

297



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ALTERACIONES PRODUCIDAS POR EL DETERGENTE EN LAS RESPUESTAS FISIOLÓGICAS Y DE COMPORTAMIENTO EN LA CARPA HERBÍVORA Ctenopharyngodon idella EN RELACION CON LA TEMPERATURA.

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L Ó G O

P R E S E N T A :

GUILLERMINA ALCARAZ ZUBELDIA

1989



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.

INTRODUCCION

Actualmente la piscicultura nacional se basa fundamentalmente en el manejo de especies alóctonas, como es el caso de las carpas y tilapias (Arredondo y Juárez, 1986). Por lo tanto la ciprinicultura desempeña un papel relevante en las actividades acuaculturales de nuestro país.

Según Ramírez *et al.* (1987) el 78% de la superficie de los cuerpos de agua epicontinentales del territorio nacional, reúnen las características adecuadas para impulsar el cultivo de la carpa, sobre todo en la Meseta Central de México donde éstas son bien aceptadas como alimento en el medio rural. Arredondo y Juárez (*op. cit.*) reportan que en los últimos años el cultivo de carpa a nivel nacional ha experimentado un acelerado desarrollo basado en el manejo de especies exóticas como *Cyprinus carpio* y las carpas chinas.

Entre estas últimas se encuentra la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) originaria del río Amur, situado entre la frontera de la U.R.S.S. y China continental, desde donde se ha distribuido a muchas y muy variadas localidades (Arredondo y Juárez, *op. cit.*).

Esta carpa se introdujo en México en 1965. Es un ciprínido de la subfamilia Leuciscinae que habita en medios lóticos aunque se adapta a medios lénticos de casi todos los climas, aguas neutras o alcalinas y a diferentes tipos de fondo. Según Rosas (1976) es el único pez herbívoro estricto de la fauna lacustre.

Debido a sus hábitos alimenticios casi exclusivamente herbívoros (Mickling, 1966; Rosas, 1976; Lazon, 1980) *C. idella* ha sido introducida en muchas partes del mundo (Asia

Europa y América) en donde se emplea como alimento y como control biológico de malezas acuáticas (Fowler y Robson, 1978; Bettoli et al., 1985). Hickling (1966), menciona que son pocas las especies de peces que se alimentan de macrofitas como es el caso de la carpa herbívora, de ahí su importancia en el control biológico. Esta carpa no se reproduce de manera natural en nuestro país, pero debido a que ya se ha dominado la tecnología de su reproducción en varios centros acuícolas nacionales, éstos se han encargado de dispersarla en muchos cuerpos de agua, entre los que se destacan las cuencas Lerma-Chapala-Santiago, la del Balsas y Pánuco en la Meseta Central (Arredondo y Juárez, 1986).

Las carpas como todos los organismos acuáticos están expuestas a variaciones tanto diurnas como estacionales de los factores del medio. Entre éstos, la temperatura se contempla como uno de los más importantes ya que altera las propiedades físico-químicas de los componentes de los sistemas vivos.

Las respuestas de los organismos a la temperatura pueden variar en los individuos de la misma especie. Dichas respuestas dependen de varios factores entre los que se pueden citar la luz y la salinidad (Giattina y Carton, 1982); las variaciones genéticas de la población, como lo reportan Holand et al. (1974) para *Lepomis macrochirus*; el estado fisiológico de los organismos; la calidad del agua (McCauley, 1977) y los diferentes regímenes de aclimatación a la temperatura.

Reynolds y Casterlin (1979) se refieren a la aclimatación térmica como una modificación en la fisiología y conducta del organismo producida por una temperatura constante mantenida por un cierto tiempo en condiciones de

laboratorio. Al respecto Hoar *et. al.* (1986) observaron un incremento en la velocidad de natación de la carpa común *Cyprinus carpio* aclimatada a altas temperaturas; esto lo atribuyen a la capacidad de adaptación de la ATPasa miofibrilar a los cambios de temperatura, responsable de la velocidad de acortamiento de los músculos laterales del pez.

Ahora bien, tanto en la naturaleza como en el laboratorio se ha observado que los peces tienden a agruparse en ciertas temperaturas, lo cual es reflejo de la capacidad que poseen para percibir y seleccionar un cierto intervalo térmico. Fry (1947) definió la temperatura preferida como "la región en un intervalo infinito de temperatura en la cual una población determinada se congregará con cierta precisión".

Además los peces tienen la capacidad de compensar las variaciones de la temperatura. En un cierto intervalo del factor, el animal no resultará muerto ni dañado; este intervalo se denomina zona de tolerancia. En dicha zona la temperatura no será la causa directa de muerte, siempre que el pez no exceda ciertos límites. Fuera de estos, la sobrevivencia dependerá directamente del tiempo de exposición a las altas o bajas temperaturas. Tales intervalos constituyen la zona de resistencia (Hoar, 1978; Reynolds y Casterlin, 1979).

El límite superior de la zona de resistencia está representado por la temperatura crítica máxima (TCM). Esta medida de la resistencia al calor ha sido definida por muchos autores. Al parecer, la definición de Cox (1974) es la más aceptada: "La temperatura crítica máxima es la media aritmética de los puntos térmicos colectivos a la cual la actividad locomotora se desorganiza y el animal pierde la habilidad para escapar de las condiciones que rápidamente lo

conducirán a la muerte cuando la temperatura del medio se eleve, desde una temperatura de aclimatación previa, a una tasa constante suficientemente rápida que permita que la temperatura corporal profunda siga la temperatura ambiental sin un retraso significativo".

El límite superior de la zona de tolerancia se representa por el límite letal incipiente superior (LLIsup) de las especies, a las altas temperaturas; teóricamente identifica a las temperaturas a las cuales el 50% de la población podría sobrevivir indefinidamente (Jobling, 1981). Tanto la TCM como el LLIsup son influidos por la historia térmica o aclimatación de los especímenes.

Varios autores (Hutchinson, 1961; Hassan y Spotilla, 1976; Paladino, et al., 1980) han demostrado que si los animales son colocados inmediatamente en la temperatura de aclimatación al alcanzarse la TCM estos pueden recuperarse y seguir viviendo. Acorde a la definición se considera como punto final de la TCM, a la temperatura en la cual ocurre la respuesta de desorganización física; ésta se ha identificado con la pérdida del equilibrio (PE), es decir la pérdida de la habilidad para permanecer en posición dorso-ventral vertical, precedida por actividad violenta, espasmos musculares u otro comportamiento indicativo de estrés severo. En este contexto se entiende por estrés la pérdida del estado estable fisiológico.

Una vez que se sobrepasa la TCM y se continúa el calentamiento del agua, los peces muestran disminución del movimiento opercular, colapso de la tensión muscular y finalmente sobreviene la muerte (Becker y Genoway, 1979; Prosser y Nelson, 1981).

Aunque no es válido estudiar las condiciones mínimas

del medio que permitan la sobrevivencia de las especies con objeto de introducirlas en ambientes alterados, en algunos casos es necesario hacerlo para poder utilizar aquellos habitats que han sido modificados por diversos factores. Entre estos se encuentran la elevación desmedida de la temperatura del agua y la presencia de contaminantes. Es en este contexto que las respuestas a la temperatura como la TCM representan indices útiles para evaluar la resistencia térmica de los organismos acuáticos estresados. Como lo destacan Becker y Genoway (1979), la determinación de la TCM permite la detección de estresores en niveles subletales al comparar las respuestas térmicas de animales expuestos a tales ambientes con la de individuos normales. Lo mismo es válido para las respuestas de comportamiento.

Las temperaturas extremas provocadas artificialmente son un fenómeno causado principalmente por el establecimiento de centrales termoelectricas y nucleares que vierten aguas calientes al medio lo cual provoca una elevación de la temperatura del agua. Giattina y Garton (1982) señalan que estos cambios en la temperatura del medio pueden también ser efecto de la deforestación.

Las temperaturas extremas constituyen un tipo de estrés ya que afectan entre otras, la tasa metabólica de los organismos incrementando la demanda de oxígeno; la respuesta inmunológica y la reproducción; aumentan la toxicidad de los contaminantes; promueven el desarrollo de microorganismos y parásitos y disminuyen la cantidad de oxígeno disuelto en el agua (Sniezko, 1974).

Por otra parte, una gran cantidad de cuerpos de agua se encuentran alterados por la presencia de contaminantes entre los cuales se destacan los detergentes; agentes químicos cuya molécula está constituida por un surfactante o

principio activo y por compuestos complementarios (coadyuvantes, reforzadores, sequestradores, cargas y aditivos). Los surfactantes contienen un grupo afín a las superficies netamente polares lo cual induce la solubilización de éstos en el agua y un grupo afín a las superficies no polares. Esta estructura le permite disminuir la tensión superficial del agua.

