



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE CIENCIAS

SELECCION DE TEMPERATURA Y BALANCE ENERGETICO  
DE: Ctenopharyngodon idella y Melagobrama  
amblycephala (PISCES, CYPRINIDAE).

## T E S I S

Que para obtener el título de

B I O L O G O

P r e s e n t a

JOSE ANTONIO CENICEROS ROSALES

CESAR RODRIGUEZ SANCHEZ

México, D. F.

1985



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.

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo, medir el campo de crecimiento de las carpas Ctenopharyngodon idella y Megalobrama amblycephala, en las temperaturas que dichas especies seleccionaron previamente en el gradiente térmico.

El preferendum de temperatura se determinó en un gradiente térmico horizontal. Las temperaturas que ambas especies seleccionaron por separado fué de 29 °C y en conjunto C. idella eligió 26 °C, en tanto que M. amblycephala seleccionó 29 °C

Se midió el metabolismo de rutina ( $V_{O_2}$ ) y la excreción de amonio de los organismos a las temperaturas preferidas. Los valores de las pendientes de la relación consumo de  $O_2$  Vs peso corporal fueron: 0.57 para M. amblycephala y en C. idella 0.71 a 26 °C y 0.94 a 29 °C. En el caso de la excreción amoniaca las pendientes obtenidas para C. idella alcanzaron 0.77 y 0.94 a 26 °C y 29 °C respectivamente. En M. amblycephala a 29 °C el valor fué 0.89.

Al considerar los diferentes elementos de la ecuación del balance energético:  $I = R + H + U + C$  se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las especies y asimismo en C. idella en sus dos condiciones experimentales.

En el caso de la carpa herbívora el valor de la ingesta (I) fué 1.3 veces mayor que en la carpa brema. En ambas especies, la respiración (R) y la pérdida de energía en heces (H) variaron entre 11 - 12% y la excreción amoniaca (U) fué menor del 2%. En C. idella el campo de crecimiento (C) alcanzó 71% en ambas temperaturas, siendo 7% superior que el obtenido para M. amblycephala ( $p < 0.05$ ).

Los resultados obtenidos se discuten en cuanto a su relevancia para las prácticas de acuicultura en nuestro país.

# I N D I C E

	PAG
INTRODUCCION	1
MATERIALES Y METODOS	6
RESULTADOS	13
DISCUSION	18
BIBIOGRAFIA	25
FIGURAS Y TABLAS	31

## INTRODUCCION

Desde hace algunas décadas en México, como en muchos otros países en vías de desarrollo, se llevan a cabo prácticas acuaculturales tendientes a la cría controlada de especies de interés comercial. El objetivo final de tales proyectos es la producción de proteína animal de alta calidad y de bajo costo para el consumo popular (Depto. de Pesca, 1981 ).

En el país se cultivan tanto especies autóctonas como introducidas. Entre estas últimas se pueden citar las carpas chinas Ctenopharyngodon idella y Megalobrama amblycephala; especies importadas desde 1965 a 1979 (Arredondo, 1983; Rojero, 1983).

Es esencial para el manejo de un recurso renovable, como los peces, conocer la potencialidad de la especie seleccionada en un ambiente particular, para lo cual es necesario estudiar su crecimiento en el laboratorio en condiciones que reproduzcan en la medida de lo posible, las del lugar en el que se efectuará el cultivo.

En relación a lo anterior, se debe enfatizar que la investigación científica es fundamental en la evaluación, perfeccionamiento y adecuación de la biotecnología existente, para mejorar y desarrollar nuevas técnicas que conduzcan a un aumento de la producción acuícola (Shang, 1981).

En particular, las investigaciones ecofisiológicas con enfoque energético contribuyen a un entendimiento más completo de las leyes de transformación y conservación de la energía en los organismos vivos, proceso que se determina al medir la entrada, almacenamiento y pérdida de energía (Brett y Groves, 1979).

El crecimiento es la principal actividad que le interesa conocer y optimizar el acuicultor, cuando selecciona un pez pa-

ra su cultivo. Este se inicia con la ingestión del alimento y a través de varios procesos concatenados como la digestión, asimilación, gasto metabólico y excreción, termina como un incremento del tejido animal (Brett, 1979).

Al respecto, Warren y Davis (1967) definen el crecimiento desde dos puntos de vista: de acuerdo a un enfoque fisiológico, como la elaboración de citoplasma y cambios en el contenido proteico del cuerpo y con un enfoque bioenergético, como el cambio total de la energía de los materiales corporales.

Es así, que los estudios sobre bioenergética del crecimiento son fundamentales para estimar el campo de crecimiento de las especies cultivadas. En este tipo de experimentos se toman en cuenta ciertos factores, como la temperatura, el alimento y la talla del animal (ciclo de vida) (Brett, 1979).

La mayoría de los trabajos realizados con este enfoque bioenergético, se han efectuado con peces carnívoros mantenidos con alimento fresco (Brett, 1971; Niimi y Beamish, 1974) y en la carp herbívora Ctenopharyngodon idella (Fischer, 1970, 1972a, 1972b; Fischer y Lyaknovich, 1973). En todos estos trabajos se han utilizado modelos tendientes a simplificar los procesos inherentes al crecimiento. Entre éstos, la ecuación balanceada energéticamente permite calcular el campo de crecimiento de los organismos, así como los otros destinos de la energía ingerida en el alimento (Paloheimo y Dickie, 1965, 1966; Warren y Davis, 1967; Klekowski y Duncan, 1975):

$$I = R + H + U + C$$

donde I es el alimento ingerido, R la energía utilizada en el metabolismo aerobio, H y U la energía perdida en heces y productos nitrogenados respectivamente y C el campo de crecimiento. Cada uno de estos elementos, están referidos a tasas y se expresan en calorías.

Es conocido que el metabolismo aerobio de los peces se determina como consumo de oxígeno. Si tal consumo es debido a la actividad espontánea del organismo, se define como metabolismo de rutina (Beamish y Mookherjee, 1964). El consumo de oxígeno depende estrechamente de la temperatura, la cual actúa como un factor controlador según Fry (1971), influyendo en los requerimientos energéticos de actividades como la digestión, osmorregulación, crecimiento y reproducción (Beamish, 1964).

El metabolismo aerobio en relación al peso corporal se ha descrito por la ecuación potencial  $Y = a X^b$ , cuya transformación logarítmica produce una línea recta:

$$\ln Y = \ln a + b \ln X$$

donde  $Y$  es el consumo de oxígeno,  $X$  el peso corporal del pez,  $a$  es una constante que define el nivel de gasto metabólico y  $b$  es la constante que define la tasa de cambio del  $VO_2$  respecto al peso del organismo.

Asimismo, es de gran importancia determinar los productos nitrogenados excretados, como una medida de la energía contenida en la porción del alimento asimilado, no utilizado. Al respecto Forster y Goldstein (1969), establecen que el amonio es el principal compuesto de la excreción nitrogenada en los peces, ya que constituye aproximadamente el 80% de ésta.

Ahora bien, por campo de crecimiento, se entiende la potencialidad de crecimiento de una especie en condiciones experimentales determinadas. Así conociendo la energía ingerida en la dieta, se calcula el campo de crecimiento por diferencia entre ésta y la suma de la energía utilizada y pérdida (Warren y Davis, 1967; Beamish, et al., 1975).

La eficiencia de conversión del alimento ingerido y asimilado que se utiliza en el crecimiento se puede determinar de las

ecuaciones propuestas por Duncan y Klekowski (1975):

$$K_1 = C / I$$

$$K_2 = C / A$$

donde  $K_1$  es el coeficiente de utilización de la energía consumida en el alimento, y  $K_2$  es el coeficiente de utilización de la energía asimilada; donde  $C$  es el campo de crecimiento,  $I$  el alimento ingerido y  $A$  la asimilación.

Ambos coeficientes ( $K_1$  y  $K_2$ ) son considerados por Brett y Groves (1979) como índices cuantitativos de cambios en el balance energético de un organismo.

En el diseño de un estudio bioenergético, la temperatura es un factor importante a considerar, debido a que ésta afecta la supervivencia y distribución de los peces; en particular para aquellos que son trasladados y cultivados en regiones diferentes a las de su origen (Beitinger y Fitzpatrick, 1979). En este sentido, las investigaciones sobre preferendum de temperatura, resultan de gran utilidad para definir las temperaturas que los peces seleccionan en un gradiente térmico, las cuales estarían relacionadas con los óptimos de diversas funciones fisiológicas (Brett, 1979; Jobling, 1981). De esta manera podría determinarse el alcance biocinético máximo de la especie en cuestión frente a este factor.

