE LOS ACOCILES EN EL METODO DE TL₅₀ PARA VERANO E INVIERNO.

Esta fase de la investigación se abordó por medio de los comportamientos de stress que previamente se presentaron en el experimento de TL₅₀, sometiéndose a prueba la posibilidad de que la desorientación final fuese el indicador subletal de la zona de resistencia temperatura a la que se sometieron los organismos, obteniéndose como resultado el 100% de mortalidad lo cual condujo a pensar en otra alternativa, que a su vez fué acertada ya que se tomó el intervalo de temperatura en el que fueron presentados los comportamientos de desorientación inicial y desorientación final.

Estas temperaturas como se mencionó anteriormente fueron determinadas mediante el análisis de las respuestas conductuales que presentaron los acociles al ser expuestos a la elevación de 1°C./hora, esto se logró a partir de la observación constante de los organismos, ya que el ser considerado éste un método que se realiza en grupo, se considera difícil observar tales características, pero en este caso se efectuó con el fin de determinar de una manera más precisa las temperaturas subletales.

A su vez el haber analizado previamente las curvas de mortalidad, permitió que por medio de ellas, se pudieran obtener los intervalos de confianza del 95% que indicaron en que intervalo de temperatura se encontraban los especímenes dentro de la zona de resistencia.

Para la época de Verano la temperatura subletal fué de 34.5 ± 1.4 °C. y en Invierno de 34.5 ± 0.7 °C. En éste caso la razón de similitud de temperaturas, se debió a querer compararlos y definir si existía alguna influencia de estacionalidad en cuanto al comportamiento y sobrevivencia de los acociles.

Al ser sometidos los organismos a estas temperaturas, se observó su comportamiento en el tiempo, el cual se registró a 0, 2, 4, 6 y 8 horas, finalizando el periodo de exposición se regresaron a su temperatura de aclimatación (21 ± 1 °C.) en la cual permanecieron 96 horas siguientes, en cada uno de estos tiempos se sacrificaron animales.

La sobrevivencia se registró durante las 96 horas de recuperación obteniéndose valores máximos (100%), al término de este lapso los ejemplares se sacrificaron para obtener muestras de su medio interno.

VI. COMPARACION DE LAS CURVAS DE MORTALIDAD ENTRE AMBOS METODOS TCM Y TL₅₀.

Ya analizados los datos para cada método en cuanto a la presencia del porcentaje de mortalidad por efecto de la elevación de temperatura, se determinaron en primera instancia diferencia

entre ellos; en segundo lugar se compararon las ecuaciones obtenidas para ambos métodos en sus regresiones lineales correspondientes (ver Tabla 4), donde se muestra que son diferentes a simple vista, por lo que se procedió a determinar esta diferencia por medio de una prueba de (t) de pendientes, siendo las diferencias significativas ($P < 0.05$) (Tabla 5).

VII. ANALISIS DE MEDIO INTERNO PARA MUESTRAS BASALES DE Cambarellus montezumae DE VERANO E INVIERNO.

1. Concentración de Sodio (Na^+), Potasio (K^+) y Presión Osmótica Total.

Se observa en la (tabla 6) que las concentraciones de sodio, potasio y presión osmótica total fueron en aumento de acuerdo al estadio de desarrollo, presentándose los mayores niveles en los adultos, esto para ambas épocas, pero comparando las épocas entre sí, las mayores concentraciones tanto de sodio como de potasio y de presión osmótica total se presentaron en Invierno.

Para llevar acabo la comparación se realizó un análisis de de varianza, en el que se correlacionaron cada una de las variables, primero entre épocas y enseguida entre estados de desarrollo, para poder interpretarlas con mayor facilidad.

En épocas, sodio ($P < 0.01$) con $r = 0.832$, potasio ($P < 0.01$) $r = 0.847$ y presión osmótica total ($P < 0.01$) $r = 0.866$ demostraron una clara diferencia significativa entre cada uno de ellos. En el caso de los estadios de desarrollo, sodio mostró al igual diferencias significativas ($P < 0.05$) con $r = 1.000$, pero en el caso de potasio y presión osmótica total las diferencias no existieron, para potasio ($P > 0.05$) $r = 0.986$ y en presión osmótica total ($P > 0.05$) $r = 0.987$.

Una vez, definido donde se presentaban las diferencias significativas, se decidió realizar una prueba de contraste múltiple de medias (SNK) para observar donde se ubicaban éstas.

Obteniéndose que los acociles que presentaron la mayor concentración de sodio fueron los adultos y entre épocas los especímenes de Invierno tuvieron valores significativamente mayores que los de Verano.

2. Evaluación de Porcentajes de Na^+ , K^+ y P.O.T.

La (fig.8) permite comparar de forma precisa los datos obtenidos experimentalmente. Las barras más altas comprenden a la presión osmótica total, para cada estado de desarrollo, le continúan las de sodio y finalmente las de potasio, estos dos iones forman parte de la presión osmótica total, pero aún uniendo las barras de ambos iones no cubren el área de la presión osmótica total y la zona restantes pertenece a los iones que no fueron

incluidos en el estudio pero que existen e influyen en el medio interno del animal.

Tanto para Invierno como para Verano las concentraciones de sodio, potasio y presión osmótica total se incrementan de acuerdo al estadio de desarrollo, siendo los adultos los que poseen las mayores concentraciones. Al igual que se logra ver la diferencia entre los especímenes de ambas épocas ya que durante el Invierno los acociles presentan mayores niveles del medio interno.

Para mencionar la diferencia que se presenta entre las épocas, se tomó la relación de porcentajes, donde sodio, potasio y P.O.T. de Invierno se consideraron como el 100%, para Verano en juveniles el Na^+ descendió hasta un 70.1%, el K^+ hasta 57.8% y la P.O.T. a 63.3%, en subadultos el Na^+ 70.4%, el K^+ a 57.4% y la P.O.T. en 72.3% y en los adultos el Na^+ 73.1%, el K^+ 74.5% y la P.O.T. 77.6%, lo que indica la variabilidad que existió en los organismos en ambas épocas.

VIII. ANALISIS DE MEDIO INTERNO EN LOS ACOCILES SOMETIDOS A TEMPERATURAS SUBLETALES MEDIANTE TCM PARA VERANO E INVIERNO.

En este experimento se observó la respuesta fisiológica de los acociles a temperaturas de $33.5 \pm 1.12^\circ\text{C}$. para Verano y $27.0 \pm 1.03^\circ\text{C}$. para Invierno; en dos tiempos de exposición: 2 horas y 6 horas de los cuales se tomaron sus muestras correspondientes de hemolinfa a las 96 hrs. después de haber realizado el experimento, tiempo que se mantuvieron a la temperatura de aclimatación ($19 \pm 1^\circ\text{C}$.)

Los datos que enseguida se analizan se encuentran incluidos dentro de la (Tabla 7). Dado que son los resultados obtenidos durante la evaluación de cada uno de los iones y de presión osmótica total, y de los cuales en algún momento puedan brindar otro tipo de información.

1. Concentración de Sodio.

Las concentraciones menores las presentaron los juveniles y las mayores los adultos, pero al comparar dentro de cada estadio de desarrollo por tiempos de resistencia, se vió que para los tres a las 2 horas de exposición la concentración fué mayor que en 6 horas, esto en Verano, ya en Invierno la diferencia se encontró en los subadultos y adultos donde la concentración de sodio fué mayor en 2 horas. La diferencia entre épocas es evidente, debido a que las mayores concentraciones siempre se sucedieron en Invierno.

A continuación se elaboró una comparación de las concentraciones obtenidas en esta fase con las que se encontraron en las muestras basales (organismos que no fueron sometidos a ningún tipo de tratamiento y que se encontraban aclimatados a una

temperatura de $(19 \pm 1^\circ\text{C})$; de lo que se pudo inferir que tanto juveniles, subadultos y adultos experimentaron un descenso en sus concentraciones al ser sometidos a la temperatura subletal durante lapsos de 2 horas y 6 horas con respecto a su estado basal. Solo en el caso de los adultos en 6 horas la disminución fué realmente baja, tales modificaciones muestran la alteración fisiológica que está experimentando el organismo al ser sometido a esta intensidad del factor y que al haberlo mantenido a las temperaturas definidas como subletales y aún al trasladarse de nuevo a su temperatura de aclimatación pasadas 96 horas el animal fisiológicamente no vuelve a ser el mismo.

El análisis de varianza lo confirmó, mostrando que las diferencias son significativas entre 2 horas y 6 horas ($P < 0.01$), estadios de desarrollo ($P < 0.01$) y por épocas igualmente, todos ellos con $r = 0.930$.

2. Concentración de Potasio.

Al comparar los resultados entre los estados de desarrollo se observó que la mayor concentración de potasio la presentaron los subadultos tanto en 2 horas como en 6 horas, la concentración menor se presentó en los juveniles en 2 horas y en los adultos en 6 horas, sucediendo esto en Verano; en Invierno las mayores concentraciones se observaron en juveniles en 2 horas y la menor los adultos en 6 horas, estos registros muestran que las repuestas fisiológicas se presentan de manera distinta entre épocas, así como entre estados de desarrollo.

Ahora bien, observando los resultados entre tiempos de permanencia, para Verano en juveniles y subadultos la concentración en 2 horas es menor que en 6 horas y en los adultos en 6 horas es mayor, en Invierno las concentraciones menores son en 6 horas y altas en 2 horas.

Al contrastar estos datos con los basales se vió que para Verano en juveniles 2 horas < basal < 6 horas, en subadultos 2 horas > basal < 6 horas y en adultos 2 horas < basal > 6 horas; en el caso de Invierno en juveniles 2 horas > basal > 6 horas, subadultos 2 horas < basal > 6 horas y en adultos 2 horas < basal > 6 horas.

Mediante análisis de varianza se cotejó esta información y se determinaron estadísticamente estas diferencias, que resultaron significativas para el caso de las épocas ($P < 0.01$), pero no lo fueron para estados de desarrollo ($P > 0.05$) y entre 2 y 6 horas ($P > 0.05$), todas a su vez con $r = 0.794$.

3. Presión Osmótica Total.

Los valores encontrados en los organismos al realizar la conversión a presión osmótica total, muestran las diferencias que existen entre estados de desarrollo para ambas épocas, habiéndose encontrando que las mayores concentraciones las presentan los adultos de Invierno. En forma similar los diversos estados de

desarrollo presentan valores de presión osmótica superiores en especímenes de Invierno en contraste a los de la época cálida.

El análisis de varianza mostró al comparar 2 y 6 horas una ($P < 0.01$), en estados de desarrollo ($P < 0.05$) y entre épocas ($P < 0.01$), demostraron todas ellas que las diferencias que se presentaban eran significativas, con $r = 0.962$.

IX. ANALISIS DE MEDIO INTERNO DE Cambarellus montezumae EMPLEANDO EL METODO DE TL₅₀.

1. Concentración de Sodio.

Claramente se denota una diferencia entre ejemplares de Verano donde las concentraciones que se muestran son menores a las exhibidas durante el Invierno. A 30°C. la concentración aumento con respecto a la basal, en 33°C. disminuyó quedando por debajo de de la basal, en 36°C. vuelve a aumentar la concentración pero todavia en un nivel inferior a la lectura basal y a 38°C. la concentración presentó un descenso brusco; la basal se determinó a 21°C. (Tabla 8).

A 30°C. y 33°C. los niveles de Na⁺ en acociles de Invierno se mantienen por arriba de los niveles basales a 21°C., a 36°C. la concentración es casi igual a la basal y ya a 38°C. esta concentración disminuye.

La comparación de las curvas entre Verano e Invierno indica que las concentraciones en la época fría son más altas que en la época cálida pero, el comportamiento del ion sodio es similar en ambas épocas (Fig. 9).

2. Concentración de Potasio (K⁺)

Existe una diferencia significativa entre épocas en donde para Invierno las concentraciones de potasio son mayores que para Verano.

El comportamiento de las muestras analizadas (Tabla 8), indica para Verano e Invierno a 30°C. una disminución de concentración en contraste a las basales disminuyendo hasta en un 50%, a 33° esta aumenta pero aun continuando en valores inferiores, a 36°C. vuelve a disminuir y a 38°C. se presenta un gran aumento pero en ninguno de los muestreos es igual o supera a la basal, la más cercana se presentó a 38°C. (Fig. 10).

3. Presión Osmótica Total.

Las diferencias que se presentan son altamente significativas, (Fig. 11) ya que para Invierno son casi el doble

de las obtenidas en Verano lo cual es evidente (Tabla 8).

Durante el seguimiento para ambas épocas, se presenta una ligera disminución a 30°C., enseguida se presenta un aumento a más del doble a 33°C. y presentandose otra pequeña disminución a 36°C. y una mucho mayor a 38°C. sobre todo en Verano (Fig. 11).

4. Comparación de Sodio, Potasio y Presión Osmótica Total con los comportamientos de stress de C. montezumae.

En esta parte se tomaron las pautas de comportamiento que se evaluaron durante el experimento de (TL₅₀), en la parte de tiempos de resistencia.

Se observa (Fig. 12) para Invierno que DI y DF se presentan con la elevación de la presión osmótica total y del sodio y el descenso del potasio. DTI se manifestó con la elevación de la presión osmótica total y potasio y con el descenso del sodio, el paro locomotor se asoció con el descenso de la presión osmótica total, sodio y potasio y ya DTF con el aumento de potasio y la disminución de sodio y presión osmótica total.

Cabe aclarar que presión osmótica total y sodio tuvieron alteraciones considerables, lo que no sucedió con potasio que se mantuvo dentro de un estado más constante.

Para Verano (Fig. 13) (DI) se presentó con una elevación de presión osmótica total y potasio a su vez que el sodio disminuía, (DF), se cotejo con el aumento de sodio y disminución de presión osmótica total y potasio, (DTI), mostró un aumento de potasio y disminución de sodio y presión osmótica total y para (PL) y (DTF) se tiene el mismo efecto.

Se denota un punto de presión osmótica total que no cae dentro del comportamiento de su curva de Verano correspondiente, este valor se considero anómalo, tal vez debido a una falla experimental o al mal calculo en su medición.

X. ANALISIS DE MEDIO INTERNO DEL ACOCIL EN TEMPERATURAS SUBLETALES OBTENIDAS DEL METODO DE TL₅₀ PARA VERANO E INVIERNO.

1. Concentración de Sodio.

En Invierno las concentraciones son mayores que para Verano, mostrando que hay diferencias significativas; el To de resistencia se presentó menor que el To basal, 2 horas y 6 horas continuaron descendiendo las concentraciones, en 6 horas y 8 horas volvieron a aumentar y ya a las 96 horas ubicadas dentro de la temperatura basal volvieron a disminuir aún por debajo de las basales obtenidas en To, la concentración más alta se presentó en Verano en 8 horas al igual que en Invierno (Fig. 14).

2. Concentración de Potasio.

Al igual que en sodio la mayor concentración se presentó en la época de Invierno y la menor en Verano. La T_o de resistencia disminuyó con respecto a la T_o basal, en 2 horas existió un incremento en la concentración, en 4 horas volvió a descender pero en 6 horas aún más, enseguida se presentó un incremento pequeño en 8 horas y posteriormente en 96 horas después de haber regresado a la temperatura basal la concentración de potasio fué solamente el 50% de la registrada inicialmente en la T_o basal; las concentraciones más altas fueron detectadas en 2 horas y las menores en 6 horas (Fig. 15).