Por el grupo polar hidrofílico que contienen los principios activos de los detergentes, éstos pueden ser aniónicos, catiónicos, no iónicos o anfólitos. Los detergentes aniónicos son los más utilizados para la limpieza además de ser los más difundidos; entre éstos se encuentran los alquil-aril sulfonatos, derivados del petróleo (Rodier, 1981).

Los detergentes son conducidos por las redes de alcantarillado de las zonas urbanas o industriales a un cuerpo de agua receptor o a una estación de depuración. En ésta el agua es tratada por procedimientos biológicos o fisico-químicos para evitar la contaminación. Sin embargo no son completamente eliminados y aunque rara vez se encuentran en concentraciones letales para los organismos acuáticos las concentraciones en las que se presentan en las aguas continentales (concentraciones subletales) causan graves alteraciones en la etología y fisiología de los organismos (Manahan, 1984).

Los surfactantes reducen el coeficiente de transferencia de oxígeno reduciendo la solubilidad de este gas en el agua (Tuffery, 1979) y disminuyen la tensión superficial del agua lo cual altera el funcionamiento de las branquias de los peces (Leynaud, 1979). En el caso de C. idella Rosas et al. (1988) mostraron que concentraciones subletales de detergente aumentaban la permeabilidad

branquial al sodio. Varios autores reportan que la presencia de detergentes en el medio, además de provocar asfixia en los animales, altera el arreglo de las laminillas branquiales (Schmid y Mann, 1961; Ganz *et al.*, 1975; Abel y Skidmore, 1974).

Por otra parte Sprague (1971) señala que para determinar el efecto de los contaminantes sobre los organismos se han utilizado como patrones de comparación diversas respuestas de estos. Entre las respuestas más comunmente usadas se encuentra el crecimiento, el cual es un proceso muy sensible tanto a la reducción de oxígeno en el medio como a la presencia de contaminantes. El crecimiento es un criterio importante para medir el éxito de una población de peces en la naturaleza.

Al respecto, Espina *et al.* (1986) reportaron una disminución del campo de crecimiento de los juveniles de *C. idella* expuestos a concentraciones subletales de un detergente comercial (principio activo: alquil-aril sulfonato de sodio).

Admismo, existen evidencias que los detergentes alteran el comportamiento de los peces al producir daño en el sistema nervioso central (Bardach, *et al.*, 1965). Así, tanto las altas temperaturas como la presencia de detergentes en el medio son causa de estrés en los organismos, lo cual repercute directamente en la fisiología y conducta de estos.

Holand *et al.* (1974) señalaron que las temperaturas extremas y la contaminación doméstica son factores capaces de provocar la selección direccional de las poblaciones, pero si ambos factores se presentan conjuntamente la probabilidad de extinción de estas se incrementará

considerablemente.

Debido a la gran cantidad de termoelectricas localizadas en nuestro pais, no es dificil encontrar cuerpos de agua en los que se presenten combinaciones de altas temperaturas y concentraciones subletales de detergente provenientes de los centros urbanos asociados. Asi, si se desea aprovechar estos sitios alterados mediante la explotacion de especies de importancia economica, es necesario conocer tanto sus caracteristicas biologicas como su tolerancia a los factores a los que se veran expuestas.

Las carpas podrian llegar a cumplir un papel importante en nuestro pais como fuente de proteina animal en el medio rural. Ademas son especies caracterizadas por su facil manejo, bajo costo de produccion, rapido crecimiento y de gran adaptabilidad a condiciones desfavorables. Estas caracteristicas les permiten vivir en donde otras especies no podrian desarrollarse, por lo que se reitera la importancia de realizar estudios tendientes a profundizar el conocimiento que se tiene sobre la fisiologia y el comportamiento de estas especies.

Considerando lo anterior, se establecieron los siguientes objetivos con el proposito de cuantificar el estres producido por un detergente comercial, en concentraciones subletales sobre juveniles de *Ctenopharyngodon idella*:

- a. medir la preferencia termica,
- b. determinar las respuestas de resistencia a las altas temperaturas,
- c. cuantificar el crecimiento real y
- d. establecer comparaciones con individuos normales.

MATERIALES Y METODOS

Para la realización del presente trabajo se utilizaron 160 juveniles de la carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella* procedentes del Centro Acuícola de Zacapu, ubicado en la porción centro norte del estado de Michoacán.

Las carpas se capturaron en los estanques del Centro y se colocaron en recipientes con agua del medio donde permanecieron dos horas, previas al transporte. Para trasladarlas al laboratorio se transfirieron a bolsas de polietileno con atmósfera saturada de oxígeno y selladas para evitar la pérdida del gas. Las bolsas se colocaron en hielo para asegurar un mayor porcentaje de sobrevivencia durante el transporte.

En el laboratorio, se utilizaron cuatro acuarios con capacidad de 40 litros donde se colocaron 40 animales con agua desclorada, aireación constante y temperatura de $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Una vez colocados en los acuarios, se sometieron a un tratamiento con verde de malaquita (1:15000, durante 2 minutos) con el fin de evitar el desarrollo de infecciones por hongos (Armijo et al., 1982).

A los animales se les proporcionó una dieta de alimento balanceado y alfalfa en proporción 75:25 en ración correspondiente al 4% del peso corporal.

El fotoperíodo se fijó en 12 horas de luz y 12 de oscuridad durante todo el lapso que duró el experimento.

En seguida se inició la fase de aclimatación a la temperatura para lo cual se elevó ésta a razón de un grado diario hasta alcanzar la temperatura óptima de crecimiento en los juveniles de *C. idella* de $29 \pm 1^{\circ}\text{C}$ (Chimal, 1988). Esta fase duró aproximadamente seis días. Los peces se mantuvieron en dicha temperatura durante un periodo de tres semanas.

Al concluir el periodo de aclimatación, se sometió a los organismos de los diferentes acuarios a las condiciones experimentales. Este periodo tuvo una duración aproximada de 21 a 25 días, durante los cuales 120 carpas fueron expuestas a diferentes concentraciones subletales de un detergente comercial que contiene 41.9% de alquil-aril sulfonato de sodio. Dichas concentraciones del principio activo fueron 5.0, 8.0 y 12.6 mg/L (Espina et al., 1986). Las concentraciones de detergente se referirán siempre a las concentraciones del principio activo del mismo.

Se colocaron 40 organismos en cada concentración y se consideró un acuario más, con 40 organismos, como testigo que se mantuvo durante todo el periodo experimental sin ningún tipo de contaminante. Todos los especímenes se pesaron al inicio y final de esta etapa.

Tres horas después de alimentar a los animales se practicó diariamente un recambio de agua correspondiente a dos tercios del volumen total de los acuarios; este

procedimiento se llevó a cabo tanto durante la fase de aclimatación como en el periodo experimental.

con el fin de conocer el efecto del detergente sobre la selección de temperatura de los juveniles de *C. idella*, aclimatados a $29 \pm 1^{\circ}\text{C}$, se expusieron a un gradiente del factor por el mismo lapso (3 h) y a la misma hora del día que los peces testigo.

Se empleó un gradiente de temperatura de tipo horizontal establecido en un tubo de 2.40 m de largo por 0.20 m de diámetro. La parte superior del mismo se encontraba abierta y dividida en 10 segmentos de igual longitud; esto permitió determinar la posición de los peces durante el tiempo de duración del experimento. El tubo de prueba se llenó con 30 litros de agua desclorada y en cada uno de los segmentos se colocaron afreadores.

En los extremos del tubo se separaron dos compartimentos con una malla que impidió la entrada de los animales. En uno de ellos se colocó una resistencia de 500 watts que elevó la temperatura del agua hasta 38°C . En el otro se colocó un serpentín de cobre recubierto con pintura epóxica conectado a un termoregulador (Forma Scientific $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$) ajustado a 4°C . De esta manera se logró que la temperatura del agua en este extremo se abatiera a 19°C . Así, a lo largo del tubo se formó un gradiente de temperatura entre 19 y 38°C . La exposición de los peces al gradiente térmico se realizó entre las 7:00 y las 14:00 horas.

Para determinar la preferencia térmica se expusieron cinco peces (con previo periodo de 24 horas de ayuno) al gradiente térmico en la parte donde se registró la temperatura a la cual estaban aclimatados ($29 \pm 1^{\circ}\text{C}$).

Antes de comenzar el registro de los datos, las carpas permanecieron por 140 minutos en el gradiente con objeto de disminuir el estrés producido por la manipulación. Después de haber transcurrido este periodo, se determinó la posición de los organismos en los diferentes compartimentos, cada 10 minutos durante un lapso de tres horas. En cada observación se registró la temperatura de los segmentos donde se encontraban los peces. Para cada condición experimental se realizaron cuatro repeticiones con cinco organismos cada una.