De acuerdo a todo lo anteriormente expuesto y debido a que en México los trabajos en las carpas chinas, se han centrado en el estudio de policultivos y de diferentes dietas (Franco, 1981; Juárez, et al., 1981; Rojero, 1983); se considera necesario realizar investigaciones básicas de la influencia de la temperatura sobre la bioenergética y crecimiento de estas especies de carpas, con el fin de apoyar las prácticas acuaculturales que se realizan en nuestro país.



Por lo que el objetivo de este trabajo es:

- Medir el campo de crecimiento de las carpas Ctenopharyngodon idella y Megalobrama amblycephala, en la/s temperatura/s que dichas especies hayan seleccionado previamente en un gradiente térmico.

## MATERIALES Y METODOS

### COLECTA Y MANTENCION

Los organismos juveniles de Ctenopharyngodon idella y Megalobrama amblycephala que se emplearon en este estudio (aproximadamente 50 de cada especie), fueron colectados en la Granja Integral de Policultivo de Tezontepec de Aldama. Esta granja se ubica en la periferia de los terrenos del Ejido de Santiago de Acayutlán, en el estado de Hidalgo a 20° 03' latitud norte y 99° 17' logitud oeste y a una altitud de 1960 m sobre el nivel del mar (Rojero, 1983).

El intervalo de tallas de los peces fué de 3.6 g a 41.4 g en M. amblycephala y de 2.3 g a 14.1 g en C. idella. Una vez colectadas las carpas, se transportaron al laboratorio en bolsas de polietileno con agua del medio e insufladas con O<sub>2</sub> a saturación.

Posteriormente los peces se aclimataron a las condiciones del laboratorio en acuarios de 60 litros, manteniéndolos a la temperatura registrada en los estanques en el momento de la colecta (25 °C), con el fin de no aumentar el "stress" provocado por el traslado. El pH del agua del medio (pH= 8.0), se ajustó paulatinamente al pH del agua desclorinizada del laboratorio de 7.3 mediante recambios graduales de 20 litros/dfa. La densidad de los peces fué de 15 organismos por acuario.

Los animales se alimentaron con una dieta de alfalfa picada (base húmeda), como lo sugieren Juárez, et al. (1981) y alimento balanceado para aves (Caporina en base seca), en una proporción de 1 : 1 (Cuadro 1). El porcentaje del alimento suministrado ad libitum, varió del 10% al 4% del peso corporal, acorde al crecimiento que experimentaron los organismos. El tiempo de alimentación fué de una hora diariamente. El régimen

de luz se mantuvo de acuerdo a la estación de verano, en 12 horas luz y 12 horas oscuridad.

Cuadro 1. Contenido proximal del alimento proporcionado.

ALIMENTO	CONTENIDO, %				
	Proteína	Lípidos	Carbohidratos	Minerales	Fibra
Alfalfa	5.27	0.47	8.43	1.49	1.88
Caporina	23.26	8.12	57.74	6.43	3.36

Análisis bromatológico realizados en el Laboratorio de Análisis Químico para alimentos de la Fac. Veterinaria, UNAM.

#### SELECCION DE TEMPERATURA EN EL GRADIENTE

Después de dos semanas, se midió la selección activa de temperatura en un gradiente horizontal, lo cual se realizó en un dispositivo que consistió en un tubo de asbesto abierto en su parte superior, de 3.1 m de largo y 0.3 m de diámetro, recubierto en su parte interior con una resina plástica (Sylpil 100). A lo largo de este tanque se marcaron 16 compartimientos y los extremos se separaron por una reja plástica forrada con malla, para impedir el acceso de los peces. Uno de ellos se mantuvo a bajas temperatura, para lo cual se conectó a un termostato (Forma Scientific, Model 2325;  $\pm 0.02$  °C); en el otro extremo se introdujo una resistencia sumergible de 500 watts para formar la cámara caliente. De este modo se obtuvo un gradiente de  $13.6 \pm 0.7$  °C a  $31.8 \pm 0.5$  °C.

En el fondo del tubo se colocaron aireadores para asegurar un óptimo nivel de oxígeno (sobre 5 ppm) y la homogeneización vertical de la temperatura. Este dispositivo es una modificación

del utilizado por Rosas (1983).

La determinación del preferendum final de temperatura se realizó en cada especie por separado y en conjunto. Los peces se introdujeron en el tubo experimental en grupos de 5 animales de cada especie y en grupos de 6 mezclando 3 de cada una de ellas respectivamente.

Se realizó un experimento control 24 horas previas a la formación del gradiente a la temperatura de aclimatación (25 °C) con el fin de observar la distribución sin ningún condicionante. Después de cada experimento control se conectaron el termorregulador y la resistencia, estableciéndose el gradiente al cabo de 1 hora. Se efectuaron las observaciones pertinentes (vide infra), en ciclos de 24 horas. Cada experimento y su control duró por tanto 48 horas consecutivas, con 3 réplicas para C. idella y 5 para M. amblycephala. Se registró la frecuencia con que los peces ocupaban cada compartimiento, en lapsos de 5 minutos durante 15 minutos. Las observaciones se espaciaron 3 horas entre cada medición obteniéndose 8 mediciones en el ciclo de 24 horas. La temperatura y la concentración de oxígeno de los compartimientos, se checkaron continuamente.

#### BALANCE ENERGETICO

Una vez conocida la temperatura seleccionada, los peces (N = 60) se aclimataron a las mismas por un período de 15 días. La temperatura se incrementó a una tasa de 1 °C por día.

Terminada esta fase de aclimatación se procedió a determinar el balance energético de ambas especies de carpas, para lo cual se midieron los elementos de la ecuación mencionada:

$$I = R + H + U + C$$

## INGESTION (I)

La tasa de ingestión se determinó mediante el método gravimétrico, ésto es, por la diferencia entre el alimento proporcionado y el alimento remanente en los acuarios. Este valor se corrigió por el porcentaje de disolución del alimento en el agua, el que se determinó en acuarios sin peces en las mismas condiciones experimentales a cada temperatura seleccionada. El valor de solubilidad del alimento a 26 °C fué de 27.6% y a 29 °C de 26.5%. La ingestión se expresó en mg de alimento consumido/ día / pez.

## HECES (H)

Las heces se colectaron cada 24 horas; éstas se sifonearon y se filtraron a través de una red de malla fina entre cada fase de alimentación. Para obtener el peso seco de deshidrataron a 60 °C en una estufa Blue-M hasta obtener un peso constante; se pesaron en una balanza de precisión (Sauter  $\pm$  0.0001 g). Los datos de expresaron en mg de heces / día / pez.

El análisis calórico tanto del alimento como de las heces se determinaron en una bomba calorimétrica Parr.

## ASIMILACION (A)

Ahora bien, conociendo la tasa de ingestión del alimento y la evacuación de heces, fué posible calcular la asimilación del alimento A, por diferencia entre I y H.

## CONSUMO DE OXIGENO (R)

El consumo de oxígeno se midió en respirómetro cerrado. Los peces se colocaron en forma individual en cámaras de 4 litros, con aireación constante y la temperatura seleccionada en el gradiente. Permaneciendo en estas condiciones 24 horas y durante

este tiempo no se les suministró alimento. Posteriormente se suspendió la aireación y se sellaron las cámaras respirométricas. Este procedimiento se repitió a las 10, 13, 16, 20, 24 y 04 horas, en un ciclo de 24 horas.

Cabe destacar que el método es adecuado cuando el oxígeno disuelto en el respirómetro cerrado no baja a concentraciones que promuevan las respuestas de resistencia de las especies, inducidas por hipoxia. Esto se tomó en cuenta por lo que la concentración del gas en el lapso de 3 horas no fué inferior a 3 ppm.

El consumo de oxígeno se determinó por diferencia entre las concentraciones de las muestras iniciales y finales. Estas concentraciones se midieron con un electrodo de oxígeno (YSI - 54 ARC, Sci. Prod.  $\pm$  0.1 ppm). Los resultados se expresaron en  $\mu$ l de O<sub>2</sub> / h / pez.