3. Presión Osmótica Total.

En éste caso las mayores concentraciones de presión osmótica total se midieron en ejemplares de Invierno y la más baja en Verano. Las concentraciones más altas fueron determinadas a las 8 horas y las menores en 6 horas. La T_o de resistencia mostró para Verano un incremento con respecto a la T_o basal y en Invierno una disminución, en 2 horas, para ambas épocas se presentó una disminución de casi la mitad de T_o basal, en 4 horas ocurrió un aumento y para 6 horas descendió nuevamente y para 8 horas las concentraciones se elevaron a casi el doble de la T_o basal, pasadas 96 horas ya en tiempo de recuperación a la temperatura basal se registró que las concentraciones bajaron pero aún se mantuvieron por encima de las presentadas en T_o basal (Fig. 16).

4. Comparación entre Sodio, Potasio y Presión Osmótica Total.

En 0 horas de resistencia los tres índices disminuyen, en 2 horas tanto sodio como presión osmótica total continúan disminuyendo y potasio aumenta, ya en 4 horas sodio y potasio disminuyen y presión osmótica total aumenta, en 6 horas sodio aumenta y potasio y presión osmótica decrecen, para 8 horas sodio, potasio y presión osmótica total se incrementan significativamente y en 96 horas todas las concentraciones decrecen pero sodio y potasio se ubican por debajo de la T_o basal y la presión osmótica total por encima, el análisis de las fluctuaciones de los índices medidos en las primeras fases del curso de la aclimatación (8 horas y los niveles encontrados pasadas 96 horas de este efecto, permiten señalar que la condición fisiológica del organismo experimentó un nuevo patrón de aclimatación por efecto de la intensidad del factor que se ensayó, dado que no se alcanzan los valores iniciales para los iones y la presión osmótica de la hemolinfa en los acociles sobrevivientes. (Tabla 9, Fig. 17 y 18).

DISCUSION

La temperatura, es uno de los factores abióticos más importantes, ya que gobierna tanto las diferentes funciones del organismo (factor controlador), como su distribución espacial y temporal (factor directriz) y a su vez influye en el estado de actividad en los ectotermos como lo son los acociles (Fry, 1947; Hutchison, 1961; Vernberg, 1981; Kivivouri, 1983; Johnson, 1987). Por ende cada uno de estos aspectos se encuentran determinando, el desarrollo en los crustáceos, sobre todo si se considera que efectivamente la temperatura del agua caracteriza el medio ambiente termal, que está rodeando al organismo acuático durante las etapas de su desarrollo, y que a su vez esta determina que tan avanzadas sean estas etapas o cuando lo estarán sus límites extremos, que lo pueden conducir a la muerte.

Ahora bien, el método de (TCM) en la determinación de las respuestas de stress condujo a obtener los comportamientos del organismo en influencia directa con la elevación de temperatura, así como la determinación de la temperatura crítica máxima; y con respecto a esta información, se pudo entonces inferir la temperatura denominada como subletal (temperatura que se presenta en el extremo superior de la zona de resistencia), de manera paralela se realizó el análisis del medio interno, midiendo las concentraciones de sodio, potasio y presión osmótica total, lo que posteriormente indicó el efecto que tuvo la elevación de temperatura en la maquinaria interna del organismo. Con éste mismo criterio se elaboró el seguimiento para el método de (TL₅₀). Para pasar posteriormente a compararlos, lo cual se realizó analizando similitudes o diferencias que indicaran la importancia específica de cada uno de ellos.

I. METODO DE TCM.

En este estudio, la tolerancia térmica a altas temperaturas en la especie *C. montezumae*, se midió considerando la temperatura crítica máxima (TCM) de los organismos, además, su determinación proporciona información sobre las diferentes respuestas al stress térmico en especímenes individuales. En base a la definición que dan de (TCM) Cowles & Bogert (1944); Lowe & Vance (1945); Cox, (1974) y Criales & Chung (1980), este suceso es evidente en la especie sujeta a estudio ya que se toma la temperatura en donde se presenta la desorientación final (DF) donde el organismo ya no es capaz de restablecerse e indica que este va se encuentra dentro de la zona letal, esto fue establecido al someter a un grupo de organismos a la temperatura designada como (TCM), en la que después de 2 horas de exposición se alcanzó el 100% de mortalidad y durante su transcurso el stress en los organismos fue muy marcado. La respuesta (DF), que se asoció con la (TCM), fue acorde con lo citado por Nelson & Hooper, (1982) y Criales & Chung, (1980).

En primera instancia al tratar de establecer un seguimiento más preciso del comportamiento como respuesta a la elevación de la

temperatura de 1°C./minuto en los acociles, se pudieron determinar once comportamientos distintos que presentaron todos los organismos sometidos a la prueba.

Pero aunque en todos los casos se encontraron presentes tales acontecimientos existió gran variación en las respuestas, por lo anterior se realizó un agrupamiento de las pautas medidas, reduciéndose a 5 de ellas que permitieron caracterizar la respuesta termal en esta especie.

Ahora bien, las primeras 2 de las 5 respuestas al stress térmico, desorientación inicial (DI) y desorientación final (DF), se atribuyeron a alteraciones del estado estable fisiológico de los acociles. La temperatura en que se presentó (DI) es parte de la zona de resistencia de la especie. Las temperaturas en que se presentaron (DF) y doblez de telson inicial (DTI) y paro locomotor (PL), correspondieron a la zona letal térmica y ya en el caso de doblez de telson final (DTF) se determino la muerte instantanea del animal. Nelson & Hooper (1982), consideran que (DI) y (DF) son conductualmente causados por stress fisiológico.

Estos son considerados mecanismos importantes con respecto al proceso selectivo de evolución que podría actuar si una población ha estado sujeta a stress térmico crónico. Cabe resaltar que (DI) y (DF) difirieron significativamente en especimenes de Verano e Invierno presentando los organismos de la época calida valores superiores, alrededor de 5°C. mayores en los valores de las Medianas, obtenidas para los ejemplares de la época fria del año. Estos resultados indicarian un patrón de estacionalidad en la respuesta térmica de los acociles de esta especie. Las tres respuestas finales (DTI, PL y DTF) sin embargo, probablemente representan límites fisiológicos al stress. Este fenómeno ordinariamente no esta sujeto a presiones de selección, su aparición es interpretada como una expresión de límites bio-fisico-químicos.

Los resultados en cuanto a respuestas de stress no mostraron diferencias significativas entre sexos ni entre estados de desarrollo, lo que quiere decir que la influencia de la temperatura bajo el regimen de (TCM), actua de igual forma en toda la población de C. montezumae. Estas evidencias, específicamente entre estados de desarrollo en acociles, concuerdan con lo mencionado por Spoor (1955), Bowler (1963a) y Gladwell, et al., (1976). Pero al igual esto sucede con otro tipo de crustáceos que no muestran una diferencia consistente y/o significativa (Moore, 1955; McLeese, 1956; Vernberg & Tashian, 1959; Edney, 1964; Vargo & Sastry, 1977); de cualquier forma existen excepciones que son las mencionadas por Huntsman, (1924) y Sprague, (1963). La falta de una influencia significativa en sexos es del mismo modo de acuerdo a los resultados obtenidos en crustáceos por Edwards & Irving, (1943); Moore, (1955); Spoor, (1955); Bowler, (1963a) y Gladwell, et al., (1976). Al contraste de Sprague (1963) el cual si encontro diferencias significativas en su estudio; lo que indica que tanto existen especies sin diferencias entre sexos tanto como entre estados de desarrollo, como otras que si las presentan, lo que depende basicamente del medio y su relación de población intra e

interespecifica, lo que marca que todos los factores físicos son asimilados por igual en la especie (Bullock, 1955).

El (TCM) que presentó C. montezumae fué para Verano de 35.1°C y de Invierno en 30.7°C., los cuales difieren significativamente aun cuando la temperatura de aclimatación fué la misma (19.1°C.). Estudios que se han realizado anteriormente determinan el (TCM) en un intervalo cercano al obtenido en C. montezumae. Spoor (1955), trabajo con Orconectes rusticus, el cual fué aclimatado entre 22 y 26°C. obteniendo su (TCM) correspondió a 36.6°C. con 12 horas de sobrevivencia; Moberly en (1965) encontró en Faxonella clypeata aclimatados a 21.1°C. un (TCM) de 35°C., tanto para Verano como para Invierno; Caine (1978) reporto el máximo térmal en Procambarus horsti y P. leoneis a los 38.9°C.; Claussen (1980) reporta el (TCM) para O. rusticus aclimatados a 25°C. de 38.5°C.; Nelson & Hooper (1982), mencionan que el (TCM) para el camarón de agua dulce Palaeomonetes kadiakensis se encontró, para la temperatura de aclimatación de 24°C. a 36.7°C.

Lo que hace suponer que el intervalo para el (TCM) es sumamente estrecho para estas especies y que tienen que ver con aquellas temperaturas a la cual el organismo ya no es capaz de escapar ni haciendo uso de sus mecanismos fisiológicos, ni de comportamiento.

Si observamos que en pequeños cuerpos de agua se han podido establecer notables variaciones en temperaturas en base estacional (Whiteside & McNatt, 1977; Hlohowskyj & Wissing, 1985). Estos investigadores notaron que las temperaturas en esos sitios alcanzaron cerca de 0°C. a 30°C. y que es muy probable que las temperaturas en estos lugares lleguen a exceder los 30°C. en el Verano. Por consiguiente si los organismos ectotermos, tales como los acociles, tienen en su experiencia una compensación considerable en su fisiología térmal sobre una base estacional se puede entonces aclarar el intervalo que muestran las (TCM) de las especies estudiadas.

Al analizar las curvas de mortalidad que abarcan la zona letal se encontró que la temperatura donde se inició la mortandad en Verano e Invierno fué a los 40°C. y concluyó para Verano en 44°C. mientras que para Invierno a los 41.5°C. lo que muestra claramente que los organismos tienen un intervalo más amplio de tolerancia para Verano que para Invierno. Spoor, (1955), determinó la temperatura de muerte a los 37 °C. en O. rusticus. Moberly, (1965), trabajo con Faxonella clypeata donde la temperatura de muerte fué dentro de 40.3°C. y 41°C. Crawshaw, (1983) sometió a O. immunis a temperaturas altas donde llegan a morir estas a 40.5°C., mostrando un incremento en los niveles de actividad durante 6 y 8 horas para el Invierno. Esta actividad incrementada, probablemente refleja el reajuste bioquímico extensivo que el acocil puede mostrar o experimentar en una exposición térmal. Las temperaturas que refieren estos estudios ayudan a establecer la gran tolerancia que tienen los acociles al ser sometidos a las diversas condiciones como las que presenta el método de (TCM), además de mostrar una gran similitud las temperaturas en los habitats de donde provienen así como sus características bio-físico-químicas.

Pero antes de entrar a la fase de este estudio la que menciona la zona letal, se toma cuenta que existe una zona de resistencia en donde el organismo, si es sometido a tales temperaturas, el regresarlo a una temperatura menor (aclimatación) se vió que son capaces de restablecerse en cuanto su metabolismo se normaliza en funciones y actividad con respecto a su medio exterior.

Tales temperaturas de resistencia en *C. montezumae* son denominadas como subletales, al estar consideradas entre la línea que divide la sobrevivencia de la mortalidad en los organismos. Estas temperaturas fueron asociadas con las respuestas conductuales de stress que presentaron los acociles y dicha temperatura fué evaluada entre (DI) y (DF).

La temperatura subletal se determinó para Verano a $33.5 \pm 1.12^{\circ}\text{C}$. y para Invierno en $27.0 \pm 1.03^{\circ}\text{C}$., en ambas temperaturas se registró el 100% de sobrevivencia pasadas 96 horas, pero donde nuevamente se observa, al igual que en los anteriores casos, que la diferencia es significativa entre épocas; temperaturas mayores para el caso de Verano e inferiores para el Invierno. Spoor, (1955), mantuvo a *O. rusticus* no más de 24 horas a 36°C . y en 10 días a 35°C . y 24 días a 34°C . Bowler, (1963a) y Bowler, et al. (1973), trabajaron con *Astacus pallipes* aclimatados a 25°C . donde estos mostraron una temperatura de resistencia de 37°C . Armitage y Wall, (1982) en *O. nain* aclimatados a 22°C . obtuvieron una resistencia para Invierno de 35°C . La temperatura para Verano es realmente similar a la encontrada en los estudios realizados, pero en la de Invierno en *C. montezumae* es muy baja lo que podría indicar que los cambios estacionales en el lugar de colecta son drásticos. La gran ventaja que puede tener a este respecto según Prosser & Nelson, (1981), es que estos tienen en la conducta a un componente importante de la capacidad de adaptación, que coloca a los organismos dentro de los regímenes térmicos facilitando así la compensación metabólica.

A todo esto Prosser, et al, (1950) y Prosser, (1958), mencionan que los organismos poiquilótermos responden a la influencia de temperatura, mediante mecanismos de resistencia, regulación conductual y control fisiológico que se lleva a cabo pasivamente en relación con el medio.

Estas temperaturas subletales también se pueden denominar como temperaturas de evitación que se han presentado al realizar gradientes horizontales, además de que pueden variar estacionalmente dependiendo de los requerimientos de la especie (Reynolds & Casterlin, 1979b; Mathur & Shutsky, 1982).

II. Método de TL_{50} .

Para determinar los límites de tolerancia de temperatura en los acociles, se utilizó el método de TL_{50} (Fry, 1947; Kinne, 1970), que se determina por un incremento de la temperatura hasta

donde muere el organismo, cabe hacer mención que la tasa que se involucra es este método es de 1°C./hora, en el que se muestra la resistencia que tienen los organismos a este tipo de circunstancias.

Por medio de este procedimiento se obtuvieron las temperaturas letales 50 para Verano e Invierno las cuales denotan las temperaturas en las que el 50% de la población muere por efecto directo de la elevación gradual de temperatura.