Como parámetro para determinar la resistencia térmica de los juveniles de *C. idella* expuestos al detergente se utilizó la temperatura crítica máxima (TCM). En esta fase experimental, 10 animales provenientes de cada concentración del contaminante se mantuvieron en ayuno por 24 horas y se midió la respuesta al estrés térmico para lo cual se calentó un baño a 29°C con ayuda de una resistencia de 500 watts. Dentro de este se colocó un matraz erlenmeyer con capacidad de un litro que contenía 500 ml de agua desclorada y un aireador a través del cual, las burbujas de aire comprimido permitieron mantener la concentración de oxígeno adecuada y evitar la estratificación térmica. Cuando el agua del matraz alcanzó la temperatura del baño (29°C) se introdujeron dos carpas, las cuales permanecieron allí 20 minutos antes de iniciar el experimento. Este lapso se estimó conveniente para reducir el estrés producido por manipulación. En seguida, se incrementó la temperatura del baño y en consecuencia la del agua del matraz a una tasa de 1°C por minuto. La temperatura del agua y el baño también se mantuvo en forma uniforme con aire comprimido. Se observaron particularmente, las respuestas características de estrés tales como la pérdida de equilibrio, la aparición de

espasmos y la muerte de los animales. Se consideró muerto un animal cuando cesó el batido opercular y no respondió a estímulos mecánicos.

La tasa de incremento de peso por día de los especímenes para cada una de las condiciones experimentales y para los del grupo testigo se determinó pesando los animales en balanza de plato (OHAUS, $\pm 0.01g$) al inicio y al final de los experimentos. Dicha tasa se calculó considerando 21 días y se expresó en miligramos por día.

También se realizó el análisis físico-químico del agua en las diferentes condiciones experimentales y en el grupo testigo. Como parte de este análisis se midió el pH con un potenciómetro (Corning, ± 0.01); la temperatura con un termómetro Brannan ($\pm 0.1^{\circ}C$); la concentración de oxígeno disuelto con un oxímetro YSI 54 mod ARC (± 0.1 mg O_2/L); la dureza y la alcalinidad se determinaron por las técnicas proporcionadas por APHA (1985) y se expresaron como mg de $CaCO_3/L$.

Los resultados se procesaron mediante el Análisis Exploratorio de Datos (EDA; Tuckey, 1977). Se estimó la mediana (M) como medida de tendencia central resistente. También se empleó la técnica de suavización (4253H) utilizando el programa de cómputo de Velleman y Hoaglin (1981). Con los datos de M suavizados se construyeron las cajas en paralelo (Tuckey, 1977). Los elementos para la conformación de las cajas en paralelo se obtuvieron del diagrama de letras proporcionado por el programa de cómputo mencionado.

Estos elementos representan el 100% de los datos obtenidos; 50% quedan comprendidos en el interior de la caja entre el cuartil inferior (H_1) y el superior (H_3). El otro

50% se reparte entre las cotas inferior (Ci) y superior (Cs). El intervalo de confianza (IC) de la mediana al 95% se calculó a partir de la ecuación:

$$IC = M \pm 1.58 \left(\Delta H / \sqrt{N} \right)$$

donde 1.58 es una constante, ΔH es la diferencia entre H_s y H_i y \sqrt{N} es el valor cuadrático del número de datos.

Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas cuando los intervalos de confianza de las medianas no presentaron traslape. El nivel de confianza considerado fue de $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS

El análisis del agua de los acuarios experimentales y testigo, demostró que la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto presentaron pequeñas variaciones durante los 21 días que duraron los experimentos. La temperatura se mantuvo entre 28 y 30°C; el pH entre 8.4 y 8.7 y la concentración de oxígeno en el medio entre 5.1 y 5.8 mg/L. En contraste, tanto la alcalinidad como la dureza (mg CaCO₃/L), aumentaron en el agua de los acuarios con detergente de 187.7 a 220.0 mg/L y de 70.1 a 80.1 mg/L, respectivamente. Estos últimos valores fueron estadísticamente distintos de los del acuario testigo, en el que la dureza fue 180.0 y la alcalinidad de 36.5 mg CaCO₃/L (P < 0.05).

Tanto durante el periodo de aclimatación a las condiciones de laboratorio como durante el lapso experimental se registró el 100% de sobrevivencia.

Después que los juveniles de *C. idella* permanecieron por 21 días en detergente y a 29°C se expusieron a un gradiente horizontal de temperatura durante tres horas. Los datos obtenidos de la preferencia térmica se presentan en la Tabla 1 y figura 1. Como se puede apreciar la variación en los valores medianos (M) de la selección de temperatura de los peces sometidos al detergente con respecto a los peces del grupo testigo, no fue mayor de 1.5°C.

La selección de temperatura de los organismos expuestos a 5.0 y 12.6 mg/L de detergente (31 y 31.5°C respectivamente) fueron significativamente mayores que las

obtenidas en 8.0 mg/L de detergente y en el grupo testigo ($P < 0.05$). Aún cuando no se observaron diferencias significativas entre los peces del grupo testigo y los colocados en 8.0 mg/L de detergente ($P > 0.05$), la dispersión de los valores de estos últimos puede ser indicativo de la desorientación térmica de los animales. Este mismo efecto puede ser observado en la amplitud de las cotas obtenidas en 5.0 mg/L del detergente. En el caso de los peces expuestos a 12.6 mg/L se observó una agregación más estrecha en torno a la temperatura seleccionada de 31.5°C (Tabla 1).

Con respecto al cambio de peso se puede observar que el peso vivo inicial fue similar en todas las condiciones experimentales ($P > 0.05$); en contraste se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el peso final de los especímenes después de 21 días de estar expuestos al contaminante (Tabla 2; figura 2A). Los resultados indican una disminución de la tasa de crecimiento a medida que aumenta la concentración de detergente desde 24 mg/día para el grupo testigo a 13.8 mg/día para 5.0 mg/L y 7.9 y 6.3 para 8.0 y 12.6 mg/L, respectivamente. Así, el detergente produjo una disminución del peso de 42.5% en 5.0 mg/L en comparación con el testigo; de 67% en 8.0 mg/L y de 65% en 12.6 mg/L. En el transcurso de los 21 días los peces del grupo testigo aumentaron su peso corporal en 45% mientras que en los animales de los grupos experimentales dicho porcentaje fue de 13 a 17%. En la figura 2 se muestra el contraste entre la preferencia a la temperatura y la tasa de incremento de peso en cada una de las condiciones experimentales. Se puede apreciar que a medida que aumenta ligeramente la temperatura seleccionada, la tasa de cambio de peso declina en forma brusca en un primer momento y luego paulatinamente.

El efecto de las diferentes concentraciones del contaminante sobre las respuestas al estrés térmico de los juveniles de la carpas herbívora se muestran en la Tabla 3 y figura 3. Se observó un aumento significativo ($P < 0.05$) de la TCM de los peces expuestos a 8.0 y 8.0 mg/L de detergente (41.7 y 40.82°C) con respecto a los del grupo testigo (39.47°C) aunque no difieren entre sí ($P < 0.05$). En 12.6 mg/L se observó una ligera disminución de la TCM (40.0°C), con respecto a las concentraciones menores; este valor no presentó diferencias significativas con el obtenido en las carpas del grupo testigo ($P > 0.05$).

A las concentraciones de 8.0 y 12.6 mg/L los animales no presentaron diferencias significativas en la temperatura en la que se manifestaron los espasmos con respecto a los testigos. En 8.0 mg/L dicha temperatura fue diferente de la de los testigos y de las otras dos concentraciones de detergente.

Las temperaturas que provocaron los espasmos en las carpas fueron estadísticamente distintas de las TCM registradas ($P < 0.05$) excepto en la concentración de 8.0 mg/L ($P < 0.05$). Esto indica que en este caso ocurrió una sucesión inmediata de los espasmos después de la pérdida de equilibrio (TCM) como se visualiza en la figura 3.

En referencia a la temperatura letal no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los grupos de peces expuestos a las concentraciones más altas del detergente, ni entre estos y el grupo testigo. En cambio la temperatura a la que ocurrió la muerte de los peces expuestos a 8.0 mg/L fue mayor que la de los testigos ($P < 0.05$). La secuencia de eventos, espasmos y muerte,

también fue diferentemente significativa, en todas las condiciones experimentales ($P < 0,05$).

Al observar la relación entre la TCM y las concentraciones del detergente (Fig. 4), se puede notar que en los peces expuestos a concentraciones de 5.0 mg/L el límite de resistencia térmica se incrementó con respecto al del grupo testigo; sin embargo, al aumentar la cantidad de detergente en el medio, la TCM disminuyó con una tasa constante.