Para transformar los valores de la tasa de consumo de oxígeno en sus equivalentes calóricos, se utilizó el factor de conversión de 3.36 cal / mg O<sub>2</sub> reportado por Beamish, *et al.* (1975). En seguida se calculó la relación entre la captación de O<sub>2</sub> y el peso corporal.

#### EXCRECIÓN NITROGENADA (U)

La excreción nitrogenada se midió en forma paralela al consumo de oxígeno, es decir se utilizaron las mismas muestras obtenidas durante el ciclo de 24 horas. De manera similar, se determinó la concentración de nitrógeno amoniacal en las muestras iniciales y finales y por diferencia se obtuvo la tasa de excreción.

El nitrógeno amoniacal se cuantificó por medio de la técnica de azul de indofenol (Rodier, 1981) y se expresó como  $\mu$ g de N-NH<sub>3</sub> / h / pez. El valor calórico se obtuvo utilizando el factor de conversión de 5.94 cal / mg N-NH<sub>3</sub> (Elliott, 1976; Brett y Groves, 1979).

Luego se calculó la relación entre la excreción nitrogenada y el peso corporal.

#### CAMPO DE CRECIMIENTO (C)

Una vez obtenidos los parámetros de la ecuación balanceada energéticamente, se determinó el campo de crecimiento de cada especie en las condiciones de alimentación, temperatura y fotoperíodo, ya descritos.

Esta potencialidad de crecimiento, se calculó por la diferencia entre la energía consumida en el alimento y la energía perdida, más la utilizada en la respiración:

$$C = I - ( R + H + U ) .$$

#### EFICIENCIA DE CRECIMIENTO (K)

Por otra parte, los valores de la eficiencia bruta de crecimiento,  $K_1$  y los de la eficiencia neta,  $K_2$  se calcularon de acuerdo a las fórmulas propuestas por Duncan y Klekowski (1975). La eficiencia bruta de crecimiento  $K_1$  es el cociente que resulta al dividir el valor del campo de crecimiento (C), entre la tasa de ingestión (I) y la eficiencia neta  $K_2$  se calculó dividiendo el valor del campo de crecimiento entre la asimilación (A).

#### ANALISIS DE RESULTADOS

Los datos obtenidos respecto a la selección de temperatura en el gradiente horizontal se procesaron utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov para conocer el tipo de distribución de los peces en las condiciones experimentales (Zar, 1974).

Para contrastar los valores de consumo de  $O_2$  y de excreción nitrogenada obtenidos en ambas especies, se utilizaron el análisis

sis de varianza (ANVA y la prueba no paramétrica de Newman-Keuls. Asimismo, se tomaron los máximos valores de ambos parámetros, con el fin de no sobre-estimar el campo de crecimiento (C) y se procedió a calcular las rectas de regresión.

Las rectas de regresión de las relaciones de la tasa metabólica y excreción nitrogenada vs. peso corporal de los organismos, se ajustaron por medio del método de mínimos cuadrados (Zar 1974). Al respecto, se adicionó el máximo E.S. a los valores de los interceptos calculados para las rectas anteriores.

Los datos obtenidos para los diferentes elementos de la ecuación del balance energético se analizaron por medio de las pruebas de Mann-Whitney y ANVA (Zar, op cit.)



## RESULTADOS

### SELECCION DE TEMPERATURA

En los experimentos de selección de temperatura, la distribución de los peces en el tubo experimental, sin gradiente, no fué homogénea ya que el 30% de los organismos se agrupó en ambos extremos del tanque. El cálculo teórico indicó que en una distribución homogénea, el 6.3% de los peces habrían ocupado cada uno de los compartimientos.

En presencia de un gradiente de temperatura (Fig. 1), M. amblycephala seleccionó 29 °C, tanto en el día como en la noche. En la segunda especie estudiada C. idella, se observó un comportamiento similar ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, cuando los ejemplares de ambas especies se enfrentaron al gradiente térmico en conjunto (Fig. 2), la carpa herbívora seleccionó 3 °C menos de temperatura (26 °C) que la brema. Esta diferencia fué estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ). Al igual que en el experimento anterior, en C. idella no se observaron diferencias de selección del factor, en el día con respecto a la noche, en un ciclo de 24 horas ( $p > 0.05$ ).

Al respecto, se puede observar en la Figura 1 que durante la noche, ambas especies presentaron un intensidad de agrupamiento mayor que en el día, lo cual es difícil de explicar en las condiciones experimentales de este trabajo.

### BALANCE ENERGETICO

En consecuencia, para realizar los experimentos sobre bioenergética, los peces se aclimataron a las temperaturas seleccionada en el gradiente. Así, los especímenes de M. amblycephala se aclimataron a 29 °C y los de C. idella a 29 °C y a 26 °C. Luego de un lapso de 15 días en dichas condiciones, se obtuvie-

ron los siguientes resultados en relación a los diferentes elementos considerados en el balance de energía.

#### CONSUMO DE OXIGENO

Los valores del consumo de  $O_2$  (ul/h/pez) de ambas especies mostraron una variación cíclica, como es usual en los peces. En M. amblycephala el valor máximo de 644 ul  $O_2$ /h/pez se registró a las 13 h y el nivel mínimo de 399 ul  $O_2$ /h/pez a las 04 h (Tabla I, Fig. 3); la diferencia entre ambos valores fué significativa ( $p < 0.05$ ). En C. idella sólo se registró el consumo de oxígeno en períodos de 16 horas; se observó una tasa máxima a las 10 h, tanto a 29 °C como a 26 °C, la cual disminuyó en 50% a las 20 h (Tabla I, Fig. 3).

Al comparar estadísticamente el valor promedio del consumo de  $O_2$  de cada una de las mediciones entre sí, se encontraron diferencias significativas en ambas especies ( $p < 0.05$ ). En M. amblycephala los valores obtenidos a las 13 y 16 h difirieron de las mediciones realizadas a otras horas. En C. idella no se observaron diferencias entre el consumo de oxígeno obtenido a las 13, 16 y 20 h. Sin embargo, la diferencia entre éstas y el consumo de  $O_2$  máximo de las 10 h fué significativa ( $p < 0.05$ )

La dependencia del consumo de oxígeno del peso corporal corresponde a la transformación logarítmica de la relación potencial ya señalada (Fig. 4). Se observó que a medida que aumentaba el peso de los organismos, aumentó la tasa de captación del gas; condición general reportada para la mayoría de los peces. Las rectas calculadas para ambas especies son las siguientes:

M. amblycephala a 29 °C

$$\ln Y = \ln 461 + 0.57 \ln X$$

C. idella a 29 °C

$$\ln Y = \ln 319 + 0.71 \ln X$$

C. idella a 26 °C

$$\ln Y = \ln 296 + 0.94 \ln X$$

donde Y es la tasa metabólica en  $\text{ul O}_2/\text{h}$  y X es el peso corporal en gramos. El coeficiente de correlación para las tres ecuaciones, fué alrededor del 50%.

#### ESCRECION NITROGENADA

Respecto a la tasa de excreción nitrogenada, también se observó un comportamiento cíclico. En M. amblycephala se obtuvo un nivel máximo a las 10 h de 13.5  $\text{ug N-NH}_3/\text{h/pez}$ , en tanto que la mínima excreción se encontró a las 16 h con un valor de 6.1  $\text{ug N-NH}_3/\text{h/pez}$  (Tabla II, Fig. 5). La diferencia entre estos dos valores fué estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ).

C. idella a 29 °C presentó la mayor tasa de excreción, con un valor de 23.2  $\text{ug N-NH}_3/\text{h/pez}$  a las 16 h (Tabla II, Fig. 5). No obstante, al comparar los niveles de excreción de los peces durante el período de 16 horas, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). Esta misma especie a 26 °C presentó una tasa máxima de excreción con un valor de 16.1  $\text{ug N-NH}_3/\text{h/pez}$  a las 10h, la cual descendió a un nivel mínimo de 5.8  $\text{ug N-NH}_3/\text{h/pez}$  a las 13 h, ascendiendo nuevamente al anochecer. Se encontraron diferencias significativas entre la tasa máxima de excreción y los valores registrados a las 13 y 16 h ( $p < 0.05$ ).