Las temperaturas en las que se empezó a detectar la mortalidad para los organismos de Verano fué a 35°C. y finalizó a los 39°C., mientras que la temperatura inicial de Invierno fué de 36°C. y la final de 38.5°C.; de igual manera se pudieron determinar en donde se presentó el 50% de mortalidad, 37.6±1.4°C. para Verano y 37.5±0.7°C. para Invierno. Todos estos valores fueron obtenidos de las curvas de mortalidad que se realizaron para ambas épocas y de lo cual, posteriormente se encontró que no existieron diferencias significativas entre épocas, por lo que se tomaron los mismos parámetros pero con los datos agrupados; por lo tanto el inicio de muerte se marcó a los 35°C. y finalizó a los 39°C., el TL_{50} se encontró a 37.7 ± 0.3°C. Bøvbjerg's, (1952), menciona que para O. rusticus aclimatados de 22 a 26°C. se encontró un (TL_{50}) a los 36.6°C., para O. propinquus aclimatados de 18 a 28°C. se determinó a 36°C. y para Cambarus fodiens de 36°C. Bowler, (1963a), encontró que el TL_{50} para Astacus pallipes se daba a 35°C. mientras que Park, (1940), quien se interesó sobre las adaptaciones de acociles para vivir en habitats lóticos como lénticos encontró que O. propinquus exhibió un TL_{50} de 34.6°C. en 60.4 minutos, en Orconectes virilis y Cambarus d. diogenes, exhibieron correspondientemente, valores combinados (datos combinados por las dos) de 38.2°C. en 80.4 minutos. El mismo Park, (1945), indica que los organismos de estanques tuvieron un TL_{50} de 39.88°C. en 80.9 minutos y en habitats de arroyo de 37.15°C. en 65.6 minutos, esto tal vez se debió a la estabilidad del tanque el cual mantiene temperaturas elevadas lo que en el arroyo sucede al contrario ya que fluctúa constantemente por la circulación de las corrientes dentro del sistema. Moberly, (1965) trabajó TL_{50} en Faxonella clypeata, aclimatados a 21±1°C., y lo determinó a 36.6°C. Mirenda, (1975), estimó el TL_{50} de Cambarus bartoni a 33.8°C. a una aclimatación de 26°C. Cox & Beauchamp, (1982) con la misma especie pero aclimatados a 25°C. determinó el TL_{50} a 32.5°C. Becker, et al, (1975), trabajaron con el acocil Pacifastacus leniusculus donde encontraron que el TL_{50} para Verano se presentó entre 29.5 y 30.5°C. y en Invierno entre 29.4 y 29.6°C., donde muestra que las diferencias son mínimas entre ambas épocas. Los TL_{50} en los acociles se puede considerar entre un intervalo de 29 a 39.9°C., su gran amplitud puede deberse a la aclimatación y localización de sus habitats naturales. Además, este factor letal afecta directamente el promedio de vida de la población en un sentido ecológico (Cox & Beauchamp, 1982).

La temperatura de resistencia para esta especie se pudo determinar mediante una caracterización de las respuestas en el seguimiento del experimento: de igual modo se pudieron detectar las 5 características del stress denominadas por Nelson & Hooper,

apegada posible a lo que se da en el ambiente natural, lo que no es tan evidente en TCM aún cuando no se conozca la tasa real que se presenta en el medio natural, pero que se evaluó posteriormente. Esto para el caso de C. montezumae que es una especie dentro de los acociles que tiene una gran capacidad para tolerar amplios intervalos de temperatura y evitar aquellas que le sean desfavorables (Hobbs, 1974).

Kilgour & McCauley, (1986), mencionan que ambos métodos brindan dos puntos de temperaturas letales distintos, por lo que no son comparables, además de que se definen de diferente forma. Ya que TCM indica la situación de stress del organismo como índice de temperatura en el que el organismo al llegar a él ya no puede escapar debido a que su condición fisiológica en ese momento es tan deficiente que lo conduce directamente a la muerte, mientras que T_{L50} otorga el punto en que se presenta el 50% de mortalidad en la población experimental. Además ambos métodos tienen una implicación ecológica al ser TCM un método individual y T_{L50} poblacional o de grupo.

Al cotejar las tasas de incremento de temperaturas de ambos métodos se encontró que la tasa utilizada en T_{L50} resultó similar con la tasa evaluada en el campo en ciclos de 24 horas, lo que determina que las respuestas de stress y temperatura de 50% de mortalidad presentadas en el estudio por los organismos, representa de manera fehaciente la condición del organismo en su habitat natural lo que no sucede con el método de (TCM) que en todo caso muestra, tanto respuestas de stress en temperaturas de resistencia como en letales y que verían reflejadas en su medio, solo si existieran descargas termales ya sean naturales o causadas por el hombre, lo que en el área de estudio no lo es, ya que ahí los cambios abruptos de temperatura existen a largo tiempo o estacional.

IV. Efecto de Aclimatación.

Las temperaturas de aclimatación que se utilizaron fueron, para TCM (19.11°C .) y en T_{L50} de (21.11°C .), en ambos casos en la época de Verano e Invierno, ya que se asumió que la aclimatación no afecta en gran medida la respuesta de los organismos en cuanto a estacionalidad se refiere. Grattina & Garton, (1982), mencionan que las temperaturas de aclimatación pueden variar estacionalmente dependiendo de los requerimientos de la especie en el tiempo. Ya que las respuestas adaptativas al factor temperatura que involucran estrategias evolutivas, incluyen diversos procesos, mediante los cuales una especie se adapta a nuevos regímenes de temperatura a través de muchas generaciones (Sommero & Hochachka, 1971; 1976). Prosser & Nelson, (1981) señalan que este tipo de organismos presentan mecanismos de integración que se traducen en un aprendizaje y formación de memoria, la que puede ser alterada por aclimatación, pero no modificada totalmente. Y aún cuando la aclimatación sea de un lapso de 2 a 3 semanas en el laboratorio, de acuerdo a lo sugerido por Reynolds & Casterlin, (1979), la especie de C. montezumae continua expresando su conducta termal de

la cual tiene memoria.

V. Medio Interno.

Los cambios abruptos de temperatura generalmente producen modificaciones en las propiedades de los nervios y musculos así como en sus membranas celulares; como resultado del incremento de temperatura se produce una disminución en la eficiencia de la transmisión neuromuscular. Ciertos ectotermos viven en medios con temperaturas que fluctúan drásticamente; estos animales no sólo deberi ser capaces de sobreponerse tanto a cambios de corto tiempo o en base diaria como a largo tiempo o estacionales de temperatura, sino que también deben de tener una funcionalidad dentro de un intervalo amplio de temperatura, ya que utilizan las regulaciones internas al cambiar las concentraciones de sodio, potasio y presión osmótica total (Stephens, 1935), así como lo apoya Kivivoury, (1980) donde estas regulaciones le da un nivel de resistencia en el sistema neuronal, a los cambios de temperatura.

Para evaluar el efecto de la temperatura sobre el medio interno de C. montezumae se cuantificaron sus niveles de concentración de sodio, potasio y presión osmótica total. Para obtener los niveles basales se analizaron individuos que no habian sido sometidos a alguna prueba experimental, con la intención de cuantificar los valores reales que presenta la especie, evitando la mayor perturbación posible.

Las mediciones se hicieron por estado de desarrollo, encontrandose que el ion sodio presentó diferencias significativas entre los tres estados de desarrollo de acuerdo a la secuencia siguiente: juveniles < subadultos < adultos, para el caso del potasio y presión osmótica total tales diferencias no fueron significativas aun cuando presentaron una relación similar a la del sodio. Esto puede deberse a que si el sodio se presenta en mayor proporción a la del potasio, el organismo requiere más de este ión para su regulación interna, en cambio el potasio tiende a mantenerse en equilibrio sin notorias modificaciones debido a ser un ión muy estable y que de alguna manera este soporta los cambios en el medio interno, ayudando a que las alteraciones en la presión osmótica total sean minimas y no se dañen las funciones neuromusculares del organismo. Otra manera de comprender la alta concentración que existe de sodio y que esta aumente en consonancia al estado de desarrollo, es que entre mayor sea el organismo, este tiene una capacidad de membrana mayor para la absorción de sodio en el medio el cual le sirve para un mejor funcionamiento de su sistema neuromuscular (Gift, 1977).

En cuanto al efecto de la época del año sobre el medio interno de los acociles, cabe señalar que los tres indices (Na⁺, K⁺ y P.O.T.) presentaron diferencias significativas. Tales resultados pueden atribuirse a las notables diferencias que ocurren en los regimenes hidrológico y de temperatura durante la época cálida y fría del año en la zona de estudio. Así durante el Verano acorde con el descenso de los iones y la P.O.T. de los

provocar una alta evaporación induciendo a una desecación y concentración del medio. Además de tomar en cuenta que las faunas y floras acompañantes pueden colaborar en el aumento o disminución de iones. Otros factores que son importantes son: la época del año en que fueron colectados los especímenes, donde el clima seco o la presencia de lluvias influyen de igual forma en la concentración, así como el sexo o los estados de desarrollo en que se encontraron al momento de su análisis.

Las concentraciones de iones en el suero pueden cambiar drásticamente durante la aclimatación. Este tipo de modificaciones intracelulares microambientales pueden producir ajustes importantes en el metabolismo y proveer en parte a las bases bioquímicas de la adaptación a la temperatura.

Para el caso del experimento de TCM de resistencia se tomaron muestras pasadas 96 horas del efecto ya a temperaturas de aclimatación ($19 \pm 1.0^\circ\text{C}$). Es claro que los organismos experimentaron alteraciones en sus concentraciones internas de Na^+ , K^+ y P.O.T., durante el tiempo de permanencia en la temperatura subletal que fué para Verano de $33.5 \pm 1.0^\circ\text{C}$. y para Invierno de $27.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$, donde las mayores concentraciones de Na^+ y P.O.T. se presentaron en los adultos y el K^+ en los subadultos, esto como ya se refirió anteriormente después de 96 horas; tales alteraciones son bastante notables ya que la disminución y aumento de iones y P.O.T. no muestran un comportamiento regular, puesto que tanto en el tiempo de resistencia de 2 horas como en el de 6 horas, dentro de los 3 estadios de desarrollo ocurrieron alteraciones fisiológicas de la permeabilidad de las membranas que intervienen en la difusión y/o transporte de los iones.

En base a todo esto se ha podido ver que la temperatura puede influir en la bomba de sodio potasio, el cual puede tener un efecto diferencial en los canales de los iones de la membrana (Stephens, 1985).

Para determinar las modificaciones del medio interno en acociles sometidos a $T_{\text{L}50}$ se determinó analizarlos en cuestión de tiempo y temperatura de resistencia, con el fin de lograr un seguimiento del comportamiento osmoregulador de los mismos.

El caso de la evaluación del medio interno a diferentes temperaturas, da como información que tanto la P.O.T. como el Na^+ tienen un comportamiento similar, mientras que el K^+ permanece relativamente estable con muy leves variaciones, lo que demuestra que es Na^+ y los otros componentes de la P.O.T. los que en realidad están participando en el proceso de ajuste del medio interno del organismo.

Como se ve en la (Fig. 12) cuando se presenta la temperatura de resistencia o subletal, el organismo en Invierno está incrementando sus concentraciones de Na^+ y su P.O.T., mientras que el K^+ desciende y ya cuando se presenta la zona de muerte hay aumento de K^+ y un decremento tanto en Na^+ y P.O.T., en la (Fig. 13) en Verano se presentó un incremento de la P.O.T., el Na^+ tuvo un ligero aumento y el K^+ permanece en un nivel estable ya en la

muerte, al igual que en Invierno, decrecen P.O.T. y Na^+ y hay aumento de K^+ .

Prosser & Nelson, (1981), mencionan que a temperaturas altas los niveles de K^+ se ven incrementados, tanto en funciones neuromusculares como en el sistema nervioso central, por lo cual su función se ve deteriorada.

En el tratamiento de resistencia en $T_{L_{50}}$ a 34.5°C . donde se comprobó que no existían diferencias significativas del comportamiento entre épocas, se pudo establecer por medio del análisis del medio interno que tales diferencias si se presentaban; el Na^+ disminuyó en las primeras 4 horas de permanencia y las 4 horas restantes, estas concentraciones aumentaron y ya en las 96 horas de recuperación a temperatura de aclimatación los niveles de Na^+ descendieron aun por debajo de lo que se había cuantificado en la T_0 basal, en cambio en cuestión del K^+ este fluctuaba con el tiempo, con incrementos y decrementos constantes. En cuanto a la presión osmótica total tiene una relación estrecha con el Na^+ ya que los comportamientos que muestran son similares, lo que es explicado ya que el Na^+ es uno de los principales elementos constituyentes o integrantes de la presión osmótica total.

La permanencia en una temperatura subletal por un tiempo dado, afecta al organismo y modifica su concentración interna y a su vez daña su condición reguladora alterando su sistema neuromuscular.

Esto permite inferir que la muerte en crustáceos en altas temperaturas, se debe a la pérdida de coordinación nerviosa, influenciada directamente por el desbalance de la concentración de Na^+ , K^+ y presión osmótica total en la hemolinfa y al efecto que es ejercido directamente por la temperatura en el sistema muscular.

El establecer una importancia sobre el conocimiento de la tolerancia térmica en los organismos dulceacuicolas, es relevante en la actualidad debido a la alteración de los medios naturales por el hombre el cual está causando su destrucción, al igual que a las fuerzas físicas del lugar como lo es la desecación por calentamiento natural del hábitat. A su vez se tiene que ver que esta especie tiende a ser susceptible de cultivo y por lo cual se trata de conocer tanto los factores que lo ayudan a un buen desarrollo como a los que lo dañan y como poder marcar estos en un rango estrecho, que pueda ser observado inmediatamente sin que se dañe en su mayoría la población.

Como ya se mencionó anteriormente, el método que se recomendaría para estudiar esta especie sería el ($T_{L_{50}}$), pero sin desechar el (TCM), ya que si ($T_{L_{50}}$) ha indicado los comportamientos más reales de *C. montezumae* en su medio natural, (TCM) ayudaría a mantener un control más adecuado de su cultivo. Esto es manteniendo la regulación del medio tratando de realizar los menos errores posibles, como sería el calentamiento excesivo en corto tiempo por una falla técnica, etc. y lo cual sería

observado en los organismos por los comportamientos que presenta.

Se sugiere para completar este estudio, realizar su parte inferior con temperaturas bajas y obtener los resultados de Preferendum Final, completando el Poligono de Brett, para tener bien canalizado todo el factor temperatura como influencia para

esta especie. Determinar el mismo estudio y realizarlo en el mismo ambiente del organismo con las temperaturas de aclimatación con las que se captura. Finalmente que el análisis del medio interno se analice más detalladamente con un mayor número de organismos para realizar una comparación más aceptable entre clase-talla, y tomando en cuenta a los demás iones que lo constituyen y que no fueron incluidos en el presente estudio.

CONCLUSIONES

- TL_{50} y TCM son dos métodos que proporcionan distintos puntos de temperaturas de resistencia y letales en el acócil C. montezumae.
- El método de TL_{50} representa la condición más feaciente de la variación del factor temperatura en el habitat natural del acócil.
- El método de TCM muestra las respuestas de stress térmico en C. montezumae cuando este es condicionado a cambios abruptos de temperatura.
- Las curvas de mortalidad que se evaluaron en C. montezumae estuvieron en intervalos de 35 a 39°C. en TL_{50} para Verano e Invierno.
- Las curvas de mortalidad que se evaluaron en C. montezumae para el método de TCM se determinaron para Verano entre 39 y 44°C. y en Invierno de 40 a 41.5°C.
- La temperatura donde se presenta el 50% de mortalidad es de 35.7°C. en ambas épocas.
- La temperatura crítica máxima en C. montezumae fue para Verano de 35.1°C. y en Invierno de 30.7°C.
- En TL_{50} se presenta que el límite superior de resistencia es a 34.5°C. en Verano e Invierno.
- En TCM el límite superior de resistencia es para Verano a 33.5±1.1°C. y en Invierno de 27.0±1.0°C.
- La especie C. montezumae tiene un alto nivel de canalización de iones para mantener su condición fisiológica estable, por lo que se le considera dentro de los crustáceos como una de las especies con mayor resistencia a cambios bruscos en su medio natural (especie euriplástica).
- En C. montezumae existe una conexión directa entre el funcionamiento del medio interno y el externo, ya que la descompensación de los niveles de iones producen una respuesta de comportamiento en el organismo, el cual trata de compensar su situación fisiológica a altas temperaturas.
- Las diferencias estacionales por medio de comportamiento no son significativas para TL_{50} pero si para TCM.