Es necesario destacar que los parámetros de las ecuaciones que describen las relaciones entre las variables

a. Temperatura seleccionada vs concentración de detergente (Fig. 2):

$$Y = 29.6 + 0.125 X$$

b. Temperatura crítica máxima vs concentración de detergente (Fig. 4):

$$Y = 42 - 0.45 X$$

donde Y representa la variable fisiológica y X la variable egresora (a y b), se ajustaron por inspección visual, es decir, de las propias gráficas. Esto fue necesario debido al escaso número de puntos correspondientes a tres concentraciones diferentes del contaminante, más el grupo testigo. Por otra parte, la distribución de los datos de las respuestas no correspondió a la normal, requisito para un ajuste por mínimos cuadrados. En esta situación se podría haber intentado utilizar la regresión resistente (Mosteller y Tuckey, 1977), pero este ajuste requiere un número mucho mayor de puntos diferentes correspondientes a la variable regresora. En todo caso, la tendencia de las relaciones fue evidente.

DISCUSION

Los organismos acuáticos poseen mecanismos que les permiten adecuarse a un ambiente permanentemente cambiante. Las respuestas fisiológicas y de comportamiento con base en estos mecanismos controlados por el sistema nervioso central, los capacitan para enfrentar las fluctuaciones de los factores ambientales que como la temperatura, son características del medio.

Los peces de las zonas tropicales y subtropicales pueden tolerar los cambios de temperatura, dentro de intervalos amplios, sin daño evidente y si éstos llegan a ser extremos, tienen la habilidad para desplazarse hacia ambientes que les sean más favorables. La capacidad de tolerancia, resistencia y selección de temperatura, propias de estos organismos, puede ser alterada por la presencia de sustancias tóxicas en concentraciones subletales o de otros contaminantes que perturban sus funciones naturales.

En este trabajo se midieron las respuestas a la temperatura de los juveniles de la carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella* expuestas a concentraciones subletales de detergente cuyo principio activo es el alquil-aril sulfonato de sodio. Durante los 21 días de exposición de los peces al contaminante se obtuvo un 100% de sobrevivencia, lo cual concuerda con los resultados reportados por Espina *et al.* (1966).

Se eligió la preferencia térmica como un indicador que revelara la magnitud del estrés producido por el detergente. Esto se basa en la información existente que ha llevado a concluir que la selección de la temperatura tiene valor de

sobrevivencia debido a que los peces se pueden mover hacia lugares cuyas características térmicas les permiten la expresión máxima de su actividad (Brett, 1956, 1971; Crawshaw, 1975; Kellog y Gift, 1983). En tales casos la presencia de contaminantes en el medio producen alteraciones en la manifestación de tal actividad.

La temperatura a la cual se llevaron a cabo los experimentos ($29 \pm 1^{\circ}\text{C}$) correspondió al *Preferendum* final de temperatura que Chimal (1988) determinó en nuestro laboratorio por el método agudo. Una vez conocida esta temperatura se prosiguió con la fase siguiente, es decir, con la exposición de los peces al detergente por 21 días al cabo de los cuales se procedió a determinar las temperaturas preferidas y se compararon los resultados de los diferentes grupos experimentales con los del grupo testigo.

La aclimatación de las carpas a la temperatura indicada extendió el intervalo de tolerancia de los especímenes ya que la mediana de la temperatura seleccionada del grupo testigo fue de $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$, la cual es 4.7°C más alta que la reportada para la carpa hervidora por Bettoli, et al. (1985).

La presencia del detergente modificó la respuesta ya que tanto los peces expuestos a la concentración más baja (5.0 mg/L) como la más alta ensayada, de 12.6 mg/L , seleccionaron temperaturas significativamente mayores (15°C). Tales modificaciones también han sido reportadas para los salmonidos (*Salmo salar*) expuestos a bajas concentraciones de pesticidas (Olgvie y Anderson, 1975).

El hecho que un organismo pierda la capacidad de seleccionar un cierto intervalo de temperatura, dentro del cual sus funciones se manifiestan más eficientemente, se ha

Interpretado como desorientación térmica. Esta desorientación se atribuye al daño producido en las terminaciones nerviosas termosensibles del pez (receptores periféricos) y en el control de la selección de temperatura a nivel neural (Prosser y Nelson, 1981).

En los juveniles de la carpa herbívora la tendencia general de la desorientación se manifestó hacia la preferencia de temperaturas más altas a medida que aumentaba la concentración de detergente en el medio (Fig. 2B), como se puede comprobar en la regresión entre la temperatura preferida y la concentración del principio activo del detergente.

Es evidente que la pérdida de la capacidad de orientación térmica traería consecuencias adversas para la especie en el medio natural ya que además del deterioro fisiológico de los organismos, se alterarían las relaciones de éstos con su entorno como en las interacciones depredador-presa (Prosser y Nelson *op. cit.*); dichos autores también reportan que en temperaturas altas, los peces pierden el "apetito". Así, en la carpa herbívora se ha observado que a temperaturas mayores de 32°C los especímenes no ingieren ningún tipo de alimento (Lazos, 1980).

Cabe recordar que el calentamiento de las aguas puede ocurrir por procesos naturales y también debido a la presencia de termoeléctricas y plantas nucleares; que al descargar aguas a altas temperaturas provocan una disminución del contenido de oxígeno del cuerpo de agua receptor (Tuffery, 1979). Por otra parte los detergentes también producen disminución del oxígeno disuelto alterando la tasa metabólica de los peces lo cual se traduce en una mayor demanda de oxígeno (Sniezko, 1974). En

consecuencia, en un ambiente alterado por la combinación de altas temperaturas y presencia de detergente, habría una disminución del oxígeno disponible no siendo este suficiente para satisfacer en forma óptima las demandas metabólicas de los peces.

Ahora bien, en los juveniles de la carpa herbívora se ha comprobado la alteración provocada por el detergente no sólo sobre la tasa de ingestión del alimento y la tasa metabólica, sino que también sobre las tasas de producción de heces y de excreción (Espina, et al., 1986).

Los autores de ese trabajo compararon el campo de crecimiento de peces normales con el de las carpas expuestas a las mismas concentraciones del detergente utilizado en este trabajo (alquil-aril sulfonato de sodio) y encontraron que dicho parametro disminuía al aumentar la concentración del producto en el medio, aunque la energía del alimento asimilado había aumentado en la misma relación. De esta forma se pudo cuantificar el estrés producido por el contaminante.

En el presente estudio los resultados obtenidos con respecto al crecimiento real de las carpas, expresado como cambios en el peso corporal, concuerda con lo comunicado por dichos autores. Se comprobó que la presencia del detergente produjo una disminución notoria de la tasa de crecimiento de *C. idella*, con reducciones de 36.9% y 65.3% con respecto a la tasa de crecimiento de los peces testigo.

El campo de crecimiento es una respuesta fisiológica compleja de los organismos que es útil como índice de estrés (Espina, et al., 1986). La preferencia a la temperatura cumple la misma función en cuanto al comportamiento termoregulador, por lo tanto, otro índice de estrés lo

constituyen las respuestas fisiológicas de las carpas a la temperatura. Varios autores han mencionado los múltiples usos que tiene tales mediciones. Así, Becker y Genoway (1979) establecen su aplicación en la comparación de la resistencia térmica de los poiquilotermos acuáticos estresados. Asimismo, señalan la utilidad de la determinación de la TCM para comparar las respuestas a las temperaturas altas y bajas "de peces expuestos a varios desechos industriales, pesticidas, enfermedades, valores extremos de pH y otros estresores sospechosos de ser subletales". En el mismo sentido Paladino et al. (1980) indican para peces "que la TCM, prueba de la tolerancia térmica, es un modelo útil como indicador de estrés y de adaptación".

Existen controversias respecto a la identificación del punto final de la TCM. Para algunos autores la TCM es marcada por el inicio de espasmos musculares seguidos de la pérdida de equilibrio debido a lo cual el pez ya no puede nadar en posición vertical normal (Paladino, et al., 1980; Bonin, 1981). Para otros, la pérdida de la coordinación muscular ocurre primero y se refleja en la pérdida de equilibrio, seguido eventualmente por espasmos musculares; al continuar aumentando la temperatura, sobreviene la muerte (Lee y Rinne, 1980; Prosser y Nelson, 1981). También se ha considerado el punto de muerte como la temperatura que representa la TCM (Bettoli, et al., 1985).

Los juveniles de *C. idella* mostraron la misma secuencia de respuestas de estrés térmico indicada por Lee y Rinne (1980) y Prosser y Nelson (1981). En consecuencia se estimó la TCM como pérdida de equilibrio. Posiblemente los resultados diferentes que sustentan la controversias se pueden atribuir a diferencias específicas, a la edad y tamaño de los peces en estudio y a las características del

medio.

En los juveniles de *C. idella* expuestos al detergente se encontró que a medida que aumenta la concentración, la TCM disminuye paulatinamente, con una tasa de cambio de 0.154, equivalente a la pendiente de la recta de regresión presentada en la figura 4. El valor porcentual del cambio respecto a los peces del grupo testigo fue de 1.7% en la mayor concentración y de 4.6% en la concentración menor ensayada. Esto significa que la acción del detergente podría por un lado aumentar ligeramente el límite de la resistencia térmica de las carpas o retardar la pérdida de equilibrio de éstas y así hacer que la TCM se observara en una temperatura más elevada, cuando se encuentra en el medio en concentraciones bajas (5.0 y 8.0 mg/L).