La relación entre la excreción nitrogenada y el peso corporal de los peces, se ajustó por medio de la transformación logarítmica ya mencionada (Fig. 6). Se encontró que las dos espe-

cies presentaron un comportamiento típico, ya que la tasa de excreción aumentó al incrementarse el peso corporal. Las rectas calculadas para ambas especies son:

M. amblycephala a 29 °C

$$\ln Y = \ln 312 + 0.89 \ln X$$

C. idella a 29 °C

$$\ln Y = \ln 511 + 1.94 \ln X$$

C. idella a 26 °C

$$\ln Y = \ln 575 + 0.77 \ln X$$

donde Y es la excreción amoniacaal en ug N-NH<sub>3</sub>/h y X el peso corporal en gramos. En las tres ecuaciones el coeficiente de corrección fué alrededor de 60%.

#### INGESTION Y HECES

Con el fin de conocer en que forma ambas especies canalizan la energía ingerida en el alimento hacia el crecimiento, se cuantificó la tasa de ingestión y la evacuación de heces. Los valores obtenidos se presentan en la Tabla III.

Es posible observar que la ingestión fué mayor en la carpa brema que en la herbívora. Esta última ingiere más energía a 29 °C que 26 °C. Sin embargo por gramo de peso corporal C. idella consumió 21.7% más que M. amblycephala a la misma temperatura (29 °C).

Con respecto a la producción de heces, ésta varió en cada una de las temperaturas seleccionadas; el menor valor de 11% se encontró para C. idella a 29 °C. La misma especie a 26 °C tuvo una producción de heces del 17% y en M. amblycephala los productos fecales alcanzaron el 21% de la ración ingerida.

## CAMPO DE CRECIMIENTO

El campo de crecimiento (C), como integrador de las funciones de los organismos frente a las condiciones ambientales, mostró que la especie con la mayor potencialidad de crecimiento fué C. idella (Tabla III). El valor del campo de crecimiento de la carpa herbívora fué 11% mayor que el de brema.

A partir de los valores promedio del consumo de  $O_2$  y la excreción nitrogenada en los ciclos registrados, se encontró que en las dos especies de carpas, la energía utilizada en la respiración fué de 11% al 18% y la pérdida en productos nitrogenados fué menor de 2% (Tabla III).

Ahora bien, al comparar los parámetros que integran las ecuaciones balanceadas energéticamente, se observó que la diferencia entre ambas especies fué significativa; asimismo fueron estadísticamente diferentes dichos parámetros para C. idella en las dos condiciones térmicas experimentales ( $p < 0.05$ ).

## EFICIENCIA DE CRECIMIENTO

El índice de eficiencia bruta de crecimiento,  $K_1$  aparentemente no fue influido por las temperaturas experimentales del presente trabajo. Debido a que en la carpa herbívora, el valor de  $K_1$  fué de 71% a la temperatura de 29 °C y 26 °C.

Por otra parte, en la carpa brema se obtuvo un  $K_1$  de 64%, ésto es 10% menor que la herbívora a la misma temperatura (29 °C).

En referencia a la eficiencia neta de crecimiento ( $K_2$ ), que relaciona la ingestión con la asimilación, el valor más alto de 86.5% correspondió a C. idella a 26 °C, el cual es 8.8% mayor que a 29 °C en la misma especie. Para M. amblycephala se encontró un  $K_2$  de 84.0%.

## DISCUSION

En México, la introducción de peces procedentes de otros países han hecho necesarios los estudios tanto de laboratorio como de campo, en los que se contemplen los principales factores ambientales que afectan el crecimiento de estos organismos; dentro de este contexto se enmarcó el objetivo de la presente investigación.

Asimismo, se tomó en cuenta que los estudios de bioenergética son de especial importancia para la acuicultura, en particular en peces herbívoros que indudablemente se encuentran entre las especies más importantes como fuente de alimento. Sin embargo han recibido menos atención, en los estudios ecofisiológicos, que los peces carnívoros (Bardach, et al., 1972)

Por otra parte, se conoce que la temperatura es uno de los principales factores controladores del crecimiento ya que incide directamente en el metabolismo de los peces. El crecimiento óptimo de éstos, se obtiene a temperaturas muy próximas a las que los animales seleccionan activamente en un gradiente térmico.

Por estas razones los ejemplares de las carpas chinas estudiadas, se colocaron en un gradiente horizontal de temperatura ya que éste es uno de los métodos más adecuados para determinar el preferendum final de temperatura de los peces (Badenhuizen, 1967; Fry, 1971; Kellogg y Gift, 1983). Esto se realizó con el fin de establecer las condiciones térmicas óptimas en las cuales se medirían los elementos de la ecuación balanceada energéticamente de las carpas.

El intervalo de temperatura en el gradiente utilizado fue de 12 °C a 37 °C, el cual está dentro de la zona de tolerancia al factor reportado por C. idella por Singh et al. (1967). En este trabajo se determinó por vez primera, el preferendum termal

(29 °C) de ambas especies (Fig.1). Como Jobling (1981) señala, el valor final de preferendum de temperatura no debe visualizarse como un punto fijo, sino como un rango térmico, así es necesario destacar que la temperatura promedio de 29 °C se encuentra en el intervalo de 27 °C a 31 °C.

La temperatura inferior que seleccionó C. idella en presencia de M. amblycephala (Fig. 2), posiblemente fué producido por el comportamiento agresivo de la última especie. Sin embargo, este efecto observado en condiciones experimentales, probablemente estaría reducido en el caso de los policultivos de estas especies, debido a que las dimensiones de los estanques atenuaría el efecto de tal comportamiento.

Una vez obtenidas las temperaturas seleccionadas (29 °C y 26 °C), se procedió a cuantificar los parámetros de la ecuación del balance energético, lo que permitió evaluar el campo de crecimiento de las especies en estudio (Tabla III).

Al comparar dichos elementos, en cada condición experimental, se observó que la carpa herbívora a 29 °C, tuvo una tasa de ingestión 1.3 veces mayor que la carpa brema. Es factible que estos resultados sean de utilidad, si se tomaran en cuenta, para determinar la cantidad de alimento suplementario que se administre y la proporción de siembra de cada especie con el fin de atenuar la competencia en el policultivo.

Beamish, et al. (1975) han reportado que en peces teleósteos la pérdida de energía en heces, es de un 10% al 20% del total de la energía ingerida. Estos valores son similares a los encontrados en este trabajo. Para C. idella las pérdidas fueron de un 11% a 17% de la energía ingerida y para M. amblycephala del 21%. Por otra parte los valores reportados por Fischer (1970 y 1972) para C. idella fueron mucho mayores. Esta diferencia podría de-

berse a una mayor asimilación del alimento proporcionado a los peces en este estudio.

En efecto se encontró que la eficiencia de asimilación de C. idella fué de 89% a 29 °C y de 83% a 26 °C. En contraste Fischer (op cit.), encontró un valor de sólo 20% para esta especie cuando se le alimentó con lechuga y de 40% al proporcionar le una dieta de Tubifex. En M. amblycephala a 29 °C se obtuvo una eficiencia de asimilación de 78%. Valores altos como los encontrados, también se han reportado para otras especies alimentadas con dietas manufacturadas balanceadas. Así, Niimi y Beamish (1974) indican que Micropterus salmoides presentó una eficiencia de un 80%, en tanto que Vega (1981) encontró un valor del 90% en Chirostoma estor.

Fischer (vide supra), Fischer y Lyakovich (1973) y Duncan y Klekowski (1975) indican que los peces pueden clasificarse como herbívoros cuando presentan una asimilación entre el 20% y 30%, como carnívoros inactivos al asimilar entre el 35% y 65% y cuando la eficiencia de asimilación es alta, de 78% a 89% se podría clasificar como omnívoros. En relación a lo anterior y en base a los resultados de este estudio es factible afirmar que C. idella y M. amblycephala pertenecen a esta última categoría.

Es conocido que la mayoría de los organismos exhiben ritmos circadianos en sus funciones fisiológicas (Schwassman, 1971), situación encontrada para el consumo de O<sub>2</sub> en M. amblycephala durante el período de 24 horas registrado (Tabla 1). Al respecto Rychly y Marina (1977) señalan que se puede suponer una periodicidad en la excreción nitrogenada en relación con el consumo de oxígeno, como una consecuencia de la actividad del pez. Esto explica lo encontrado en este trabajo para C. idella a 26 °C, donde la máxima excreción amoniaca correspondió al mayor consumo de oxígeno (Figs. 3 y 5).