- Las diferencias estacionales en medio interno resultaron evidentes tanto para IL₅₀ como para TCM, se considera que el medio interno siempre será mejor indicador de las diferentes respuestas estacionales en éste tipo de crustáceos, que el comportamiento de stress que pueda el organismo a través de su comportamiento.
- La especie de C. montezumae es más tolerante a temperaturas altas en la época de Verano y menos en la de Invierno.
- La aclimatación de C. montezumae en su habitat natural, la cual consiguió através de muchas generaciones en forma adaptativa, no puede ser borrada en una población con diferentes regimenes de aclimatización.
- Es probable que existan diferencias significativas entre sexos y estadios de desarrollo, lo que no fue muy evidente en este estudio por lo reducido de las muestras experimentales.
- Este estudio muestra la influencia directa de la temperatura en C. montezumae, la variabilidad estacional que rige su desarrollo a corto o largo plazo. Así mismo tal información resulta relevante en conexión con su posible uso, en prácticas acuiculturales de esta especie.

TABLA 1

ELEMENTOS DEL DIAGRAMA DE CAJAS EN PARALELO. RESPUESTAS AL STRESS
 TERMICÓ DE Cambarellus montezumae EN TCM PARA VERANO E INVIERNO.

EPOCA	VERANO					INVIERNO				
	DI	DF	DTI	PL	DTF	DI	DF	DTI	PL	DTF
MEDIANA	31.3	35.1	34.8	39.6	41.8	26.3	30.7	33.8	38.7	41.5
LIMITE SUP.	32.3	35.9	36.0	40.2	42.3	26.9	31.6	35.5	38.8	41.7
LIMITE INF.	30.3	34.2	32.9	39.1	41.0	25.9	30.0	32.2	38.3	41.4
AMPLITUD	2.0	1.7	3.1	1.1	1.3	1.0	1.6	3.3	0.5	0.3
COTA SUP.	35.1	38.2	40.8	41.9	44.2	28.8	32.8	40.4	39.5	42.2
COTA INF.	27.4	31.9	28.1	37.4	39.1	24.3	28.9	27.3	37.2	40.9
LIM.CONF.SUP.	31.96	35.6	35.6	40.0	42.6	26.6	31.6	34.9	38.6	41.7
LIM.CONF.INF.	30.70	34.5	34.0	39.3	41.4	26.1	30.4	32.7	38.2	41.4

DI: Desorientación inicial.
 DF: Desorientación final.
 DTI: Doble del telson inicial.
 PL: Poro locomotor.
 DTF: Doble del telson final.

TABLA 2.

Datos de las curvas de mortalidad en (TCM) así como los valores transformados para la regresión lineal, tanto para verano como para invierno.

EPOCA	V E R A N O				I N V I E R N O				
	TEMP. °C	N MORTAL.	% MORTALIDAD	%MORTAL. TEMP.	%MORTAL. ESPERADA	N MORT.	% MORT.	% MORT. TEMP.	% MORT. ESPERADA
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1	1	1.754386	0.4386	1.1054	4	6.667	0.1667	6.3624
40.5	2	2	3.50877	0.8664	2.9627	29	48.333	1.1934	48.8926
41	10	10	17.54386	0.4279	17.7786	59	98.333	2.3984	98.8086
41.5	17	17	29.82456	0.7187	30.4036	60	100.000	2.4096	99.2726
42	37	37	64.91228	1.5455	66.2995				
42.5	47	47	82.4561	1.9401	83.4312				
43	56	56	98.2456	2.2848	98.3964				
44	57	57	100.000	2.2727	97.8711				

TABLA 3.

Valores de las curvas de mortalidad, así como los transformados, utilizados para las regresiones lineares, en verano e invierno, además los valores ya conjuntados de ambos después de no haber encontrado diferencias significativas entre ellos ($p < 0.05$).

EPO- CA	VERANO				INVIERNO				VERANO + INVIERNO				
	TEM- PER.	N *M	% *M	% *M TEMP. PERADO	N *M	% *M	% *M TEMP. PERADO	N *M	% *M	% *M TEMP. PERADO	N *M	% *M	% *M TEMP. PERADO
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1	2.43	0.069	1.8562	0	0	0	0	1	1.163	0.033	0.837	
36	4	9.76	0.271	9.7891	3	6.67	0.185	6.094	7	8.140	0.225	8.254	
36.5	5	12.20	0.334	12.2532	8	17.78	0.487	17.723	13	15.116	0.414	15.482	
37	10	24.39	0.659	25.0266	14	31.11	0.841	31.355	24	27.901	0.754	28.559	
37.5	—	—	—	—	27	60.00	1.600	60.581	37	43.023	1.147	43.673	
37.6	—	—	—	—	31	68.89	1.832	69.515	41	47.674	1.268	48.310	
38	—	—	—	—	42	93.33	2.456	93.543	52	60.465	1.591	61.180	
38.5	—	—	—	—	45	100.00	2.597	98.972	55	63.954	1.661	63.428	
39	41	100.0	2.564	99.8398	—	—	—	—	86	100.00	2.564	98.147	

*M=MORTALIDAD

TABLA 4.

Sumario de ecuaciones de regresión lineal presentadas en Cambarellus montezumae para TCM y LT₅₀ para verano e invierno.

ESTACION Y METODO	ECUACION DE REGRESION	N	r ²	p
VERANO	$v_s^+ = 0.799 + (43.42)x^+$	8	0.999	0.05
	$v = 0.854 + (39.27)x^+$	5	1.000	0.05
INVIERNO	$v_s^+ = -0.0543 + (41.42)x^+$	4	1.000	0.05
	$v = -1.029 + (38.51)x^+$	7	1.000	0.05

v_s^+ = % mortalidad
 x^+ = % mortalidad/Temp°C

TABLA 5.

Comparación de pendientes para las regresiones lineales entre TCM y TL, donde se muestra que tanto para verano como invierno son diferentes entre sí. se muestra además las temperaturas del 50% de mortalidad con intervalo de confianza al 95%.

INDICE	T L M		T L ₅₀	
	VERANO	INVIERNO	VERANO	INVIERNO
ECUACION	$\hat{v} = -0.799 + 43.42 (x_i)$	$\hat{v} = -0.543 + 41.42 (x_i)$	$\hat{v} = -0.44 + 38.45 (x_i)$	
TEMP. 50% MORTALIDAD $\bar{x} \pm IC 95\%$	41.8 ± 1.1	40.7 ± 1.5	37.7 ± 1.5	37.5 ± 0.7

ESTA TESIS NO DEBE
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

TABLA 6.

Representación numérica de los valores obtenidos de Na^+ , K^+ y presión osmótica total (POT) en los acociles de ambas épocas antes de ser sometidos a cualquier tratamiento. Las unidades están dadas en mM/litro.

EPOCA	MEDIO INTERNO	ESTADIOS DE DESARROLLO					
		N	JUVENILES	N	SUBADULTOS	N	ADULTOS
VERANO	Na^+	2	86.6522	2	88.3043	2	94.8609
	K^+	2	8.6205	2	9.4333	2	12.8718
	P.O.T.	2	99.8134	2	121.2617	2	131.9732
INVIERNO	Na^+	2	123.5217	2	125.3478	2	129.7391
	K^+	2	14.9077	2	16.4359	2	17.2769
	P.O.T.	2	158.7544	2	167.6779	2	169.1946

45

TABLA 7.

Resultados obtenidos en el experimento de determinación de la temperatura subletal a partir de TCM de Medio Interno. 96 horas después del tratamiento valores expresados en mM/litro. variables medidas (Na^+) sodio, (K^+) potasio y (P.O.) Presión Osmótica evaluada en [NaCl]. A una temperatura de $33.5 \pm 1^\circ\text{C}$ en verano y de $27 \pm 1^\circ\text{C}$ para invierno.

EPOCA	ME- DIO	ESTADIOS DE DESARROLLO											
		JUVENILES			SUBADULTOS			ADULTOS					
		N	T 2 HRS.	T 6 HRS.	N	T 2 HRS.	T 6 HRS.	N	T 2 HRS.	T 6 HRS.			
VERA- NO 33.5± 1°C	Na^+	2	2	60.3870	56.2304	2	1	85.8261	81.6000	2	3	92.2087	91.3043
	K^+	2	2	5.6077	11.3333	2	1	11.6666	12.2923	2	3	10.2308	8.7179
	P.O.			107.7987	150.7114			134.6094	153.4094			137.2215	192.7517
IN- VIER- NO 27.0± 1°C	Na^+	2	2	81.8696	81.3043	1	3	105.7391	113.0435	4	3	102.8696	129.3044
	K^+	2	2	15.6872	12.0282	3	2	14.2051	13.5641	4	3	13.5641	10.7949
	P.O.			161.3826	164.8591			177.1544	180.3087			183.6779	187.1544

TABLA 8.

Muestras a distintas temperaturas donde se observa el comportamiento de (Na^+ y K^+) y (P.O.) presión osmótica total expresados en mM/litro, tanto para verano como invierno, en el experimento de TL_{50} .

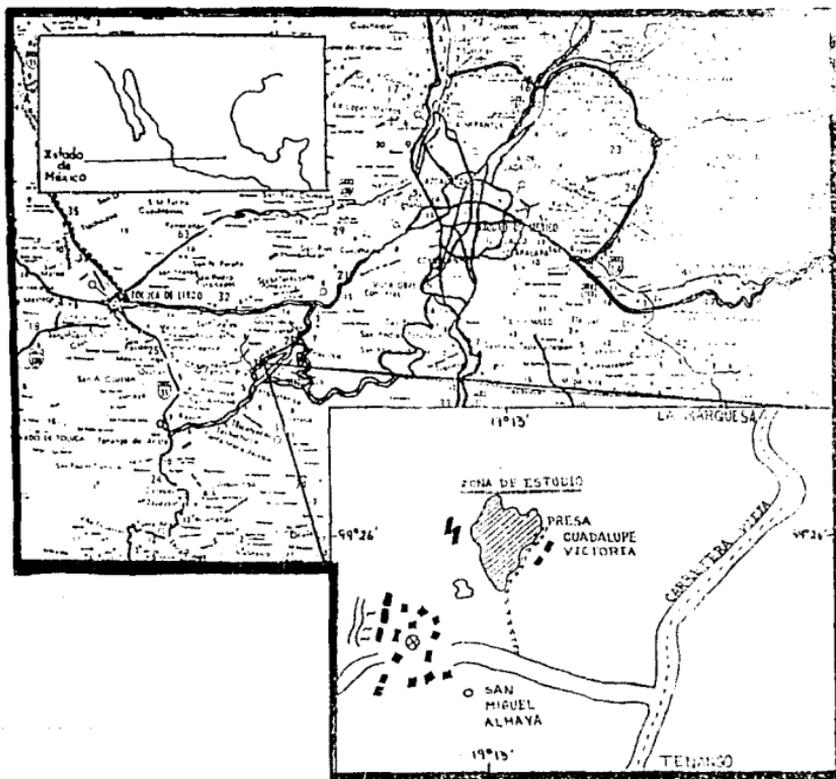
MEDIO INTERNO	EPOCA	N	21 BASAL	TEMPERATURAS DE MUESTREO (°C)			
				30	33	36	38
Na^+ mM/litro	VERANO	2	89.9391	107.2609	80.6522	81.4348	63.3043
	INVIERNO	2	126.2044	181.3913	140.2174	126.5652	113.8696
K^+ mM/litro	VERANO	2	10.3085	5.8205	7.2564	5.7179	8.3333
	INVIERNO	2	16.2077	7.1795	8.7692	5.9487	11.0769
P.O. [NaCl] mM/litro	VERANO	2	117.6779	56.9262	207.0201	196.4027	167.0067
	INVIERNO	2	165.2081	195.1275	211.6913	202.4430	199.9060

TABLA 9.

Muestras a distintos tiempos de resistencia de 34.5 donde se observa el comportamiento de Na^+ , K^+ y Presión Osmótica total, tanto para verano como para invierno, precedido del experimento del TL_{90} .

MED. INT.	EPOCA	N	TIEMPOS DE RESISTENCIA (hrs)						
			To BASAL	To RESISTK.	2	4	6	8	9
Na^+ mM/L	VE-RANO	24	89.9391	83.9087	81.4348	78.9565	84.2609	110.7826	72.1739
	IN-VIER.	24	126.2044	108.1304	104.0000	84.2609	86.9130	118.7391	98.6957
K^+ Mm/L	VE-RANO	24	10.3085	9.5897	11.8462	10.2821	5.2821	7.5128	6.6666
	IN-VIER.	24	16.2077	9.8615	12.0769	10.5641	5.9231	8.3590	8.0256
P.O. mM/L	VE-RANO	24	117.6779	121.2081	62.4161	121.2081	78.3893	185.5034	151.4094
	IN-VIER.	24	165.2081	157.0470	141.8792	157.9866	140.1342	211.6779	198.5235

"AREA DE ESTUDIO"



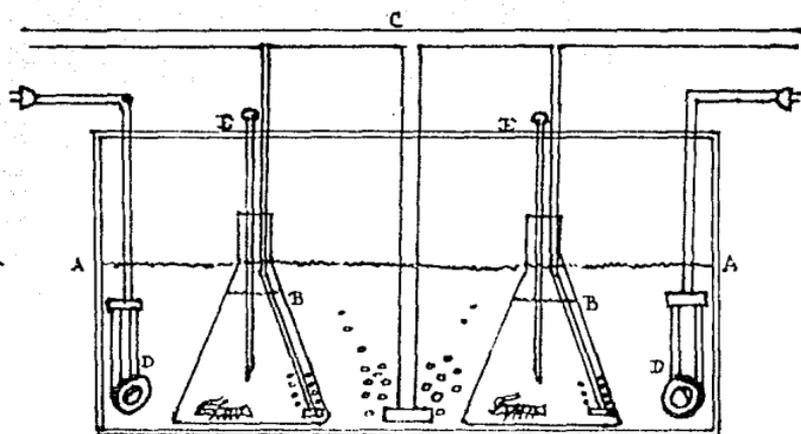


FIG. 1. Dispositivo utilizado para determinar el stress térmico. A. acuario de 35 l., B. matraz Erlen Meyer de 1 litro, C. sistema de aireación, D. resistencias de 500 watts y E. termómetro.