Lo anterior se podría explicar tomando en cuenta que el detergente produce una reducción importante de la natremia en estas carpas (Rosas *et al.*, 1988). Dichos resultados sugieren que la reducción de sodio plasmático podría producir alteraciones en la transmisión nerviosa retardando la señal proveniente de los sensores térmicos periféricos.

En referencia a las respuestas siguientes al TCM que caracterizan el estrés térmico, espasmos y muerte, sólo en la menor concentración la temperatura que las desencadena fue diferente de las del grupo testigo. Probablemente se deba interpretar esto en el mismo sentido que la TCM ya que las altas concentraciones de detergente no parecen haber alterado las respuestas.

La temperatura letal de la carpa del grupo testigo fue de 42.5°C es decir, más de 3°C superior a la que reportan Bettoli *et al.* (1985) para la misma especie. Estas diferencias tanto para la temperatura preferida como para el

límite letal superior pueden ser atribuidas a las condiciones experimentales utilizadas en el experimento (como la temperatura de aclimatación de los animales).

En general los resultados obtenidos indican que los juveniles de *C. idella* expuestos a concentraciones subletales de detergente presentan tendencia a seleccionar temperaturas más altas que los peces del grupo testigo. En las carpas expuestas a la mayor concentración, la diferencia es de 1.5°C con respecto a los testigos. Esto se interpreta como un síntoma de estrés ya que dicha temperatura es superior a la que seleccionan en ausencia del contaminante. Se conoce que fuera del intervalo de temperatura preferida los animales manifiestan diferentes síntomas de estrés; en este trabajo los peces mantenidos con detergente redujeron entre 34.7 y 51.3% el peso corporal alcanzando al final del tratamiento con respecto a los testigos.

Las respuestas de estrés térmico indican que la TCM disminuye a medida que aumenta la concentración de detergente en el medio, lo cual sería de esperar en presencia de cualquier contaminante. Sin embargo, al comparar la respuesta con la del grupo testigo, la TCM de los experimentales es más alta que la de estos; así también tanto la temperatura de aparición de espasmos como la de muerte fueron superiores en 5.0 mg/L en comparación con el testigo y los experimentales, lo que se interpreta como reflejo del desbalance iónico de los animales.

Por lo tanto se puede concluir que las respuestas a la temperatura como la selección y la TCM son útiles para detectar el estrés producido por las concentraciones subletales de este detergente, aunque dichas respuestas no son tan evidentes como lo es la tasa de crecimiento.

BIBLIOGRAFIA

- Abel, P.D. and J.F. Skidmore (1974). Toxic effects of an anionic detergent on the gills of rainbow trout. *Water Res.*, 9: 759-765.
- APHA, (1985) *Standard methods for examining of water and waste water*. 16 th Edition, APHA. Washington 1266 pp.
- Armijo, A. O., J. L. Enriquez y G. Rodriguez (1982). *Enfermedades de la Carpa*. Dirección General de Organización y Capacitación Pesquera. SEPESCA, 167 pp.
- Arredondo, J.F. y J.P. Juárez (1986). *Manual para el cultivo de carpas*. Dirección General de Acuicultura, *Secretaría de Pesca*. México, 121 pp.
- Bardach J. E., M. Fujliya, and A. Holl (1965). Detergents: Effect on the chemical senses of the fish *Ictalurus natalis* (Le Sueur). *Science*, 148: 1605-1607.
- Becker, C. y R. Genoway (1979). Evaluation of the critical thermal maximum for determining thermal tolerance of freshwater fish. *Env. Biol. Fish.*, 4: 245-256.
- Betolli, P.W., V.N. Nell and S.W. Kelsch (1985). Temperature preference and heat resistance of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes), big head carp, *Hypophthalmichthys nobilis* (Gray) and their F1 hibrid. *J. Fish. Biol.*, 27: 239-247.
- Bonin, J.D. (1981). Comments. Measuring thermal limits of fish. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 110: 662-664
- Brett, J.R. (1956). Some principles in the thermal requirements of fishes. *Q. Rev. Biol.*, 31: 75-87.
- Brett, J.R. (1971). Energetic response of salmon to

temperature. A study of some thermal relation in the physiology and freshwater ecology of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Am. Zool.* 11: 99-113.

- Chimal, M.E. (1988). Determinación de la temperatura óptima de crecimiento y respuestas al estrés térmico de *Ctenopharyngodon idella* (Pisces, Cyprinidae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. (En proceso).
- Cox, D.K. (1974). Effects of three heating rates on the critical thermal maximum of the Bluegill. Citado por Griales y Chung (*vide infra*).
- Crawshaw, L.I. (1975). Attainment of the final thermal *Preferendum* in brown bullheads acclimated to different temperatures. *Comp. Biochem. Physiol.* 52A: 171-173.
- Griales, M. y K. Chung (1980). Tolerancia térmica de juveniles de camarón rosado, *Peneus brasiliensis*. *Inf. Museo Mar.* INVERMAR, Santa Marta, Colombia, 27: 1-15.
- Espina, S., F. Diaz, C. Rosas y I. Rosas (1986). Influencia del detergente sobre el balance energético de *Ctenopharyngodon idella* a través de un bioensayo crónico. *Cont. Ambient.*, 2: 25-37.
- Fowler, M.C. and T.O. Robson (1978). The effect of the food preferences and stocking rates of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) on mixed plant communities. *Aquatic Botany*, 5: 261-276.
- Fry, F.E. (1947). Effects of the environment on animal activity. *Univ. Tor. Stud. Biol.* Ser. 55. Publ. Ont. Fish. Res. Lab., 68: 1-62.
- Ganz, Ch., S. Janos and P. Stensby (1975). Accumulation and elimination of four detergent fluorescent whitening agents in bluegill (*Lepomis macrochirus*). *Environ. Sci. Technol.*, 9: 738-744.

- 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.
- Hassan, K.C. and J.R. Spotilla (1976). The effect of acclimation on the temperature tolerance of young muskellunge fry. Citado por Criales and Chung (*vide supra*).
- Heap, S.P., P.W., Watt and P. Goldspink (1986) Myofibrillar ATPase activity in the carp, *Cyprinus carpio*: Interactions between starvation and environmental temperature. *J. Exp. Biol.*, 123: 373-382.
- Hickling, F. C. (1966). On the feeding process in the white amur, *Ctenopharyngodon idella*. *J. Zool.*, 148: 408-419.
- Hoar, W.S. (1978). *Fisiología General y Comparada*. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, 855 pp.
- Holand, W.E., M.H. Smith, J.W. Gibbons and D.H. Brown. (1974). Thermal tolerance of fish from a reservoir receiving heated effluent from nuclear reactor. *Physiol. Zool.*, 47: 110-118.
- Hutchinson, V.H. (1961). Critical Thermal Maxima in salamanders. *Physiol. Zool.*, 34: 97-125.
- Jobling, M. (1981). Temperature tolerance and final *Preferendum* rapid methods for the assessment of optimum growth temperatures. *J. Fish. Biol.*, 19: 439-455.
- Kellog, R. and J. Gift. (1983). Relationship between optimum temperatures for growth and preferred temperatures for the young of four fishes. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 112: 424-430.
- Lazos, A.R. (1980). La reproducción inducida de la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) en México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, México.