En lo referente al consumo de  $O_2$  en M. amblycephala fué similar al reportado para C. idella por Fischer (1970 y 1972); en tanto que los valores promedio del consumo de  $O_2$  para C. idella a 26 °C y 29 °C, reflejan el efecto de la temperatura de manera similar al reportado por Beamish y Mookherjee (1964) para Carassius auratus. Esto es, al incrementarse la temperatura aumentó la tasa de consumo de  $O_2$  en ambas especies.

Ahora bien, en las rectas de regresión entre el consumo de  $O_2$  y el peso corporal, el valor de la pendiente calculada para C. idella a 29 °C fué de 0.71, similar al valor reportado por Fischer (1972) en la misma especie alimentada con Tubifex. En contraste, en esta carpa herbívora a 26 °C la pendiente de la recta se elevó a 0.94. Al respecto, en M. amblycephala a 29 °C el valor de la pendiente de la recta de regresión fué de 0.57, valor semejante al obtenido para C. idella alimentada con lechuga (Fischer, 1970).

Las diferencias, entre los valores de las pendientes de las rectas obtenidas en este trabajo y las encontradas por Fischer, se pueden deber a las distintas condiciones experimentales, tales como la dieta suministrada, la temperatura y la talla de los organismos.

Winberg (1956) reporta que los peces en general presentan un valor de la pendiente de 0.8; este valor no debe tomarse como un valor absoluto, puesto que la pendiente es una constante que es influida tanto por las condiciones ambientales, como por las características inherentes a la especie en cuestión.

La utilización de la energía ingerida en el metabolismo aerobio, fué de 11% en C. idella a 26 °C, el cual concuerda con el valor reportado para la misma especie por Stanley (1974). Para ambas especies de carpas a 29 °C, el intervalo del gasto energético en la respiración aerobia fué de 14% a 18%, este va

lor concuerda con el reportado por Fischer (1970 y 1972) para C. idella de 15% a 23%.

En las tres condiciones experimentales de este estudio, la tasa de excreción amoniacal respecto al tiempo, mostró que el valor máximo de excreción coincidió a las 10 h, lo cual reflejaba el aumento de la actividad de las carpas en el transcurso de la mañana, con un descenso posterior a las 13 h (Fig. 5). Acorde a los resultados presentados en la Tabla II, se puede suponer que el ciclo de excreción nitrogenada a partir de las 13 h se comportaría de la siguiente manera: en M. amblycephala la excreción se mantendría en un nivel bajo durante la noche, hasta llegar al máximo valor en las primeras horas de la mañana, como sucede en Oncorhynchus nerka (Brett y Zala, 1975); por otra parte en C. idella a 26 °C, la excreción aumentaría paulatinamente desde el nivel mínimo del mediodía, hasta alcanzar la mayor tasa de excreción en la mañana del día siguiente, de manera similar al comportamiento de la trucha arco iris reportado por Rychly y Marina (1977).

En C. idella a 29 °C al encontrarse una alta dispersión en los datos de la excreción amoniacal, no es posible explicar el comportamiento a esta temperatura.

Respecto al promedio de la excreción nitrogenada en C. idella a 29 °C, ésta excretó 3.07 ug N-NH<sub>3</sub> / h / pez y a 26 °C la excreción fué 21.8% menor, estos valores reflejan el efecto de la temperatura de manera similar al reportado por Elliott (1976) para Salmo trutta. Esto es, al aumentar la temperatura se incrementó la tasa de excreción de N-NH<sub>3</sub> en ambas especies.

En M. amblycephala a 29 °C el promedio de excreción fué de 1.03 ug N-NH<sub>3</sub> / h / pez, este valor es 3 veces menor que el de C. idella a la misma temperatura; esta diferencia posiblemente se deba a la proporción en que ambas especies de carpas ingiere

ron el alimento y asimismo a la composición de la caporina y al falfa suministrada.

El valor de la pendiente de la regresión de excreción amoniaca en relación al peso corporal encontrado para las dos especies de carpas chinas, fué de 0.77 a 1.94 (Fig. 6). Estos valores difieren con los reportados por Fischer (1970 y 1972) para la carpa herbívora de 0.49 a 0.55. Estas diferencias entre las pendientes calculadas y los valores reportados por este autor, se deben principalmente a la temperatura experimental, el peso de los organismos y la asimilación del alimento suministrado.

La excreción nitrogenada, constituyó el parámetro (U) del balance energético de los peces. En las dos especies de carpas estudiadas, este parámetro fué menor del 2%. Al respecto, Fischer (1970 y 1972) obtiene un valor del 2% para C. idella y Brett y Groves (1979) en una amplia revisión señalan para peces herbívoros y carnívoros un intervalo de excreción del 2% al 29%, por lo que los resultados obtenidos se sitúan dentro del mismo.

Una vez determinados los parámetros de la ecuación del balance energético ya mencionados, se estimó el campo de crecimiento (C) para cada una de las especies, a las temperaturas que previamente habían seleccionado. El campo de crecimiento de M. amblycephala fué del 64% y en C. idella de 71% para ambas temperaturas (Tabla III). Estos valores resultaron superiores a los encontrados por Fischer (op cit.) del 3% y 17% para la carpa herbívora y a los de Stanley (1974), que en la misma especie obtuvo un valor del 50%. La diferencia en el campo de crecimiento obtenido en este trabajo, podría ser consecuencia del efecto favorable que tuvo la alta asimilación de la mezcla del alimento fresco y el comercial, que se proporcione a ambas especies de carpas.

En ambas especies, el valor del intervalo de la eficiencia

bruta  $K_1$ , fué de 64% al 71% y el índice de eficiencia neta  $K_2$ , fué del 80% al 86%. Estos valores son mayores a los reportados por Fischer (1970 y 1972) y a los encontrados por Brett y Groves (1979) para peces herbívoros. Los altos porcentajes encontrados para estos dos índices de eficiencia, son el resultado de la alta asimilación del alimento y campo de crecimiento ya discutidos. Sin embargo en organismos juveniles de la especie Chirostoma estor Vega (1981) obtuvo elevados porcentajes, con  $K_1$  de 72% y  $K_2$  del 78%, valores que corresponden a los obtenidos para las carpas chinas en el mismo estadio de desarrollo.

Por último Hasting y Dickie (1972) mencionan que eficiencias mayores al 50% son altas e indican un adecuado contenido energético del alimento, así como una buena aceptabilidad del alimento, digestibilidad y condiciones óptimas sobre un cierto período en la vida del pez, donde la mayoría de las demandas metabólicas se canalizan hacia el crecimiento; esta situación se presentó para las dos especies de carpas durante el presente trabajo.

En conclusión, las carpas Megalobrama amblycephala y Ctenopharyngodon idella seleccionan activamente el intervalo de temperaturas de 27 °C a 29 °C, al someterlos a un gradiente térmico horizontal.

El elevado valor del campo de crecimiento obtenido para ambas especies (69% al 72%) mostró que estos organismos aceptaron adecuadamente el alimento suministrado y además, presentaron una alta asimilación del mismo (superior al 77%), en las condiciones térmicas previamente establecidas en este estudio.

## BIBLIOGRAFIA

- Arredondo, J.L. (1983) Especies animales acuáticas de importancia nutricional introducidas en México. Biotica 8 (2) : 175 - 199.
- Badenhuizen, T.R. (1967) Temperature selected by Tilapia mossambica (Peters) in test tank with a horizontal gradient. Hidrobiol., 30 : 541 - 554.
- Bardach, J.E. Ryther, J.H. and W.O. Mc Larney. (1972) "Aguaculture The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms". Wiley (Interscience), New York.
- Beamish, F.W.H. (1964) Respiration of fishes with special emphasis on standard oxygen consumption. II. Influence on weight and temperature on respiration of several species Can. J. Zool., 42: 177 - 187.
- Beamish, F.W.H. and P.S. Mookherjee. (1964) Respiration of fishes with special emphasis on standard oxygen consumption. I. Influence of weight and temperature on respiration of gold fish Carassius auratus. Can. J. Zool., 42: 161-175.
- Beamish, F.W.H., Niimi, A.J. and P.F.K.P. Lett. (1975) Bioenergetics of teleost fishes: Environmental influences. In: Comparative Physiology - Functional aspects of structural materials. Eds. Bolis, L., Maddrell, H.P. and K. Schmidt - Nielsen. North- Holland. Pub. Co. p: 189 - 209.
- Beitinger, T.L. and L.C. Fitzpatrick. (1979) Physiological and ecological correlates of preferred temperatures in fish. Amer. Zool., 19 : 319 - 329.