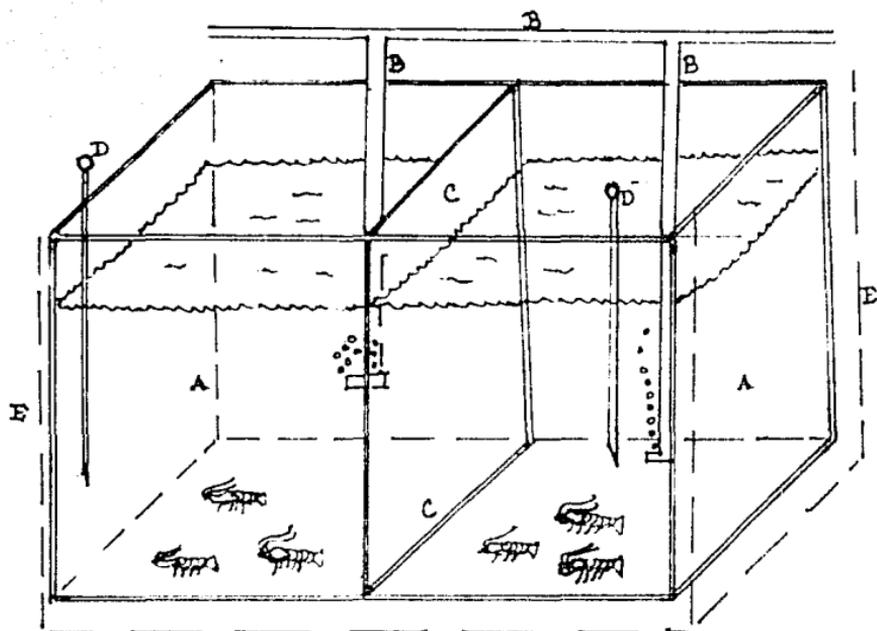


FIG. 2. Dispositivo para evaluar la respuesta de resistencia al factor temperatura y determinación del 50% de mortalidad. A. acuario de 35 l., B. sistema de aireación, C. división de acrílico, D. termómetro, E. termoregulador.

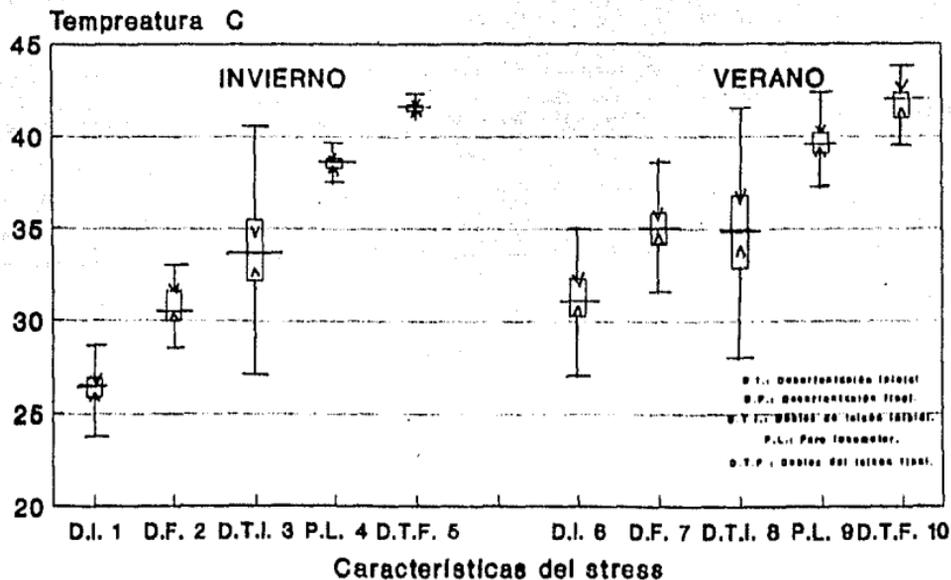


Fig. 3 Diagramas de cajas en paralelo de las respuestas al stress térmico de *Cambarellus montezumae* para Verano e Invierno. En las cajas, la barra horizontal denota la mediana y los signos >...< son los intervalos de confianza de la mediana (alfa = 0.05).

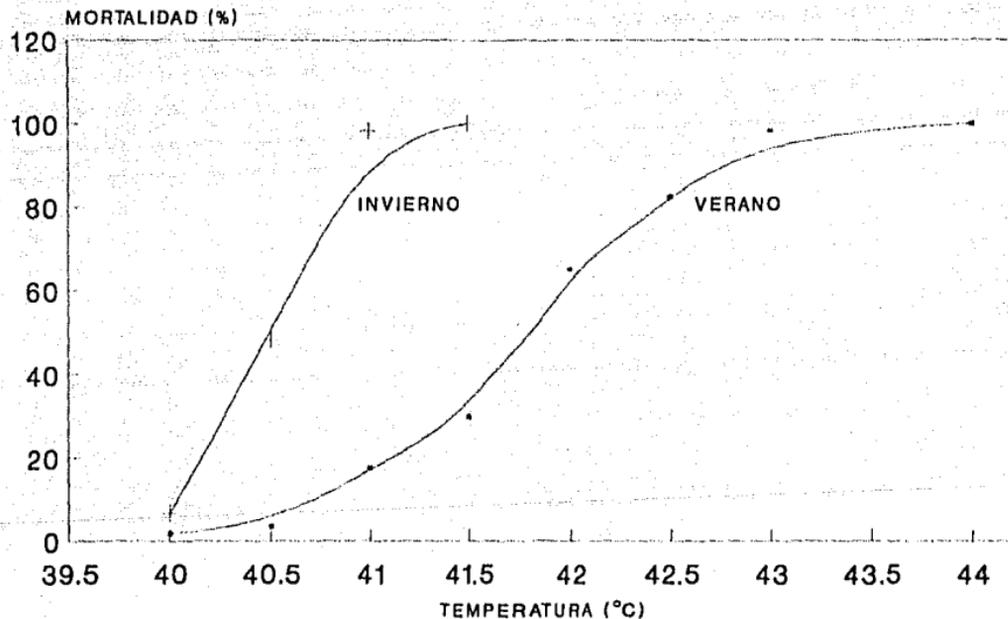


FIG.4 COMPARACION DE CURVAS DE MORTALIDAD (TCM) EN LA ESPECIE *Cambarellus montezumae* (S.) ENTRE LAS EPOCAS DE VERANO E INVIERNO.

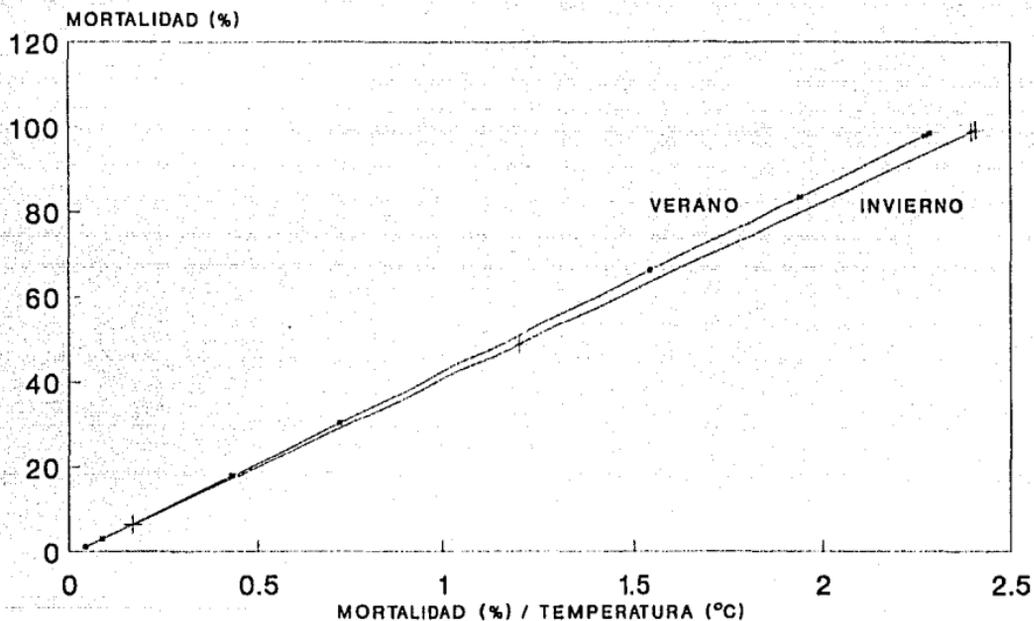


FIG.5 COMPARACION DE LAS LINEALIZACIONES DE LAS CURVAS DE MORTALIDAD (TCM) EN LA ESPECIE Cambarellus montezumae (S) ENTRE LAS EPOCAS DE VERANO E INVIERNO.

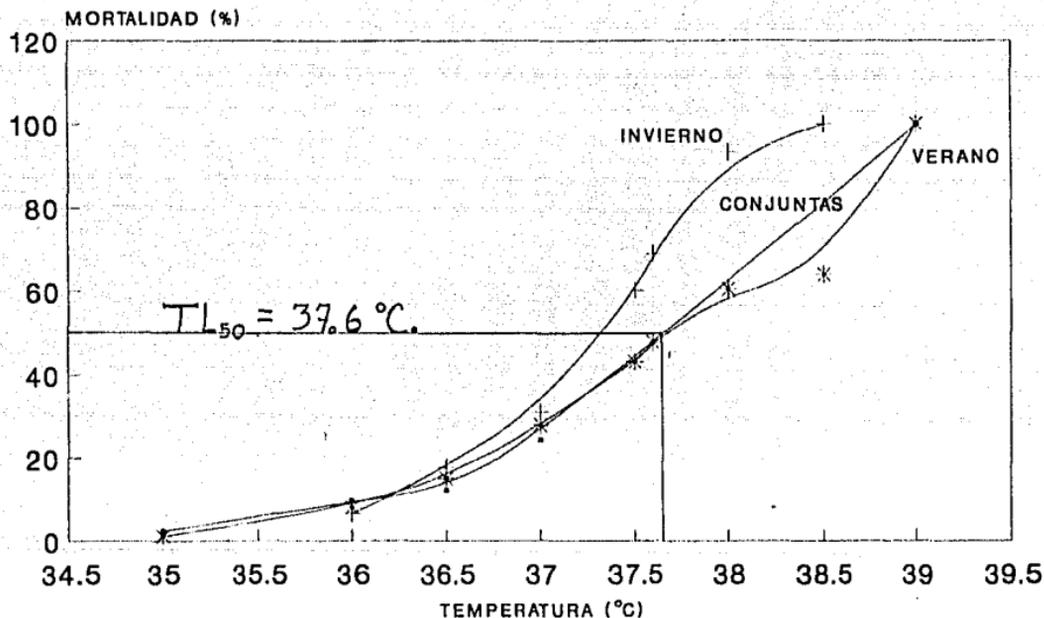


FIG.6 COMPARACION DE CURVAS DE MORTALIDAD (TL_{50}) EN LA ESPECIE Cambarellus montezumae (S.) ENTRE LAS EPOCAS DE VERANO E INVIERNO Y DATOS CONJUNTOS.

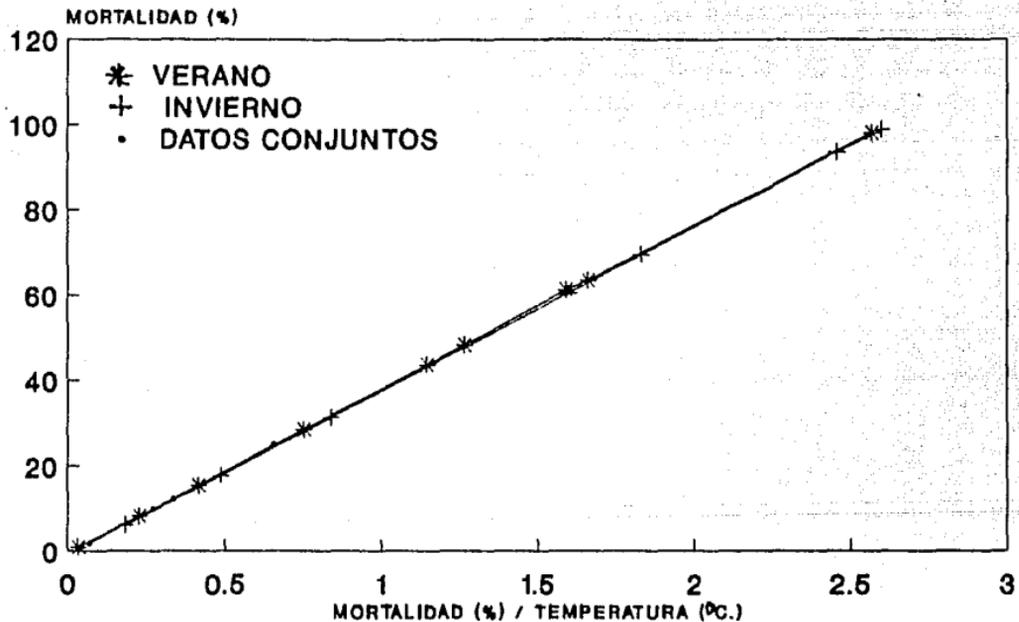


FIG.7 COMPARACION DE LAS LINEALIZACIONES DE LAS CURVAS DE MORTALIDAD (TL50) EN LA ESPECIE Cambarellus montezumae (S.) ENTRE LAS EPOCAS DE VERANO E INVIERNO Y DATOS CONJUNTOS .

CONCENTRACIONES (mM/lit.)

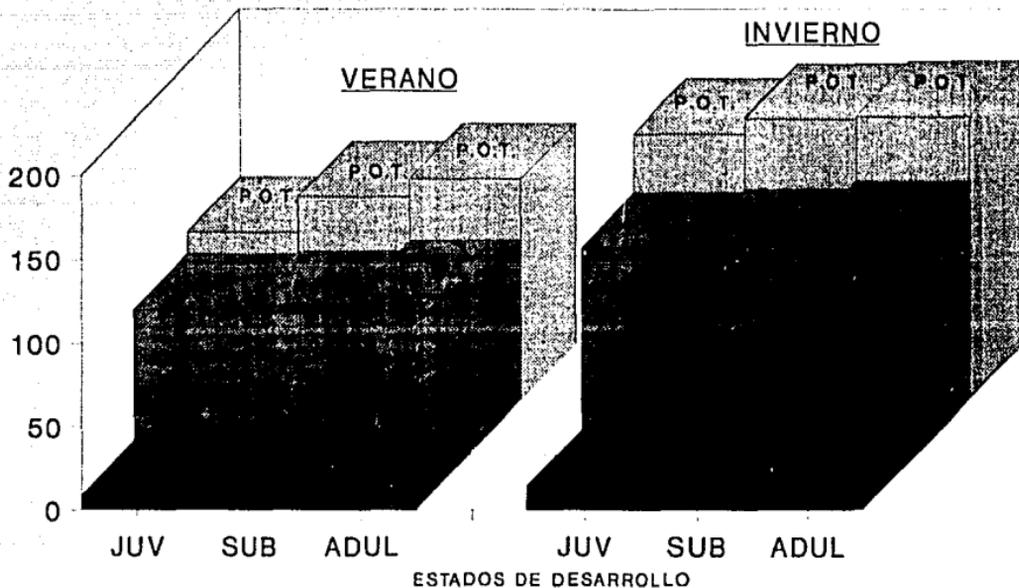


FIG.8 COMPARACION DE CONCENTRACIONES BASALES DE Na⁺,K⁺ Y PRESION OSMOTICA TOTAL ENTRE VERANO E INVIERNO ENCONTRADAS EN LA ESPECIE Cambarellus montezumae (S.)