- Lee R.M. and J.N. Rinne (1980). Critical thermal maxima of five trout species in the Southwest United States. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 109: 632-635.
- Leynaud, G. (1979). Efectos tóxicos de la polución sobre la fauna piscícola. En: *La contaminación de las aguas continentales. Incidencia sobre la biocenosis acuática.* (P. Pesson, Ed.), Ediciones Mundi Prensa Madrid, 159-174 pp.
- Manahan, S.E. (1974). *Environmental Chemistry.* 4th ed. Willard Grant Press, Boston. 612 pp.
- McCauley, R.W. (1977). Laboratory methods for determining temperature preference. *J. Fish. Res. Board. Can.*, 34: 749-752.
- Mosteller, F. and J.W. Tuckey (1977). *Data analysis and regression.* Addison-Wesley Pub. Co. Reading, Massachusetts 588 pp.
- Olgivie, D.M. and J.M. Anderson (1965). Effect of D.D.T. on temperature selection by young atlantic salmon, *Salmo salar.* *J. Fish. Bd. Can.*, 22: 503-512.
- Paladino, F.V., J.R. Spotilla, J.P. Schubaver and K.T. Kovalski (1980) The critical thermal maximum: A technique used to elucidate physiological stress and adaptation in fishes. *Rev. Can. Biol.*, 39 115-122.
- Prosser, G.L. and D.O. Nelson (1981). The rol of nervous system in temperature adaptation of poikilotherms. *Ann. Rev. Physiol.*, 43: 281-300.
- Ramírez, H.R., E.M. García, M.A. Gutiérrez P.D. Tamayo y S.R. Escarcega (1987). *Manual biotecnológico para el cultivo y reproducción de ciprinidos en México.* Dirección General de Acuicultura, Secretaría de Pesca. México. (En prensa).
- Reynolds, W.W. and M.E. Gasterlin (1979). Behavioral thermoregulation and the "Final Preferendum"

- paradigm. *Amer. Zool.* 19: 211-224.
- Rodler, J. (1981). *Análisis de las aguas.* Ed. Omega. Barcelona, 1059 pp.
 - Rosas, M. M. (1976). *Peces dulceacuícolas que se explotan en México y datos sobre su cultivo.* Instituto Nacional de Pesca. Ed. Centros de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. México, 135 pp.
 - Rosas, V. C. (1983). *Estudios ecofisiológicos de *Sarotherodon mossambicus* en el laboratorio: gradiente preferencial y metabolismo aerobio.* Tesis de Licenciatura. *Fac. Ciencias, Univ. Nat. Autom. México*, 28 pp.
 - Rosas, V.C., S. Espina, F. Diaz, J. Curtis and I. Rosas (1988). *Effect of sublethal detergent upon gill permeability of *Ctenopharyngodon idella* (Pisces: Cyprinidae).* *Water Air Soil Pol.* (En prensa).
 - Schmid, O.J. and H. Mann (1961). *Action of a detergent (Dodecylbenzene-sulphonate) on the gills of the trout.* *Nature*, 192: 675.
 - Sniieszko, S.F. (1974). *The effect of environmental stress on outbreaks of infectious diseases of fish.* *J. Fish. Biol.*, 6: 197-208.
 - Sprague, J.B. (1971). *Measurement of pollutant toxicity to fish-III. Sublethal effects and "safe" concentration.* *Water. Res.*, 5: 245-266.
 - Tuckey, J. W., (1977). *Exploratory data analysis.* Addison Wesley Pub. Co. Massachusetts, 688 pp.
 - Tuffery, G. (1979). *Incidencias ecológicas de la polución de las aguas corrientes. Reveladores biológicos de la polución. En: La contaminación de las aguas continentales: Incidencia sobre la biocenosis acuática (P. Pesson, Ed).* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, pp. 215-255.
 - Velleman. P.F. and D.C. Hoaglin (1981). *Application basics*

and computing of exploratory data analysis.
Duxbury Press Boston.

Tabla 1 Elementos del diagrama de cajas en paralelo correspondientes a la selección de temperatura de *C. idella* expuestas a diferentes concentraciones de detergente.

Elementos	DETERGENTE (mg/L)			
	0.0	5.0	8.0	12.6
M	30.00	30.97	30.00	31.50
H ₁	29.00	28.97	30.00	30.97
H ₂	31.30	32.00	32.00	33.00
ΔH	2.30	3.04	3.00	2.03
C ₁	25.54	24.42	24.50	27.93
C ₂	34.75	36.55	36.50	36.04
IC	0.32	0.41	0.40	0.27

E = Elementos del diagrama de cajas en paralelo (para el significado de la abreviaciones ver Material y Metodo).

Tabla 2. Incremento de peso (mg/día) de juveniles de *Ctenopharyngodon idella* en las diferentes condiciones experimentales. IC representa el intervalo de confianza de la mediana.

PESO CORPORAL	DETERGENTE (mg/L)			
	0.0 n=30	5.0 n=30	8.0 n=30	12.6 n=30
Peso inicial (g)	1.13	1.68	1.29	1.08
IC	0.08	0.21	0.39	0.29
Peso final (g)	1.64	1.97	1.46	1.25
IC	0.12	0.10	0.21	0.15
Incremento de peso (mg/día)	24.00	13.80	7.90	8.30
IC	0.20	0.60	0.80	0.50

n = numero de animales.

* - Los valores dados corresponden a la mediana de los cambios de peso individuales.

Tabla 3 =Parámetros considerados en la respuesta a la temperatura de los juveniles de *Ctenopharyngodon idella* en las diferentes concentraciones experimentales. Las datos corresponden a los elementos de las cajas en paralelo.

PARAMETROS	E	DEFERENTE (mg/L)			
		0.0	5.0	8.0	12.5
TCM	M	39.47	41.17	40.82	40.00
	H ₁	39.00	41.00	40.04	40.00
	H ₂	40.31	41.95	41.00	40.04
	ΔH	1.31	0.95	0.95	0.05
	C ₁	37.50	39.50	38.50	0.05
	C ₂	41.50	43.50	42.50	0.00
	IC	0.06	0.48	0.48	0.02
ESPASMOS	M	41.13	41.96	41.00	41.17
	H ₁	41.00	41.31	41.00	40.99
	H ₂	41.58	42.31	41.64	41.81
	ΔH	0.58	1.00	0.64	0.81
	C ₁	39.50	39.50	39.50	39.50
	C ₂	43.50	43.50	43.50	43.50
	IC	0.29	0.20	0.32	0.41
MUERTE	M	42.25	43.00	42.82	42.50
	H ₁	42.00	43.00	42.04	42.00
	H ₂	42.85	43.04	43.00	43.00
	ΔH	0.86	0.05	0.25	1.00
	C ₁	40.50	0.00	40.50	40.50
	C ₂	44.50	0.00	44.50	44.50
	IC	0.43	0.02	0.48	0.49

* TCM = Temperatura Crítica Máxima.

** E = Elementos del diagrama de cajas en paralelo (para el significado de las abreviaturas ver Material y Método).

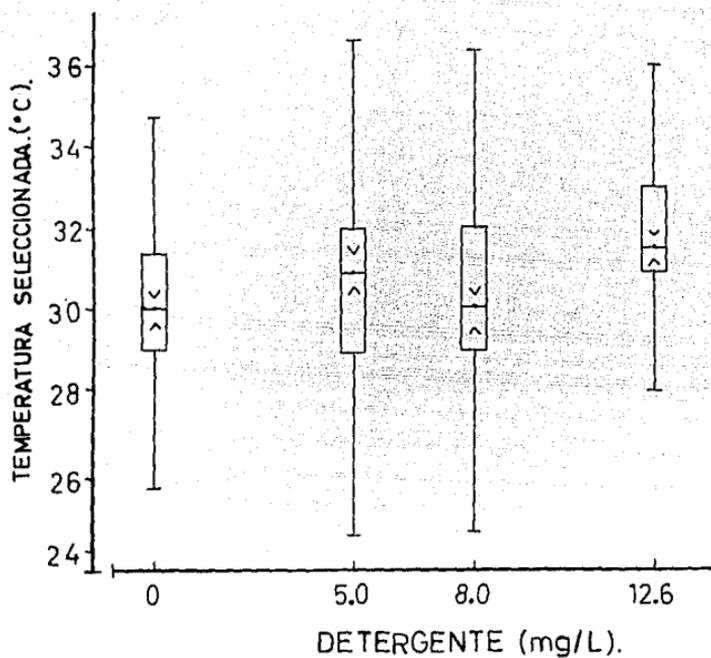


Fig.1 - Temperatura seleccionada por C. idella en diferentes concentraciones de detergente.

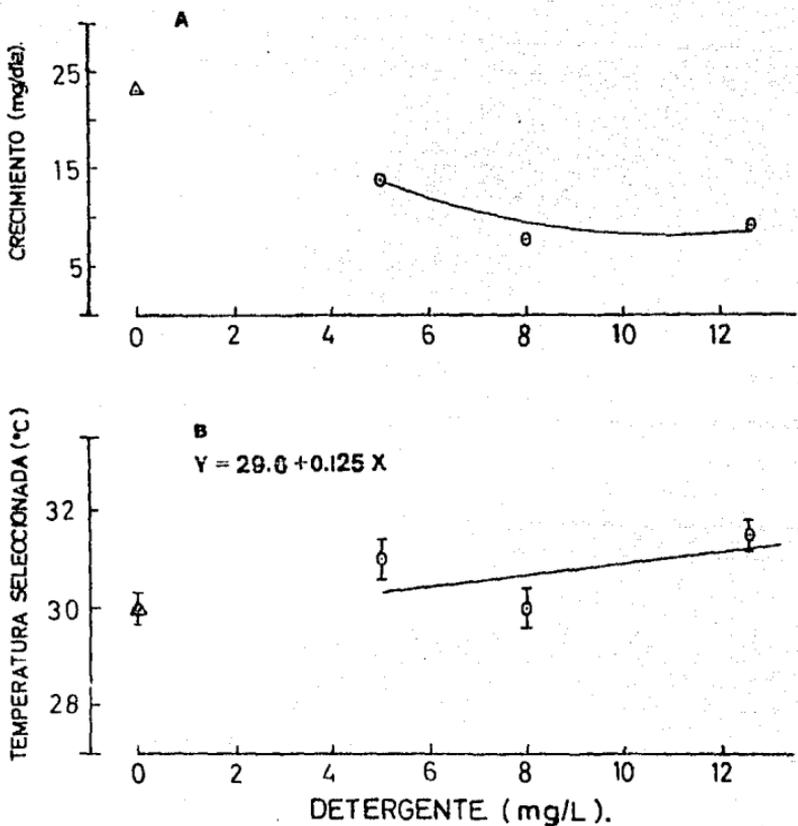


Fig 2. - Tasa de crecimiento (A) y temperatura seleccionada (B) por *C. idella* en diferentes concentraciones de detergente. Los valores de los peces testigo (Δ) se incluyen con fines de comparación.