- Brett, J.R. (1971) Energetics responses of salmon to temperature. A study of some thermal relation in the physiology and freshwater ecology of sockeye salmon (Oncorhynchus nerka). Amer. Zool., 11 : 99 - 113.
- Brett, J.R. (1979) Enviromental factors and growth. In: Fish Physiology. Eds. Hoar, W.S. and D.J. Randall. Vol. VIII. Academic Press. New York. p : 599 - 675.
- Brett, J.R. and T.D.D. Groves. (1979) Physiological Energetics. In: Fish Physiology. Eds Hoar, W.S. and D.J. Randall. Vol. VIII. Academic. Press. New York. p: 279 - 352.
- Brett, J.R. and C.A. Zala. (1975) Daily pattern of nitrogen excretion and oxygen consumption of sockeye salmon (Oncorhynchus nerka) under controlled condition. J. Fis. Res. Board. Can., 32 : 2479 - 2486.
- Departamento de Pesca (1981) Programa Nacional de Acuicultura. Direc. Gral. de Acuicultura. México. 45 pp.
- Duncan, A. and R.Z. Klekowski. (1975) Paramenters of an Energy Budget. In: Methods for Ecological Bioenergetics. Eds Grodzinski, et al. IBP N° 42. Blackwell Sci. Pub. Oxford. p : 97 - 147.
- Elliott, M.J. (1976) Energy losses in the waste products of brown trout (Salmo trutta L.), J. Anim. Ecol., 45 : 561 - 580.
- Fischer, Z. (1970) The elements of energy balance in grass carp (Ctenopharyngodon idella Val.) Part I. Pol. Arch. Hydrobiol., 17 : 421 - 434.

- Fischer, Z. (1972a) The elements of energy balance in grass carp (Ctenopharyngodon idella Val.) Part II. Fish fed with animal food. Pol. Arch. Hydrobiol., 19 : 65 - 82.
- Fischer, Z (1972b) The elements of energy balance in grass carp (Ctenopharyngodon idella Val.) Part III. Assimilability of proteins, carbohydrates and lipids by fish fed with plant and animal food. Pol. Arch. Hydrobiol., 19 : 83 - 95.
- Fischer, Z. and V.P. Lyakovich. (1973) Biology and Bioenergetics of grass carp (Ctenopharyngodon idella Val). Pol. Arch. Hydrobiol., 20 : 521 - 557.
- Forster, R.P. and L. Goldstein. (1969) Formation of excretory products. In: Fish Physiology. Eds. Hoar, W.S. and D.J. Randall. Vol. I. Academic Press. New York. p : 313 - 350.
- Franco, S.C. (1981) Análisis del crecimiento y factor de condición de la carpa herbívora (Ctenopharyngodon idellus, Cuvier et Valenciennes 1839) en un embalse temporal. Tesis Profesional; Fac. Ciencias. U.N.A.M. México D.F. 96 pp.
- Fry, F.E.J. (1971) The effect of environmental factors on the physiology of fish. In: Fish Physiology. Eds. Hoar, W.S. and D.J. Randall. Vol 1 Academic press. New York. p: 1- 98.
- Hasting, W.H. and L.M. Dickie. (1972) Feed formulation and evaluation. In: Fish Nutrition. Ed. Halver, J.E. Academic Press. New York p : 327 -374.

- Juárez, J.R., Palomo, G.G., Ceballos, M.L., Franco, S.C. y J.R. Campos. (1981) Efectividad de un alimento balanceado de tres malezas acuáticas en el crecimiento de la carpa herbívora: (Ctenopharyngodon idellus, Cuv et Val 1839) Rev. Lat. Acui., 10 : 33 - 45.
- Jobling, M. (1981) Temperature tolerance and the final preferendum rapid methods for the assessment of optimum growth temperatures. J. Fish. Biol., 19 : 439 - 455.
- Kellogg, R.L. and J.J. Gift. (1983) Relationship between optimum temperatures for growth and preferred temperatures for the young of four fish species. Trans. Amer. Fish. Soc., 112 : 424 - 430.
- Klekowski, R.Z. and A. Duncan (1975) Physiological approach to ecological energetics. In: Methods for Ecological Bioenergetics. Eds. Grodzinski, et al. IBP. N° 24 Blackwell Sci. Pub. Oxford. p : 15 - 52.
- Niimi, A.J. and F.W.H. Beamish. (1974) Bioenergetics and growth of largemouth bass (Micropterus salmoides) in relation to body weight and temperature. Can. J. Zool., 52 : 447 - 456.
- Paloheimo, J.E. and L.M. Dickie. (1965) Food and growth in fishes. I. A growth curve derived from experimental data. J. Fish. Res. Bd. Cand., 22 : 522 - 542.
- Paloheimo, J.E. and L.M. Dickie. (1966) Food and growth in fishes. III. Relations among food, body size, and growth efficiency. J. Fish. Res. Bd. Cand., 23 (8) : 1209 - 1248



- Rychly, J. and Marina, B.A. (1977) The ammonia excretion of trout during a 24-Hour period. Aquaculture., 11 : 173 - 178.
- Rodier, J. (1981) Análisis de las aguas. Omega. España.  
p : 137 - 140.
- Rojero, J. (1983) Policultivo de Ciprinidos utilizando cinco especies con tres tipos de fertilizantes. Tesis Profesional, Ciencias Marinas, U.A.B.C. Ensenada, B.C.N. 69 pp.
- Rosas, C. (1983) Estudios ecofisiológicos de Sarotherodon mossambicus en el laboratorio; gradiente preferencial y metabolismo aerobio, Tesis Profesional, Fac, de Ciencias, U.N.A.M. México, D.F. 28 pp.
- Schwassmann, H.O. (1971) Biological rhythms. In: Fish Physiology Eds. Hoar W.S. and D.J. Randall. Vol. VI Academic Press. London, New York. p : 371 - 428.
- Shang, Y.C. (1981) Aquaculture Economics; Basic concept and methods of analysis. Westview Press. Boulder, Colorado.
- Singh, S.B., Barnerjee, S.C. and P.C. Chakrabarti. (1967) Preliminary observations on response of young ones of chinese carps to various physico-chemical factor of water. Proceeding National Academy of Sciences, India., 37 (B) III : 310 - 320. (citado por Franco, 1981).
- Stanley, J.G. (1974) Energy balance of white amur fed Egeria Hyacinth Control J., 12 : 62 - 66. (citado por Brett y Groves, 1979).

- Vega, M.E. (1981) Balance energético de Chirostoma estor: Captación de alimento y eficiencia de la extracción de energía en juveniles y adultos, Tesis Profesional, Fac. de Ciencias. U.N.A.M. México, D.F. 36 pp.
- Warren, C.E. and G.E. Davis. (1967) Laboratory studies on the feeding bioenergetic and growth of fish. In: The Biological Basic of Freshwater Fish Production. Ed. Gerking, G. Blackwell Sci. Pub. Oxford. p : 175 - 214.
- Winberg, G.G. (1956) The rate of metabolism and food requirements of fishes. Belorussian University. Minsk Fish. Res. Bd. Can. Transl. Ser. 194.
- Zar, J.H. (1974) Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc Englewood Cliffs, N.J. 620 pp.