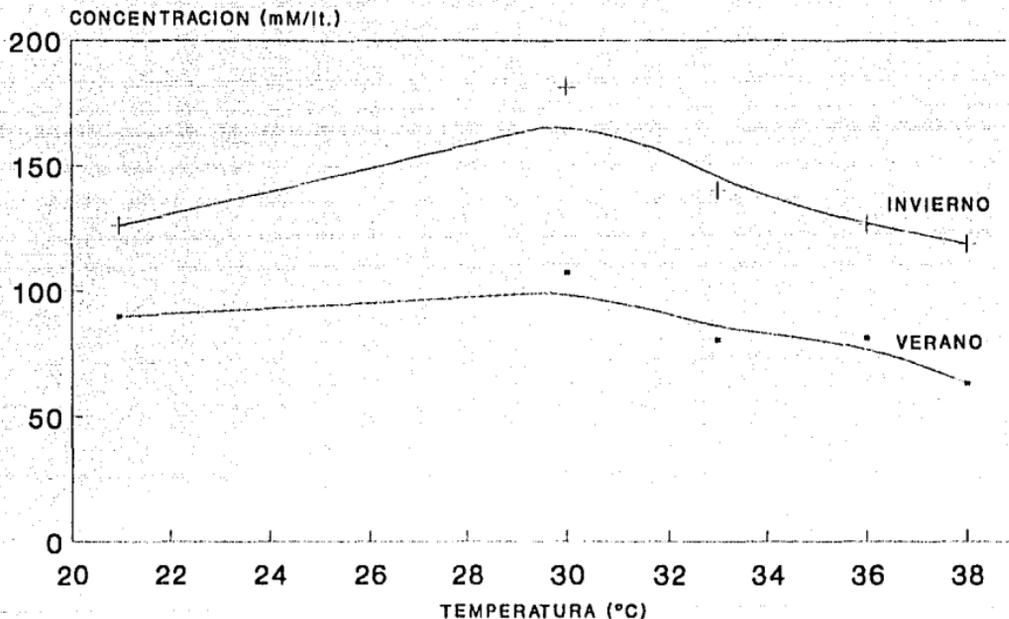


FIG.9 EFECTO DEL STRESS TERMICO SOBRE LOS NIVELES DE Na⁺ DEL SUERO EN EL ACOCIL Cambarellus montezumae, ESPECIMENES DE VERANO E INVIERNO. EXPERIMENTO DE TL50.

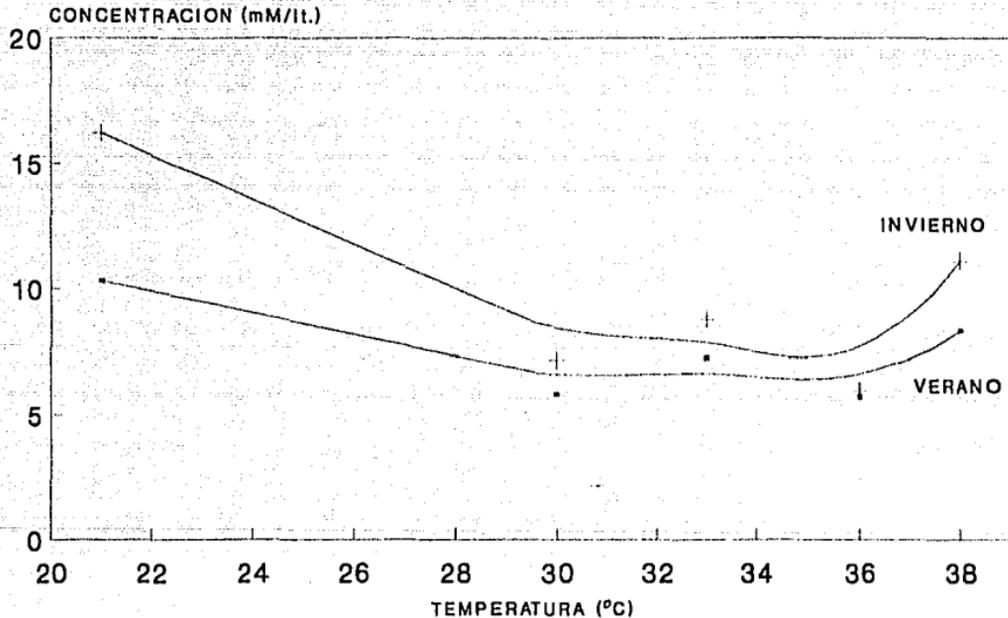


FIG.10 EFECTO DEL STRESS TERMICO SOBRE LOS NIVELES DE K+ DEL SUERO EN EL ACOCIL *Cambarellus montezumae*. ESPECIMENES DE VERANO E INVIERNO. EXPERIMENTO DE TL50.

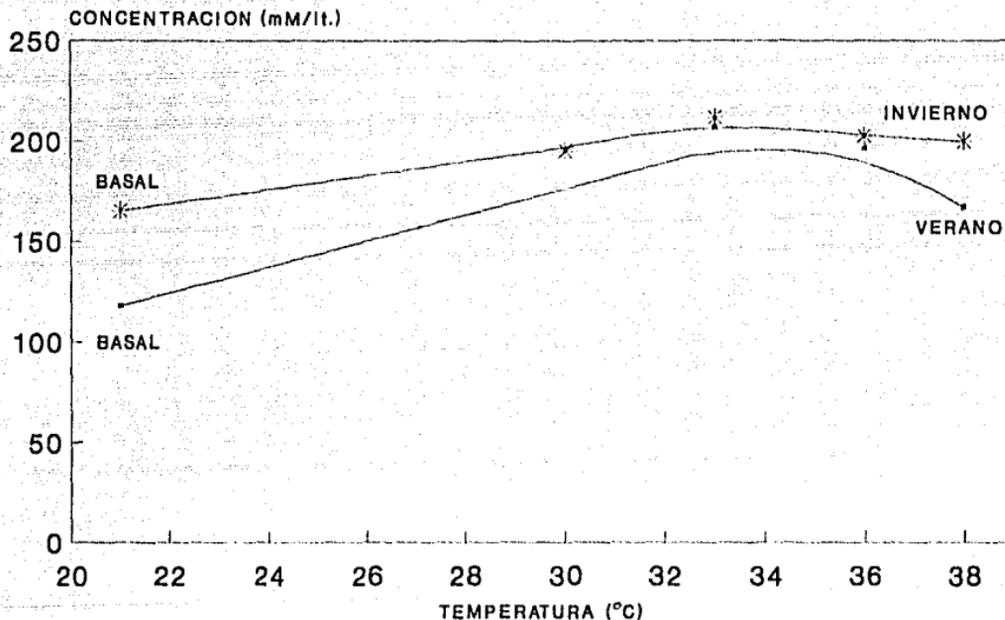


FIG.11 EFECTO DEL STRESS TERMICO SOBRE LA PRESION OSMOTICA TOTAL DEL SUERO EN EL ACOCIL Cambarellus montezumae. ESPECIMENES DE VERANO E INVIERNO. EXPERIMENTO DE TL50.

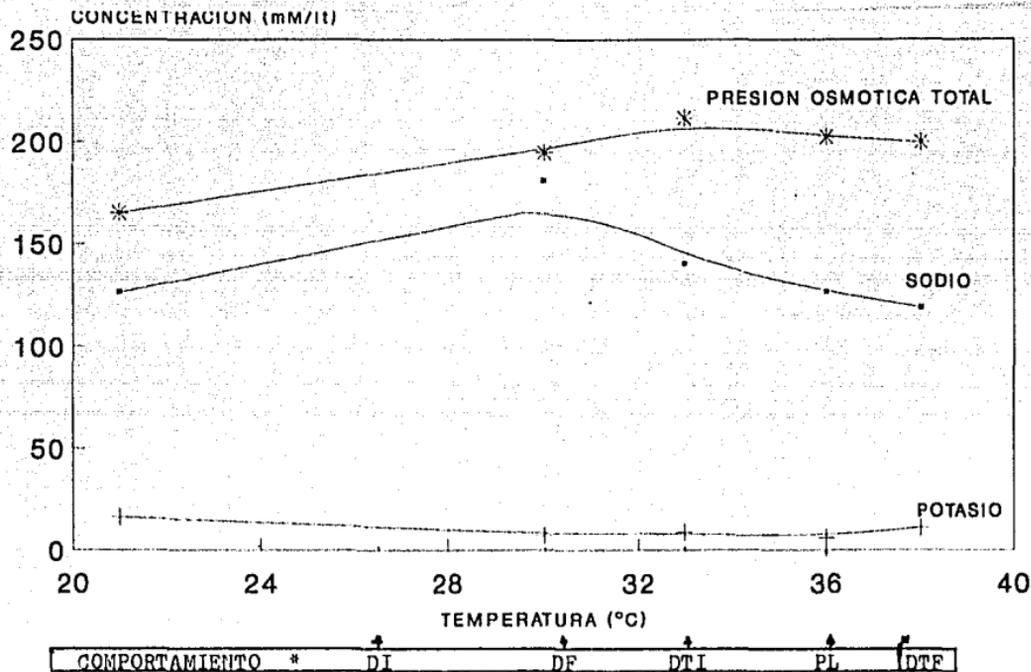


FIG.12 EFECTO DEL STRESS TERMICO SOBRE LOS NIVELES DE Na⁺, K⁺ Y PRESION OSMOTICA TOTAL DEL SUERO EN EL ACOCIL Cambarellus montezumae. ESPECIMENES DE INVIERNO. EXPERIMENTO DE TL50.

DI:DESORIENTACION INICIAL, DF:DESORIENTACION FINAL
 DTI:DOBLEZ DEL TELSON INICIAL, PL:PARO LOCOMOTOR
 DTF:DOBLEZ DEL TELSON FINAL.

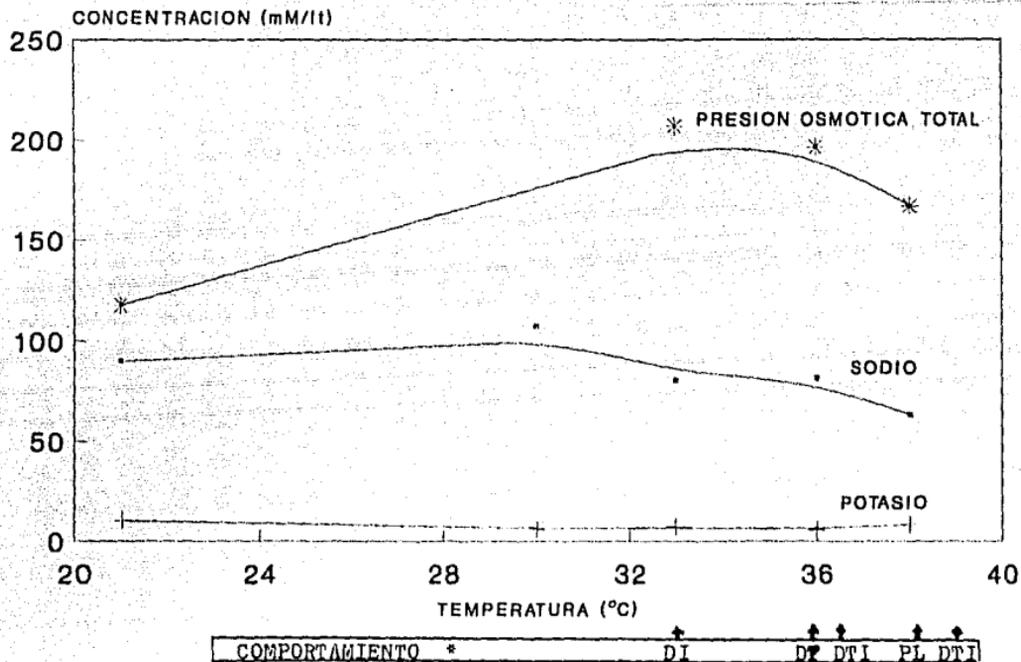


FIG.13 EFECTO DEL STRESS TERMICO SOBRE LOS NIVELES DE Na⁺, K⁺ Y PRESION OSMOTICA TOTAL DEL SUERO EN EL ACOCIL Cambarellus montezumae. ESPECIMENES DE VERANO. EXPERIMENTO DE TL50.

DI; DESORIENTACION INICIAL, DP; DESORIENTACION FINAL
DTI; DOBLEZ DEL TELSON INICIAL, PL; PARO LOCOMOTOR
DTP; DOBLEZ DEL TELSON FINAL.

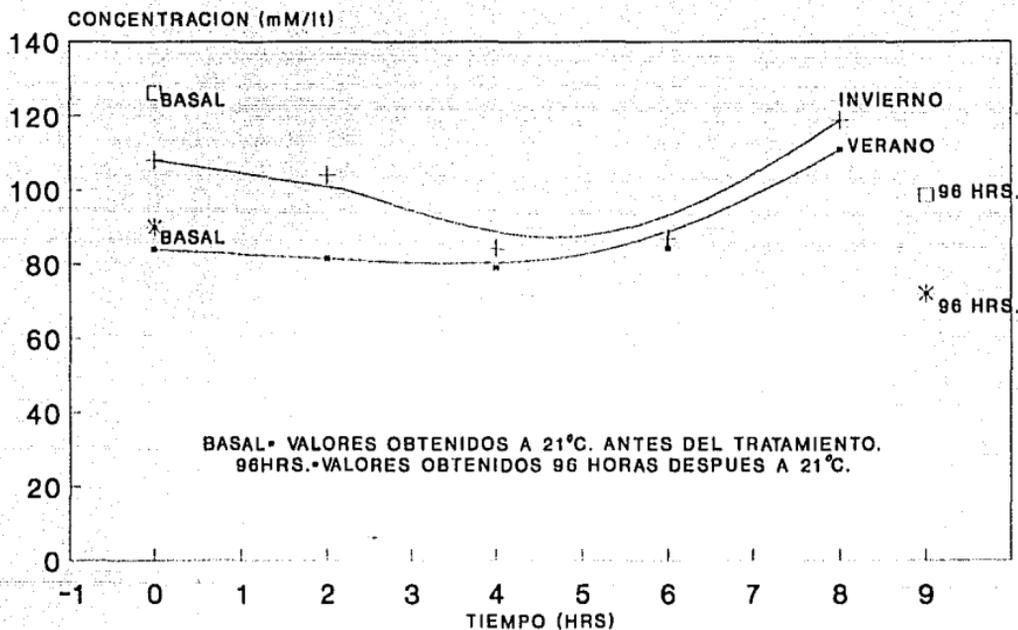


FIG.14 REGULACION SODIO EN *C. montezumae* EN TEMPERATURAS SUBLETALES. ORGANISMOS DE VERANO E INVIERNO.