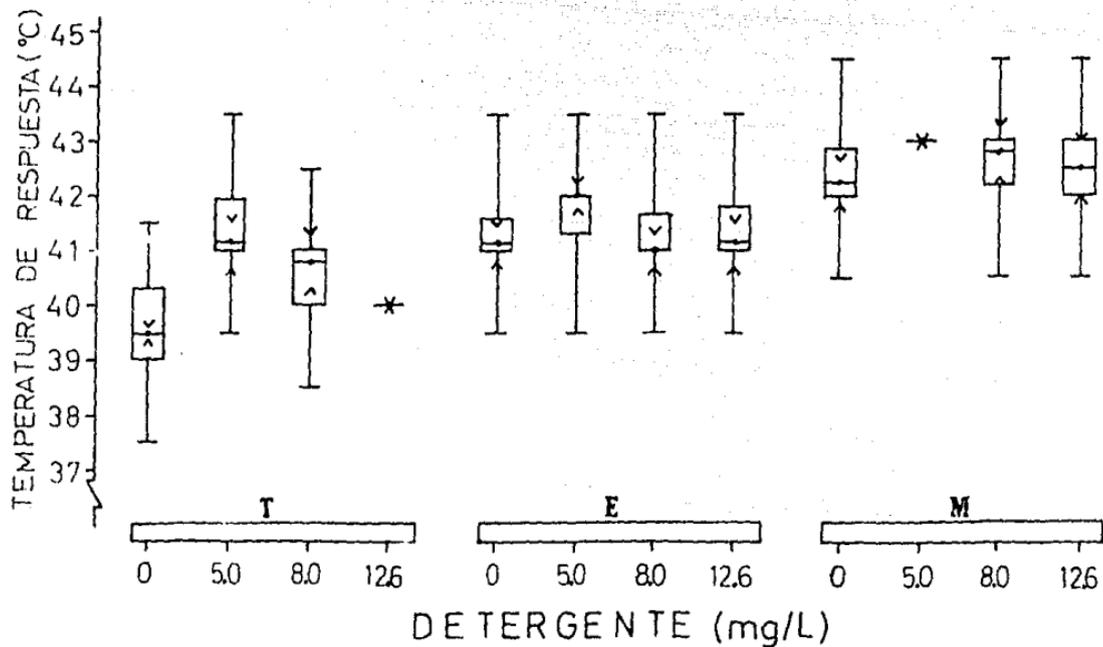


Fig. 3.- Respuestas de estrés térmico de C idella en diferentes concentraciones de detergente T=TCM; E=Espasmos; M=Muerte.

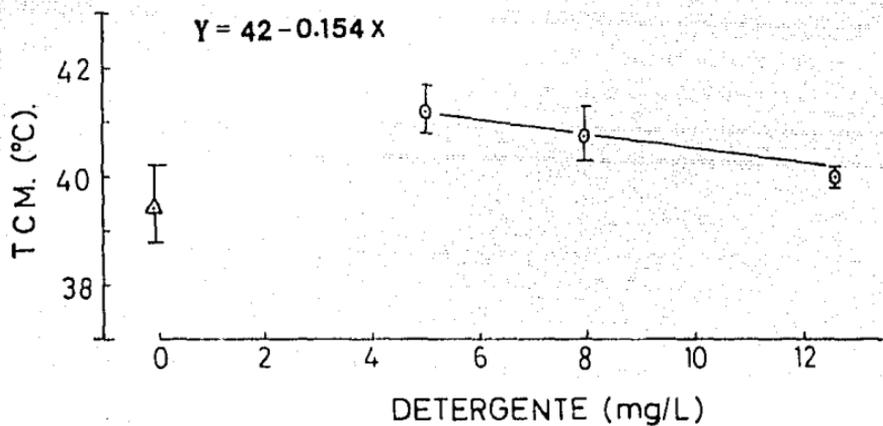


Fig 4.-Relación entre la temperatura crítica máxima y la concentración del detergente en C. idella. Los valores de los peces testigo (Δ) se incluyen para fines de comparación.

- Ballerini, D., M. Dorbon, C. Gatellier, y J.P. Vandecasteele. 1986. Petrole et Biotechnologies. Biofutur. 27-47.
- Bartha, R. y R.M. Atlas. 1977. The Microbiology of Aquatic Oil Spills. Adv. Appl. Microbiol., 22 : 225 - 266.
- Berland, B.R., D.J. Bonin, J.P. Durbec, y S.Y. Maestrini. 1976. Bactéries hétérotrophes aérobies prélevées devant le delta du Rhône. IV. Besoins en vitamines et libération de ces substances. Hydrobiologia. 50 (2) : 167-172.
- Berwick, P.G. 1984. Physical and Chemical Conditions for Oil Degradation. Biotechnology and Bioengineering 26 : 1294 - 1305.
- Botello, V.A. 1975. Utilización y degradación del Petróleo crudo por 2 especies de camarón : Penaeus duorarum y Penaeus aztecus Ann. Inst. Ciencias del Mar y Limnol. 2 (1) : 67 - 72.
- Botello, V. A., 1979. Presencia e importancia de hidrocarburos fósiles en el medio ambiente marino: Nota Científica. Ann. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. Mexico, 6 (1) : 1 - 6.
- Boyles, D. T. 1984. Biodegradation of Topped Kuwait Crude Biotechnology Letters, 6 (1) : 31 - 36.
- Bruno, S.F. y R.D. Staker. 1978. Seasonal vitamin B 12 and phytoplankton distribution near Napeague Bay, New York (Block Island Sound). Limnol. Oceanogr. 23 (5) : 1045 - 1051.
- Burkholder, P. R. 1951. Determination of vitamin B 12 with a mutant strain of Escherichia coli. Science. 114, 459 -460.
- Burkholder, P. R. y L. M. Burkholder. 1956. Vitamin B 12 Suspended Solids and Marsh Muds Collected along the Coast of Georgia. Limnology and Oceanography 1 (1) : 202 -208.
- Carballo-Cruz, R. 1985. Caracterización de bacterias heterótrofas en los aportes de la Laguna de Términos. Tesis profesional. Facultad de Química. Univ. Nal. Autón. de México. 145 pp.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- Carlucci, A.F., y P. M. Bows. 1970. Vitamin production and utilization by phytoplankton in mixed culture. *J. Phycol.* 6, 343 - 400.
- Catell, S. A. 1973 . The seasonal cycle of vitamin B 12 in the Strait of Georgia British Columbia. *Journal of Fisheries research board of Canada.* 30 (2): 215-222.
- Chakrabarty, A. M. 1985 : Genetically manipulated micro-organisms and their products on the oil service industries. *Trends in Biotechnology.* 3 (2): 32-38.
- Colwell, R. R. 1983 .Biotechnology in the Marine Sciences *Science.* 222, 19 - 24.
- Cowey, C. B. 1956 . A preliminary investigation of the variation of vitamin B 12 in oceanic and coastal waters. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 35, 609-620.
- Einsele, A., y A. Fiechter. 1971 . Liquid and Solid Hydrocarbons. *Advances in Biochemical Engineering* 1, 169-194.
- Fiala, M. 1982. Vitamine B 12 et phytoplancton au niveau de la thermocline en Mediterranée nord-occidentale. *Oceanologica Acta,* 5 (3): 339-347.
- Fiala, M. y L. Oriol. 1984. Vitamine B 12 et phyto-
plancton dans l Océan Antarctique.
Distribution et approche experimentale.
Marine Biology. 79 : 325-332.
- Florent, J. y Ninet, L. 1979. Vitamin B 12. In: *Microbial Technology.* Cap. 15. pp. 497 - 519.
Academic Press, New York.
- Friedmann, H.C. and L. M. Cagen. 1970. Microbial Biosynthe-
sis of B 12 - Like compounds.
Annu. Rev. Microbiol. 24 : 159 - 208.
- Fujii, K., S. Shimizu y S. Fukui, 1966. Studies on the
Formation of Vitamins and their Functions in Hidro-
carbon Fermentation. (1) Production of vitamin B 12
using several kinds of bacteria in hidocarbon media.
J. Ferment. Technol. 44 : 185 - 191.