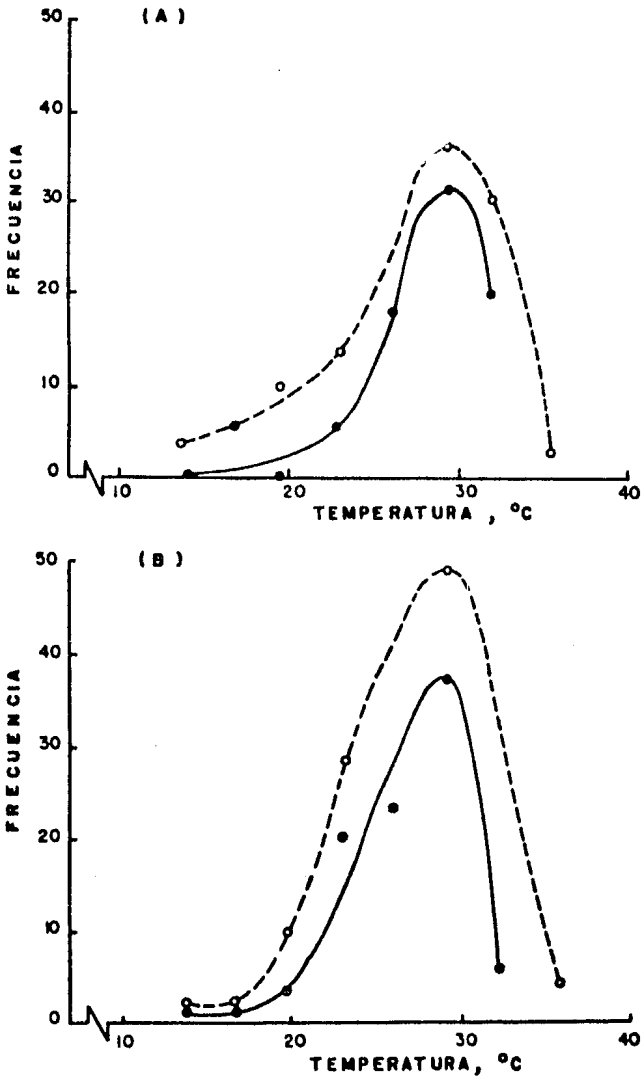


Fig. 1 - Temperaturas seleccionada por *M. amblycephala* (-o-) y *C. idella* (-●-) en el día (A) y en la noche (B), en un gradiente horizontal.

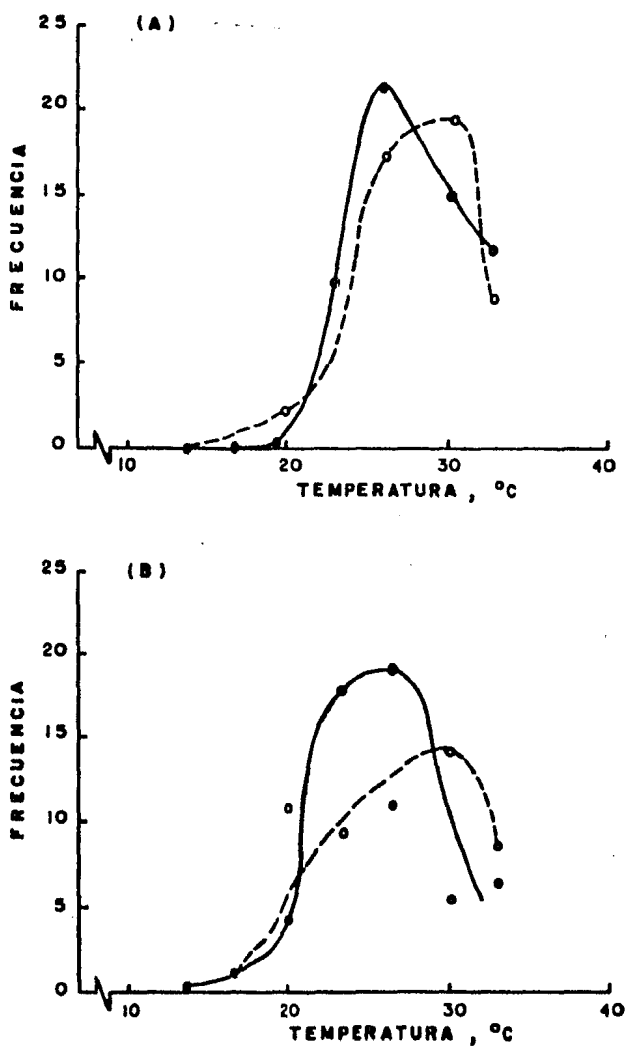


Fig. 2 - Temperaturas seleccionadas por ambas especies en conjunto; *M. amblycephala* (-o-) y *C. idella* (-●-) en el día (A) y en la noche (B), en un gradiente térmico horizontal.

Tabla I. Consumo de oxígeno (ul/h/pez) en un ciclo de 24 horas en Megalobrama amblycephala y en un periodo de 16 horas en Ctenopharyngodon idella a diferentes temperaturas. a) 29 °C, b) 26 °C. Media ± E. S. en paréntesis, número de animales.

		10:00 h	13:00 h	16:00 h	20:00 h	24:00 h	04:00 h
<u>M. amblycephala</u>	a)	420 ± 35	644 ± 56	616 ± 84	483 ± 21	441 ± 21	399 ± 28
		3.6 - 41.4g (7)	(8)	(8)	(8)	(8)	(7)
<u>C. idella</u>	a)	658 ± 42	343 ± 35	392 ± 42	315 ± 35	-	-
		(13)	(13)	(10)	(10)		
2.3 - 14.1g	b)	294 ± 28	238 ± 28	259 ± 28	154 ± 28	-	-
		(12)	(12)	(12)	(11)		

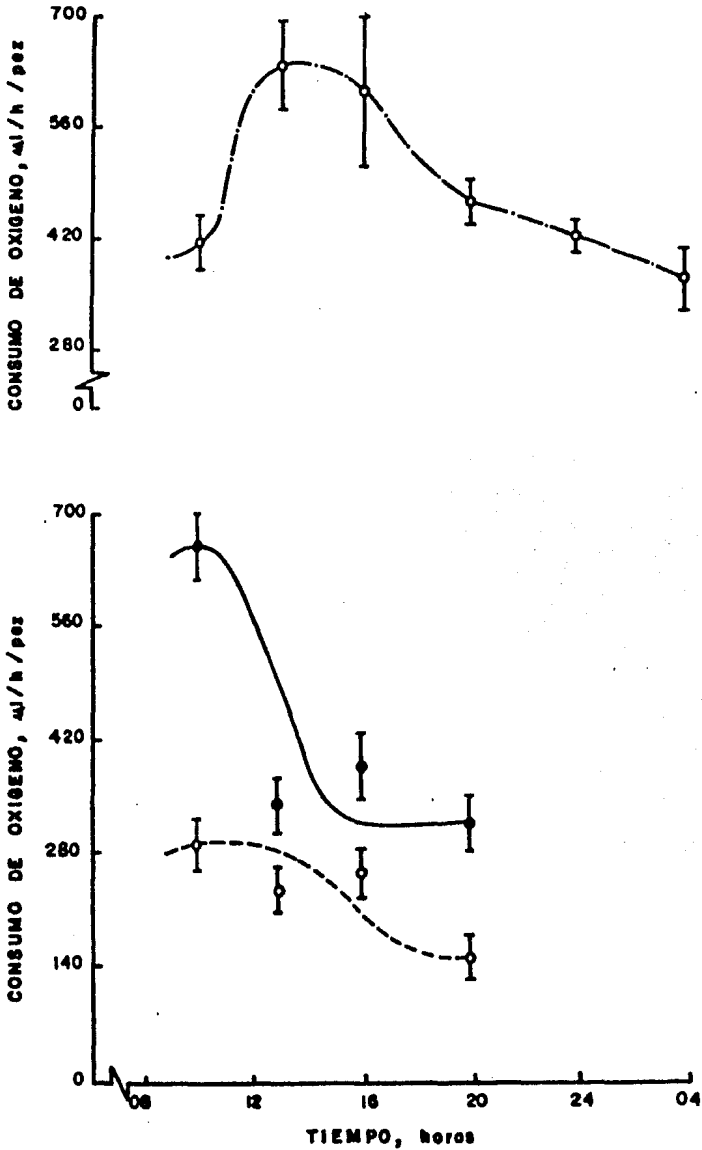


Fig. 3 - Consumo de  $O_2$  en un ciclo de 24 horas. (---○---) *M. amblycephala* a 29 °C; (—●—) *C. idella* a 29 °C y a 26 °C (---○---).