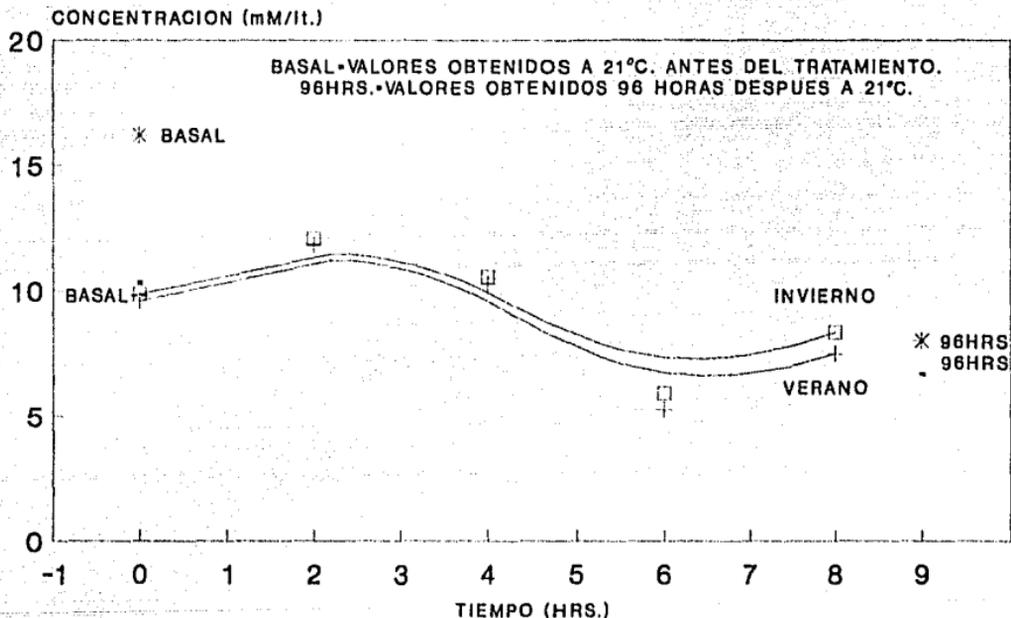


FIG.15 REGULACION DEL ION POTASIO EN *C. montezumae* EN TEMPERATURAS SUBLETALES. ORGANISMOS DE VERANO E INVIERNO.

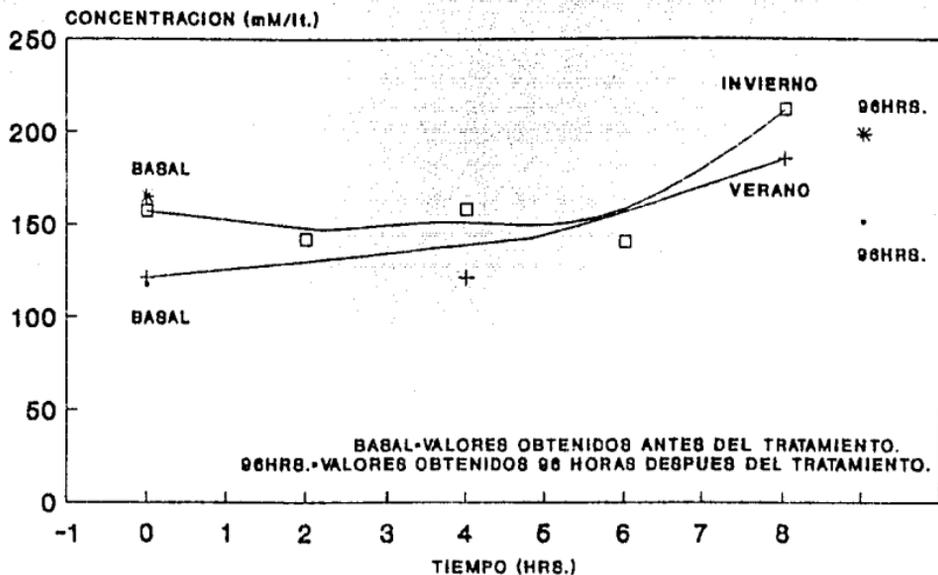


FIG.16 REGULACION DE LA PRESION OSMOTICA TOTAL EN
C. montezumae EN TEMPERATURAS SUBLETALES.
ORGANISMOS DE VERANO E INVIERNO.

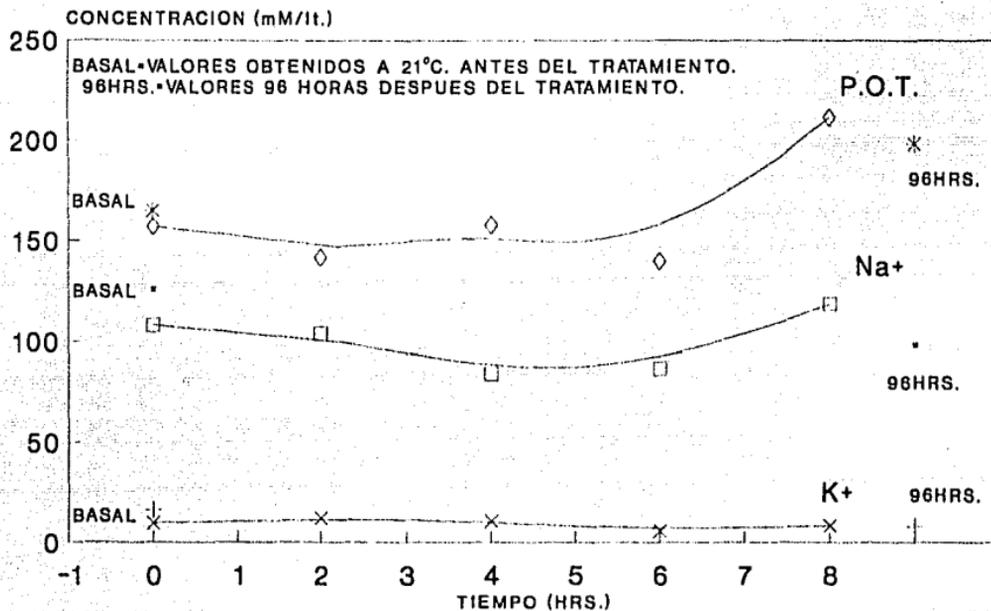


FIG.17 REGULACION DE SODIO, POTASIO Y PRESION OSMOTICA TOTAL
EN *C. montezumae* EN TEMPERATURAS SUBLETALES.
ORGANISMOS DE INVIERNO.

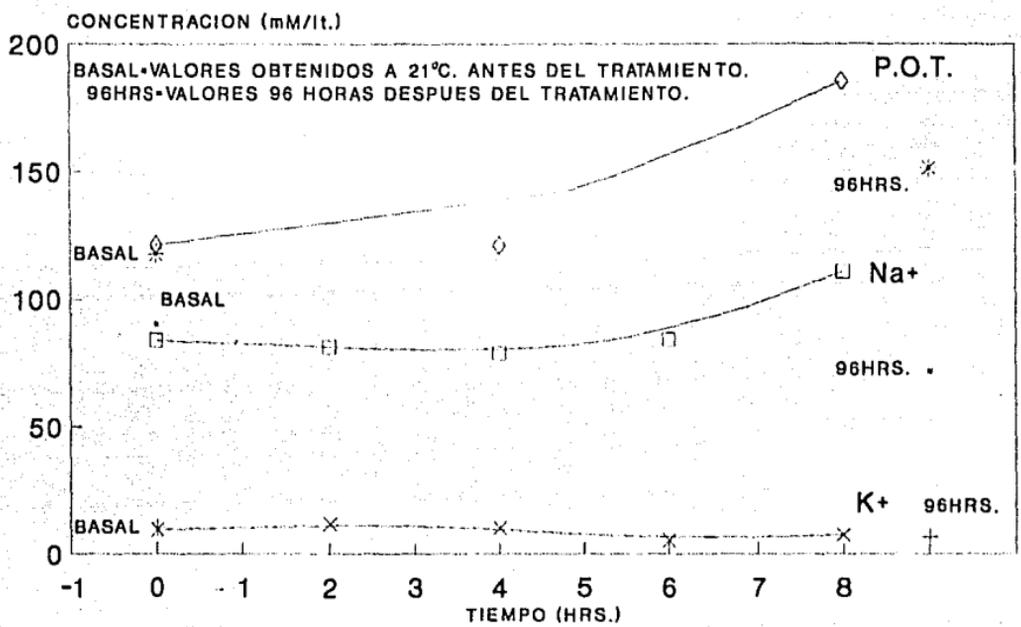


FIG.18 REGULACION DE SODIO, POTASIO Y PRESION OSMOTICA TOTAL EN *C. montezumae* EN TEMPERATURAS SUBLETALES. ORGANISMOS DE VERANO.

BIBLIOGRAFIA

- Armitage, B. K. & Terry J. Wall. 1982. The effects of body size, starvation and temperature acclimation on oxygen consumption of the crayfish Orconectes nais. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 73A. No. 1. pp. 63 to 68.
- Auvergne, A. 1982. El Cangrejo de Rio. Ed. Mundi-Prensa. Madrid España. 119p.
- Becker, Dale C., R. G. Genoway and J. A. Merrill. 1975. Resistance of a Northwestern Crayfish, Pacifastacus leniusculus (Dana), to Elevated Temperatures. Trans. Am. Fish. Soc. 104(2):374-387.
- Berdeja, Garcia, Gloria-Yolanda. Significado a las respuestas glucemiantes en Procambarus bouvieri. Tesis de Licenciatura en Biología. Fac. de Ciencias. UNAM. México. 72p.
- Bettoli, W. P., W. H. Neill and S. W. Kelsch. 1985. Temperature preference and heat resistance of grass carp, Ctenopharyngodon idella (Valenciennes), bighead carp, Hypophthalmichthys nobilis (Grav), and their F₁ hybrid. J. Fish. Biol. 27 (3):239-247.
- Bovbjerg, R. V. 1952. Comparative Ecology and Physiology of the Crayfish Orconectes propinquus and Cambarus fodiens Physiol. Zool. 25(1):34-56.
- Bowler, K., 1963a. A study of the factors involved in acclimatization to temperature and death at high temperatures in Astacus pallipes. I. Experiments on intact animals. J. Cell. Comp. Physiol. 62:119-132.
- Bowler, K., 1963b. A study of the factors involved in acclimatization to temperature and death at high temperatures in Astacus pallipes. II. Experiments on the tissue level. J. Cell. Comp. Physiol. 62:133-146.
- Bowler, K., Gladwell, R. T. and J. C. Duncan. 1973. Acclimatization to temperature and death at high temperatures in Crayfish Austropotamobius pallipes. Freshwater Crayfish, (Edited by Abrahamsson S., pp. 121-131. Studentkiteratur, lund, Sweden.
- Bradley, P. B. and P. A. Ketzner., 1982. Genetic and Non-Genetic variability in temperature tolerance of the copepod Eurytemora affinis in five temperature regimes. Biol. Bull. 162:233-245.
- Brauer, R. W., M. Y. Bekman, J. B. Keyser, D. L. Nesbitt, S. G. Shvetzov, G. N. Sidelev and S. L. Wright., 1980. Comparative Studies of Sodium Transport and its Relation to Hydrostatic Pressure in Deep and Shallow Water Gammarid Crustaceans From Lake Baikal. Comp. Biochem. Physiol. 65A:119-127.

- Buchanan A. J., B. A. Steward and B. R. Davies. 1988. Thermal Acclimation and Tolerance to Lethal High Temperature in the Mountain Stream Amphipod Paramelita nigroculus (Barnard). Comp. Biochem. Physiol. 89A(3):425-431.
- Bullock, H. T. 1955. Compensation for Temperature in the Metabolism and Activity of Poikilotherms. Biol. Rev. 30(3):311-342
- Burton, T. D., T. P. Capizzi, S. L. Margrey and W. W. Wakefield. 1980-81. Effects of Rapid Changes in Temperature on Two Estuarine Crustaceans. Marine Environmental Research 4:267-278.
- Caine E. A., 1978. Comparative Ecology of Epigeic and Hypogean Crayfish (Crustacea: Cambaridae) From Northwestern Florida. Am. Midland Natur. 99:315-329.
- Cantú, L. L. 1959. Contribución al conocimiento de la embriología de una especie de acocil (Cambarellus capoda.) Tesis de Licenciatura de Biología. Fac. de Ciencias. UNAM. México. 65p.
- Casterlin, E. M. and W. W. Reynolds., 1977. Behavioral Fever in Crayfish. Hydrobiologia 56(2):99-101.
- CETENAL. 1979. Carta Geologica. Tenango E. 14-A-48. Esc. 1:50,000. Secretaría de Programación y Presupuesto. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Cibrián, T. J. 1979. Regulación de Sensibilidad en el Sistema Visual del Acocil Procambarus bouvieri O. Tesis de Licenciatura en Biología. Fac. de Ciencias. UNAM. México. 48p.
- Claussen, L. D. 1977. Thermal acclimation in Ambystomatid Salamanders. Comp. Biochem. Physiol. 58A:333-340.
- Claussen, L. D. 1980. Thermal Acclimation in the Crayfish, Orconectes rusticus and O. virilis. Comp. Biochem. Physiol. 66A:377-384.
- Cossins R. A., M. J. Friedlander and C. L. Prosser. 1977. Correlations between Behavioral Temperature Adaptations of Goldfish and the Viscosity and Fatty Acid Composition of their Synaptic Membranes. J. Comp. Physiol. 120:109-121.
- Cowles, R. B. and C. M. Bogert. 1944. A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 83:265-296.

- Cox, D. K., 1974. Effects of three heating rates on the critical thermal maximum of bluegill. En Criales M. M. and K. S. Chung, 1980. Tolerancia Térmica en Postlarvas y Juveniles del Camarón rosado Penaeus brasiliensis. Inf. Mus. Mar. 27: 1-15.
- Cox, D. K. and J. J. Beauchamp. 1982. Thermal resistance of juveniles crayfish, Cambarellus bartoni (Fabricius): Experiment and model. The Amer. Mid. Nat. 108(1):187-193.
- 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.
- Criales, M. M. y K. S. Chung. 1980. Tolerancia térmica en Postlarvas y juveniles del camarón rosado Penaeus brasiliensis. Inf. Mus. Mar. INVERMAR. Santa Martha, Colombia. 27:1-15.
- Curts, J. 1987. Análisis Exploratorio de Datos. Postgrado de la Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Dall, W. 1967. Hypo-osmoregulation in Crustacea. Comp. Biochem. Physiol. 21:653-678.
- Davis, T. J. 1987. Biología y Antecedentes del Cultivo del Cangrejo de Río, (Acocil). Fondepesca Extensionismo. FOEXT/A1/87:1-5.
- Díaz, F. y J. R. Latournerie. 1980. Factores Fisiológicos que afectan la supervivencia y el metabolismo energético de dos especies de penaeidos (Penaeus aztecus y Penaeus setiferus) de la Laguna de Mandinga, Veracruz. Tesis de Licenciatura en Biología. Fac. de Ciencias. UNAM. México. 38p.
- Dirección de Planeación. 1970. Carta de Climas. México 140-V; escala 1:500,000. Secretaría de la Presidencia. Instituto de Geografía UNAM. México.
- Du Preez, H. H. 1983. The effects of temperature Season and Activity on the Respiration of the three spot swimming Crab. Ovalipes punctatus. Comp. Biochem. Physiol. 75A(3):353-362.
- Duran, D. 1967. Historia de los indios de Nueva España. 5ª Edición. Editorial Porrúa. México. D.F. 72p.
- Edney, E. B. 1964. Acclimation to temperature in terrestrial isopods I. Lethal temperatures. Physiol. Zool. 37:364-377.
- Edwards, G. A. and Irving L. 1943. The influence of temperature and season upon the oxygen consumption of the sand crab Emerita talpoida Sav. J. Cell Comp. Physiol. 21:169-182.