- Fukui, S., S. Schimizu, y K. Fujii. 1967. Studies on the Formation of vitamins and their functions in Hydrocarbon Fermentation. (II) The forms of vitamin B 12 produced by several kinds of bacteria grown in hydrocarbon media. J. Ferment. Technol. 45 : 530 - 540.
- Fukui, S. y A. Tanaka. 1980 . Production of Useful Compounds from Alkane media in Japan. Advances in Biochemical Engineering. 17 : 1 - 35.
- Grady, L. 1985 . Biodegradation : Its Measurement and Microbiological Basis. Biotechnology and Bioengineering 27, 660 - 674.
- Gunkel, W y G. Gassmann. 1980 . Oil, oil dispersants and related substances in the marine environment. Helgoländer Meeresuntersuchungen. 33 : 164 - 181.
- Higgins, I.J. y P.D. Gilbert. 1978 . The biodegradation of hydrocarbons. En: Chater, K.N.A. y H.J. Somerville (eds) The Oil Industry and Microbial Ecosystems. Heyden & Son, Ltd. Londres : 81 - 117.
- Hoff-Jorgensen, E. 1954 . Microbiological assay of vitamin B 12 En: Vitamin Assay - Tested Methods. Methods of Biochemical Analysis. Vol. 1 pp. 81-113.
- Horowitz, A., D. Gutnick., y E. Rosenberg. 1975. Sequential Growth of Bacteria on Crude Oil. Applied Microbiology, 30 (1): 10 -19.
- Humprey, A. E. 1967. A critical Review of Hydrocarbon Fermentations and their Industrial Utilization. Biotechnology and Bioengineering. 9, 3 - 24.
- Izquierdo-Vicuña, F.B. 1985 . Caracterización de bacterias hidrocarbonoclasticas de las plataformas de explotación petrolera de la Sonda de Campeche. Tesis de Maestría. Inst. de Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. de México, 150 pp.
- Kamikubo, T., M. Hayashi., N. Nishio., y S. Nagai. 1978. Utilization of nonsugar for vitamin B 12 production Appl. Environ Microbiol. 35 (5) : 971 - 973.

- Kvasnikov, E.I., B.E. Aizenman, E.F. Solomko, E.A. Kiprinova., y O. I. Boiko. 1975 . Growth and Production of antibiotics by bacteria of the genus *Pseudomonas* in medium containing Low-Molecular-Weight n- Alkanes. *Microbiology*. 44 (1): 45 - 49.
- Lee, W. Y., A. Morris y D. Boatwright. 1980 . Mexican Oil Spill: A toxicity Study of Oil Accommodated in Seawater on Marine Invertebrates. *Marine Pollution Bulletin*. 11: 234 - 237.
- Licea, S., R.Luna., P. Torres y C. Trejo. 1982 . Evaluación de los posibles efectos del derrame del pozo Ixtoc-1 sobre las comunidades del fitoplancton y la productividad primaria. Programa Coordinado de Estudios Ecológicos en la Sonda de Campeche. Informe Final.
- Lizarraga-Partida, M.L., H. Rodriguez-Santiago y J.M. Romero-Jarero. 1982 .Effects of the Ixtoc-1 blowout on heterotrophic bacteria. *Marine Pollution Bulletin*, 13 (2) : 67 - 70.
- Lizarraga-Partida, M.L., J. Porras-Aguirre y F.B. Izquierdo -Vicuña. 1983 .Tasa bacteriana Hidrocarbonoclastica /Heterótrofas, como índice del impacto ambiental por petróleo crudo en la Sonda de Campeche. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 10 (1) : 177 - 186.
- Lovell, T. 1981 . Intestinal Synthesis of Nutrients in Fish. *Aquaculture*. 7 (3) : 34 - 35.
- Lyman, J. y R. H. Fleming. 1940 .Composition of sea water. *Journal of Marine Research*, 3 : 134 - 146.
- Mckenzie, P. y D.E. Hughes. 1976 . Microbial degradation of Oil and Petrochemicals in the Sea.p. 91-107. In: F.A. Skinner and J.A. Carr (Eds.) *Microbiology in Agriculture, Fisheries and Food*. The Society for Applied Bacteriology. Symposium Series. N 4. (Gran Bretaña), 210 pp.
- Morikawa, H. y T. Kamikubo. 1969. Utilization of n-Paraffins and Vitamin B 12 Production by Several Kinds of Bacteria. *Journal of Fermentation Technology*. 47 (8) : 470 - 477.

- Morikawa, H., M. Hayashi y T. Kamikubo. 1971 . Utilization of Hydrocarbons and Vitamin B 12 production by Rhodopseudomonas spheroides. Journal of Ferment Technology. 49 (9) : 803 - 808.
- Muñoz-Rubio, J., 1983. Taxonomía de bacterias hidrocarbonoclasticas de agua y sedimento en la Sonda de Campeche. Tesis profesional. Fac. de Ciencias. Univ. Nal. Autón. México, 109 pp.
- Nathan, G.H. 1963 . Vitamin B 12 and Congeners. En : Kavanagh, F . (Edit). Analytical Microbiology. pp.527 - 550. Academic Press. New York.
- National Research Council 1985 . Oil in the Sea: Inputs Fates and Effects. National Academy Press. Washington D.C. 601 pp.
- Oppenheimer, C.H. y C. E. Zobell, 1952 . The grow and viability of sixty-three species of marine bacteria as influence by hidrostatic pressure. Journal of Marine Research. 11 : 10 - 18.
- Perlman, D. 1959 . Microbial Synthesis of Cobamides. Adv. Appl. Microbiol. 1 , 87-112.
- Porras-Aguirre, J., 1984 . Bacterias Hidrocarbonoclasticas del tracto intestinal de los peneidos : Penaeus aztecuz, Penaeus duorarum y Penaeus setiferus. Tesis profesional. Fac. de Ciencias, Univ. Nal. Aut. de México. 85 pp.
- Prescott, S.C. 1959 . The production of Vitamin B 12. En : Industrial Microbiology. McGraw Hill Book Co. 3- edition. 482 - 496.
- Roque-Carballo, C., 1985. Caracterización de bacterias heterótrofas en los aportes de la Laguna de Términos a la Sonda de Campeche. Tesis profesional. Fac. de Química. Univ. Nal. Autón. México. 145 pp.
- Schever, P. J. 1981 . V. Ecology of some growth factors in Plankton, Macroalgae, Sediment, and Seawater. In. Marine Natural Products Chemical and Biological Perspectives. Vol. IV. Academic Press. pp. 168 -172.

- Sirvins, A. y B. Tramier. 1985 . La biodegradación de los hidrocarburos. Mundo Científico 6 (54) : 46 - 54.
- Skeggs, H.R. 1981 . Vitamins. In : Briton M. Milley and Warren Listky. Industrial Microbiology. Chapter 3. pp. 47-54. Mc Graw Hill Book Co.
- Soto, L. 1981 : Cosideraciones de los efectos de los hidrocarburos fosiles sobre la población de camarones peneidos en el Banco de Campeche. En: Cuantificación de hidrocarburos fósiles y metales pesados en sedimentos y organismos marinos de la Sonda de Campeche. Informe final. A.V. Botello. Programa coordinado de estudios ecológicos en la Sonda de Campeche.
- Soto, L.A. y A. Gracia 1986 : Evaluación de los efectos de los hidrocarburos fósiles sobre las poblaciones de camarones peneidos en el Banco de Campeche. Sometida a los An. Cienc. del Mar y Limnol. Univ.Nal. Autón. México.
- Starr, T. J., M. E. Jones y D. Martínez. 1957 . The production of Vitamin B 12-Active substances by Marine Bacteria. Limnol. Oceanogr., 2 (2), 114-119.
- Strohecker, R., Henning, H. M. 1966 . Vitamin B 12. In : Vitamin Assay Tested Methods. Verlag Chemif-Kims-Weinhetim/Bergstr.
- Tanaka, A., Y. Ohya, S. Shimizu, and S. Fukui. 1974. Production of Vitamina B 12 by methenol-asimilating bacteria. J. Ferment. Technol. 52 : 921 - 924.
- Tucker, J. B. 1985 . Biotechnology Goes to Sea. High Technology. 5 : 34 - 44.
- Voigt, M.N., R.R. Eitenmiller y G.O. Ware. 1978 .Vitamin assay by microbial and protozoan organisms : response to vitamin concentration, incubation time and assay vessel size. Journal of Food Science. 43 (5) : 1418 - 1423.
- Voigt, M. N., R.R. Eitenmiller and G.O. Ware. 1979 .Vitamin analysis by microbial and protozoan organisms : response to food preservatives and neutralization salts. Journal of Food Science. 44, 723 - 728.