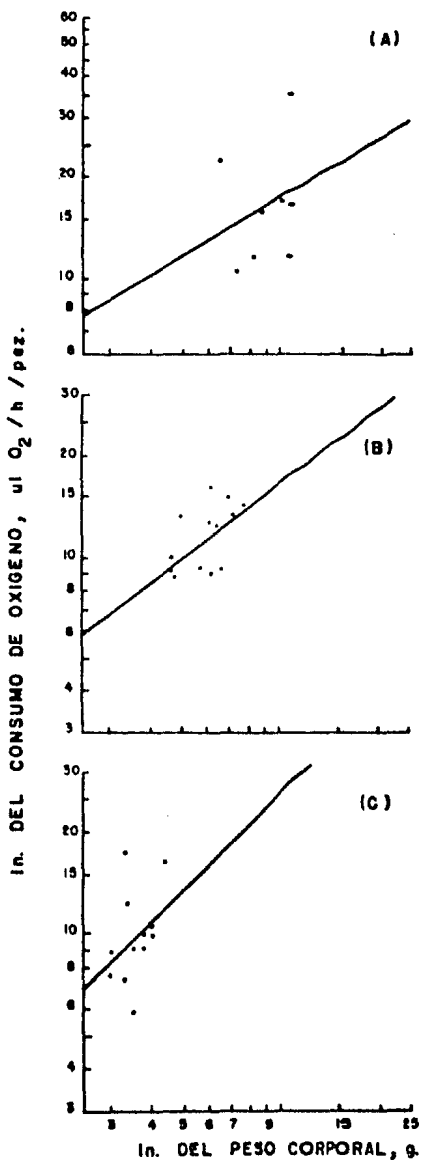


Fig. 4 - Relación entre el consumo de oxígeno y el peso corporal de *M. amblycephala* a 29 °C (A) ; *C. idella* a 29 °C (B) y *C. idella* a 26 °C (C).

Tabla II. Excreción de amonio (ug/h/pez) en un ciclo de 24 horas en Megalobrama amblycephala y en un periodo de 16 horas en Ctenopharyngodon idella a diferentes temperaturas. a) 29 °C, b) 26 °C. Media + E. S. en paréntesis, número de animales

		10:00 h	13:00 h	16:00 h	20:00 h	24:00 h	04:00 h
<u>M. amblycephala</u> 3.6 - 41.4g	a)	$13.5 \pm 1.7$ (17)	$12.4 \pm 1.6$ (8)	$6.1 \pm 0.8$ (5)	-	-	$8.7 \pm 0.4$ (8)
	a)	$20.9 \pm 4.5$ (6)	$11.1 \pm 1.8$ (9)	$23.2 \pm 3.9$ (10)	$15.2 \pm 2.1$ (10)	-	-
<u>C. idella</u> 2.3 - 14.1g	b)	$16.1 \pm 2.5$ (12)	$5.8 \pm 0.4$ (6)	$7.4 \pm 0.7$ (9)	$9.2 \pm 1.8$ (6)	-	-



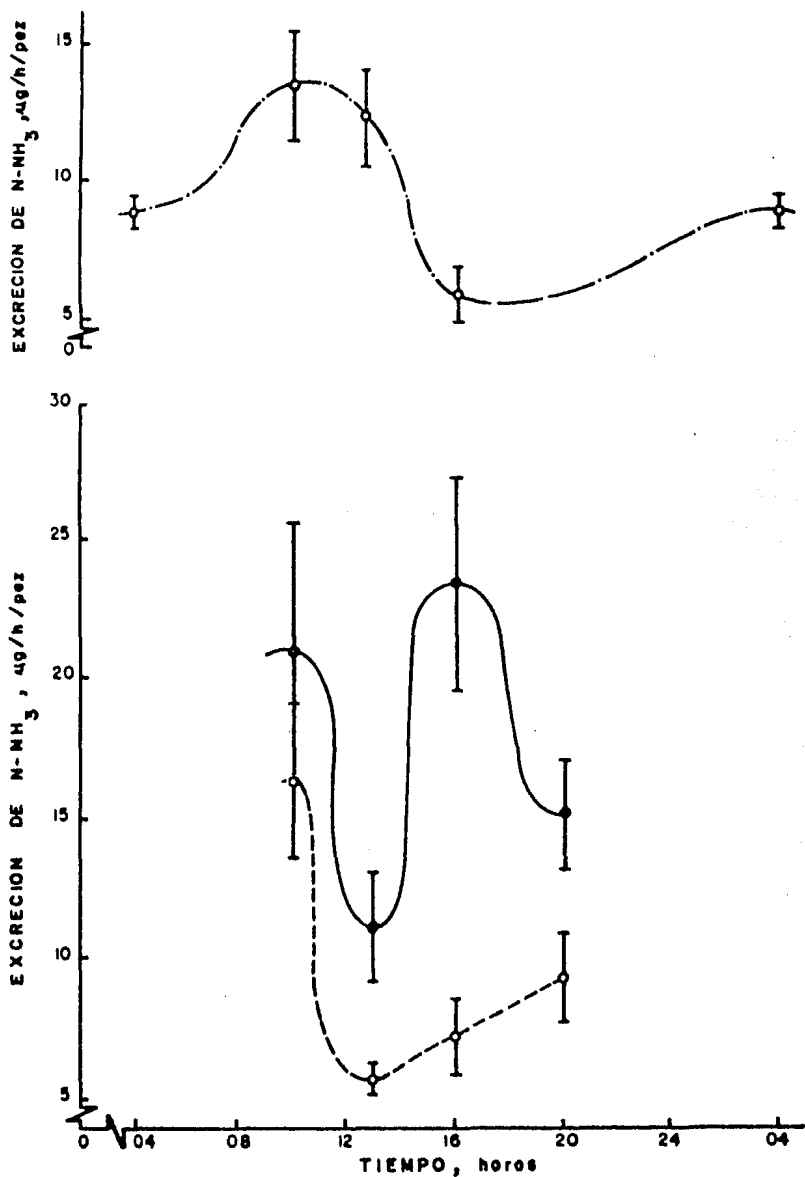


Fig. 5 - Ciclo de excreción nitrogenada en *M. amblycephala* (-o-) en 29 °C y *C. idella* en 29 °C (●) y en 26 °C (-o-).

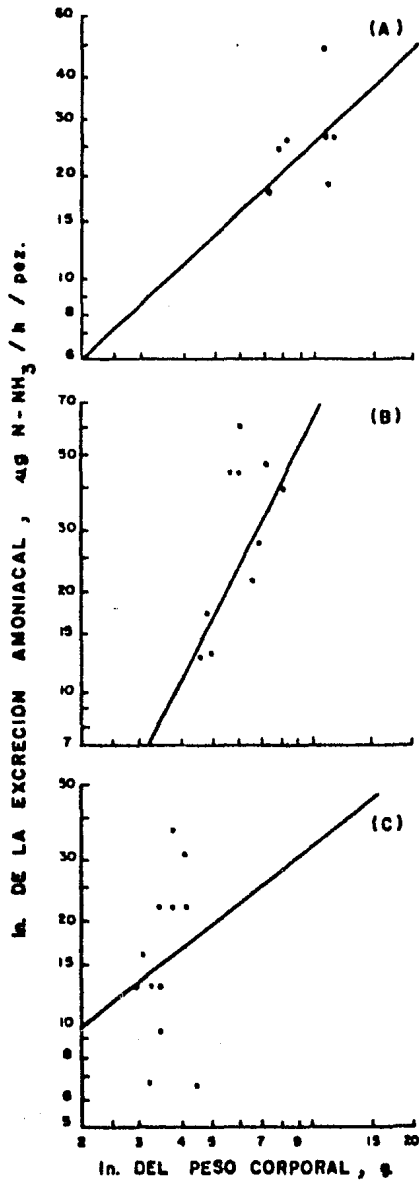


Fig. 6 - Relación entre la excreción amoniacal y el peso corporal de M. amblycephala a 29 °C (A); C. idella a 29 °C (B) y C. idella a 26 °C (C).

Tabla III. Balance energético de Megalobrama amblycephala y Ctenopharyngodon idella a las temperaturas seleccionadas en el gradiente. Parámetros en cal/dfa/pez y como porcentaje de la ingestión.

	<u>M. amblycephala</u>	<u>C. idella</u>	
Peso (g)	10.7	6.2	3.8
Temperatura (°C)	29	29	26
Ingestión, I.	581.3	430.3	297.1
%	100.0	100.0	100.0
Respiración, R.	78.9	75.9	33.6
%	13.8	17.6	11.3
Heces, H.	122.0	45.8	49.8
%	21.0	10.6	16.8
Escreción, U.	8.6	3.3	2.3
%	1.5	0.8	0.7
Crecimiento, C	371.9	305.4	211.4
%	64.0	71.0	71.2
Asimilación, A	450.7	381.3	245.0
%	77.5	88.6	82.5