- Fisher L. and E. Florey, 1981. Temperature effects on Neuromuscular Transmission (Opener Muscle of Crayfish, Astacus leptodactylus). J. exp. Biol. 94:251-268.
- Fry, F. E. J. 1947. Environmental effects on activity of fish. Publ. Ontario. Fish. Res. Lab. 68:1-52.
- Giattina, J. D. and R.R. Garton, 1982. Graphical Model of Thermoregulatory Behavior by Fishes with a new Measure of Eurythermality. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39:524-528.
- Gift, J. J. 1977. Application of temperature Preference Studies to Environmental Impact Assessment. J. Fish. Res. Board. Can. 34:746-749.
- Gladwell, R. T., Bowler K. and J. C. Duncan, 1976. Heat death in the crayfish Austropotamobius pallipes - ion movements and their effects on excitable tissue durin heat death. J. Therm. Biol. 1:79-94.
- Gondko, R., Michalak W. and B. Swierczynski, 1981. Comparison of the Hemolymph content of Protein and Cations (Ca, Mg, Na, K), clotting time and pH in three Crayfish species. Comp. Biochem. Physiol. 69A:637-640.
- Gross, W. J. 1955. Aspects of Osmotic Regulation in Crabs Showing the Terrestrial habitat. Am. Naturalist, 89:205-222.
- Harri, M. and Florey E. 1977. The Effects of Acclimation Temperature on a Neuromuscular System of the Crayfish, Astacus leptodactylus. J. exp. Biol. 78:281-293.
- Hassan, K. C. and J. R. Spotilla, 1976. The effects of acclimation on the temperature tolerance of young muskellunge fry. En Thermal Ecology II, G. W. Esch and McFarlane (eds). ERDA Symp. Ser. 40:36-140.
- Hlohowskij I. and Wissing T. E. 1985. Seasonal Changes in the Critical Thermal Maxima of Fantail (Etheostoma flabellare), greenside (Etheostoma blennioides) and rainbow (Etheostoma caeruleum) darters. Can. J. Zool. 63:1629-1633.
- Hobbs H. H. 1972. Biota of Freshwater Ecosystems. Identification Manual No. 9 Crayfishes (Astacidae) of North and Middle America. Environmental Protection Agency. 173p.
- Hobbs H. H. and E. T. Hayl. 1974. Water Pollution a series of Monographs. Acociles (Decapoda: Astacidae).
- Hochachka, W. P. 1971. Physiological and Biochemical Adaptation: An Introduction. Am. Zoologist, 11:81-82.
- Holland, W. E., Smith M. H., Gibbons J. W. and Brown D. H. 1973. Thermal Tolerances of Fish from a Reservoir Receiving Heated Effluent from a Nuclear Reactor. Physiol. Zool. 46:110-118.

- Hollschmit, M. K. 1988. Manual Técnico para el Cultivo y Engorda del Langostino Malayo. FONDEPESCA. 128p.
- Hopkins, S. R. and J. M. Dean. 1978. The Response of Developmental Stages of Fundulus to Acute Thermal Shock. in Verneberg, F. J. Physiological Ecology of Estuarine organisms. The Belle W. Baruch Library in Marine Science. No. 3 Univ. of South Carolina Press.
- Hubschman, J. 1975. Larval Development of the Freshwater Shrimp Palaemonetes kadiakensis Rathbun under Osmotic Stress. Physiological Zoology 67:78-89.
- Hunstman, A. G. 1924. Limiting Factors for Marine Animals. 2. Resistance of Larval Lobsters to Extremes to Temperature. Contr. Canad. Biol. N. S. 2:91-93.
- Hutchinson, V. H. 1961. Critical Thermal Maxima in Salamanders. Physiol. Zool. 34:92-125.
- Hutchinson, V. H. 1976. Factors Influencing Thermal Tolerance of Individual Organism. In Thermal Ecology II, G. W. Esch and R. W. McFarlane (Eds). ERDA Symp. Ser. 40:10-26.
- Jacobs, J. R. and H. L. 1981. Effects of thermal History on Long Term Neuromuscular Facilitation in Intact Crayfish and Isolated Claw Preparations. J. Comp. Physiol. 143:53-60.
- Jobling, M. 1981. Temperature Tolerance and the Final Preferendum Rapid Methods for the Assessment of Optimum Growth Temperatures. J. Fish. Biol. 19:439-455.
- Johnson, S. K. 1987. Calidad del Agua en el Cultivo del Cangrejo de Río (Acocil). FONDEPESCA. Extensionismo. FOEXT/A3.
- Juárez, J. G. y M. E. Pérez. 1989. Efectos de dos dietas sobre el Balance Energético de Postlarvas y Juveniles del Langostino Gigante Macrobrachium rosenbergii (De Man). Tesis de Licenciatura de Biología. Fac. Ciencias. UNAM. México.
- Kalber, F. A. 1970. Osmoregulation in Decapod Larvae as a Consideration in Culture Techniques. Helgoländer wiss. Meeresunters 20:697-706.
- Kamamoto, F. I. 1976. Neuroendocrinology of osmoregulation in Decapod Crustacea. Amer. Zool. 16:141-150.
- Kilgour, D. M., McCauley R. W. and Kwain, W. 1985. Modeling the Lethal Effects of High Temperature on Fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42:947-951.
- Kilgour, D. M. and McCauley R. W. 1986. Reconciling the two Methods of Measuring upper Lethal Temperatures in Fishes. Environmental Biology of Fishes 17(4):281-290.

- Kinne O. 1970. Temperature: Animals Invertebrates. in Kinne O. (Ed.) Marine Ecology, 1 Environmental Factors. P. T. L. Wiler Intersciencies London. p. 407-514.
- Kivivuori, L. 1980. Effects of Temperature and Temperature Acclimation on the motor and Neural Funtions in the Crayfish Astacus astacus (L.). Comp. Biochem. 65A:297-304.
- Kivivuori, L. 1982. Temperature de Acclimation of the Caudal Photoreceptor Response in the Crayfish Astacus astacus. Comp. Biochem. Physiol. 72A:17-21.
- Kivivuori, L. 1983. Temperature Acclimation of Walking in the Crayfish Astacus astacus. Comp. Biochem. Physiol. 75A: 513-515.
- Layne J. R., Claussen, D. L. and Manis M. L. 1987. Effects of Acclimation Temperature, Season, and Time od Day on the Critical Thermal Maxima and Minima of the Crayfish Orconectes rusticus. J. Therm. Biol. 12(3):183-187.
- Leinen, R. 1982. Sodium Regulation in a Freshwater Prawn I. Tissue Electrolyte Composition. Comp. Biochem. Physiol. 73A(2): 315-319.
- Leinen, R. 1982. Sodium Regulation in a Freshwater Prawn II. Sodium Fluxes. Comp. Biochem. Physiol. 73A(2):321-326.
- Lockwood, A. P. M. 1962. The Osmoregulation of Crustacea. Biol. Rev. 37:257-305.
- Lowe, C. M. and V. I. Vance. 1955. Acclimation of the Critical Thermal Maximum of the Reptil Urosaurus ornatus. Science 122: 73-74.
- Lowe, C. M. and W. E. Heath. 1969. Behavioral and Physiological responses to temperature in the desert pupfish Cyprinodon macularius. Physiol. Zool. 42:53-59.
- Mahoney, J. I. and V. H. Hutchison. 1969. Photoperiod acclimation and 24 hour variation in the critical thermal maxima of a tropical and temperature frog. Oecology 2:143-161.
- 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.
- Mantel, L. H. and Farmer L. L. 1983. Osmotic and Ionic Regulation. in The Biology of Crustacea, 5:53-144.
- Mathur, D., Schutsky R. M. and E. J. Purdy, Jr. 1982. Temperature Preference and Avoidance Responses of the Crayfish Orconectes obscurus and associated statistical Problems. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39:548-553.
- McCauley, R. W. 1977. Laboratory Methods, for Determining Temperatures Preference. J. Res. Board. Can., 34:749-752.

- McLeese, D. W., 1956. Effects of temperature, salinity and Oxygen on the Survival of the American Lobster. J. Fish. Res. Bd. Can., 13:247-272.
- Mirenda, R. J. 1975. Temperature Tolerance of the Crayfish Cambarus bartoni (Fabricius). M.A. Thesis Forest. Univ. 56p. W. S. North Can.
- Mobberly, W. C. Jr. 1965. Lethal effects of temperature on the crayfish Faxonella clypeata L. Acad. Sci. 28:45-51.
- Montgomery, D. C. 1984. Design and analysis of experiments 2nd ed. John Wiley & Sons, New York, USA. 538pp.
- Moore, W. G. 1955. Observations on heat death in the Fair-crested shrimp. Steptocephalus seali. Proc. Louisiana Acad. Sci. 18:5-12.
- Mosteller, F. and J. W. Tuckey. 1977. Data Analysis and Regression. Addison-Wesley Pub. Co., Reading, Massachusetts. 580p.
- Nelson, D. H. and D. K. Hooper. 1982. Thermal Tolerance and Preference of the Freshwater Shrimp Palaemonetes kadiakensis. J. Therm. Biol. 7:183-187.
- Prosser, C. L. 1950. Water and Inorganic Ions. in Comparative Animal Physiology. (C. L. Prosser, Ed), Saunders. Philadelphia, pp.6-102.
- Prosser, C. L. 1958. General Summary: The Nature of Physiological Adaptation. Amer. Physiol. Soc. Washington. pp. 234-287.
- 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. and M. E. Casterlin. 1979a. Behavioral Thermoregulation and the "Final Preferendum" Paradigm. Amer. Zool. 19:211-224.
- Reynolds, W. W. and M. E. Casterlin. 1979 b. Behavioral Thermoregulation in the spiny lobster Panulirus argus (Latreille). Hidrobiologia, 66(2):141-143.
- Reynolds, W. W. and M. E. Casterlin. 1979 c. Behavioral Thermoregulation and Activity in Homarus americanus. Comp. Biochem. Physiol. 64A:25-28.
- Reynolds, W. W. and M. E. Casterlin. 1979 d. Thermoregulation Behavior of the pink shrimp Penaeus duorarum Burkenroad. Hidrobiologia, 62(2):179-182.
- Roer, R. D. and M. G. Shelton. 1982. Effects of Hydrostatic Pressure on Na Transport in the Freshwater Crayfish, Procambarus clarkii. Comp. Biochem. Physiol. 71A:271-276.

- Rosas, C., Latournerie J., Sánchez, A. y Espina S. 1986. Respuestas Metabólicas de Sarotherodon mossambicus Medidas Experimentales en un Gradiente Térmico (Pisces: Cichlidae). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, 13(1):243-250.
- Sahagún, B. F. 1979. Historia General de las cosas de Nueva España. Decima Edición. Ed. Porrúa. México. 85p.
- Sánchez, A. Z. 1979. Efecto de la Salinidad y Temperatura sobre el Balance Hidrosalino de los Penaeidos de la Laguna de Mandinga, Veracruz. Tesis de Licenciatura en Biología. Fac. de Ciencias. UNAM. México, 31p.
- Sánchez, P. A. R. 1990. Elaboración y Evaluación de Dietas Balanceadas para el Desarrollo Postlarval del Langostino Malayo Macrobrachium rosenbergii (DE MAN). Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de ciencias. UNAM. México. 49p.
- Sastry, A. N. and S. L. Vargo. 1977. Variaciones in the Physiological Responses of Crustacean Larvae to Temperature, in Vernberg. Physiological Responses of Marine Biota to Pollutante. Academic Press. New York. 462p.
- Somero, G. N. and P. W. Hochachka. 1971. Biochemical Adaptation to the Environment. Am. Zool., 11:159-167.
- Somero, G. N. and P. W. Hochachka., 1976. Biochemical Adaptations to Temperature. in Newell, R. C. (Ed.) Adaptation to Environment. Butterworth London. p.125-190.
- Sommer, R. T. 1984. The Biological Response of the Crayfish Procambarus clarkii to Transplantation into California Ricefields. Aquaculture, 41:373-384.
- Spoor, A. W. 1955. Loss and Gain of Heat-Tolerance By the Crayfish. Biol. Bull., 108(1):77-87.
- Sprague, J. B. 1963. Resistance of four Freshwater Crustaceans to Lethal High Temperature and Low Oxygen. J. Fish. Res. Bd. Canada 20:387-415.
- Stephens, J. P. 1985. The Effects of Temperature and Acclimation on Crustacean Nerve-Muscle Physiology. Biol. Bull., 169:92-105.
- Tuckey, J. W. 1977. Exploratory Data Analysis. Reading. Massachusetts: Addison- Wesley Publishing Company.
- Umminger, L. B. 1978. Low Temperature Resistance Adaptations in the Killifish, Fundulus heteroclitus. in Vernberg, F. J. (Ed.) Physiological Ecology of Estuarine Organisms. The Belle W. Baruch Library in Marine Science. No.3 Univ. of South, Carolina Press.

- Vanegas, P. R. C. 1988. Preferendum Final de Temperatura y Tolerancia Térmica del Camarón Café *Panaeus aztecus*. Ives. Tesis de Licenciatura en Biología. Fac. Ciencias. UNAM. México, 51p.
- 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, p. 82-89.
- Vera, M. K. E. 1978. Acción del Extracto de Tallo ocular sobre la Respuesta Eléctrica a la Luz de los fotoreceptores visuales del acocil *Procambarus bouvieri* O. Tesis de Licenciatura en Biología. Fac. de Ciencias, UNAM., México, 49p.
- Vernberg, F. J. and R. E. Tashian. 1959. Studies on the Physiological Variation Between Tropical and Temperate zone Fiddler Crabs of the Genus *Uca*. I. Thermal death Limits. Ecology 40:589-593.
- Vernberg, F. J. 1981. Benthic Macrofauna. In F. J. Vernberg and W. B. Vernberg (Ed.) Funcional Adaptations of Marine Organisms. Acad. Press, Inc. N. Y. 346p.
- Vicon, P. J. 1978. Análisis del Ritmo circádico Motor del Acocil *Procambarus bouvieri* O. Tesis de Licenciatura en Biología, Fac. de Ciencias. UNAM, México. 62p.
- 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 México P.H.D. Thesis. National and Antonomus Univ. of Mexico. Smithsonian, Inst. & Nat. Sci. Washington, D.C.
- Waterman, H. T. 1960. Metabolism and Growth. Vol. I (Ed.) Academic. Press. New York. San Francisco, London.
- Whiteside, B. G. and M. R. McNatt. 1972., Fish Species Diversity in relation to Stream Order and Physiochemical Conditions in the Plum Creek Drainage Basin. Am. Middle. Nat 88:90-101.
- Wiesepape, L. M., D. V. Aldrich and K. Strawn. 1972. Effects of Temperature and Salinity on the Thermal Death in Postlarval Brown Shrimp *Panaeus aztecus*. I. Physiol. Zool., 45(1):22-23.
- Wong, T. M. and Freeman, R. F. H. 1976a. Haemolymph concentrations of two species of New Zealand Freshwater Crayfish in relation to the concentrations of their external media. Comp. Bioche. Physiol., 55A:13-16.
- Zar, J. H. 1974. Bioestadistical Analysis. Prentice Hall, Inc. National. Toronto. 619p.