

99



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

## FACULTAD DE CIENCIAS

Relación interespecífica entre el acocil (*Cambarellus montezumae lermensis*) y la carpa (*Cyprinus carpio*) en embalses someros del Alto Lerma.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A:

Demián

Hinojosa

Garro

DIRECTOR DE TESIS : BIOL. LUIS ZAMBRANO GONZALEZ



287462

1999

2001

FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCION ESCOLAR



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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



REPUBLICA NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO**  
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:  
Relación interespecífica entre el acocil (Cambarellus montezumae  
lermensis) y la carpa (Cyprinus carpio) en embalses someros del  
Alto Lerma

realizado por Demián Hinojosa Garro

con número de cuenta 9450300-I, pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario Biól. Luis Zambrano González

Propietario Dr. Guillermo Salgado Maldonado

Propietario Biól. José Luis Villalobos Hirriart

Suplente Dr. Héctor Arita Watanabe

Suplente Biól. Eduardo A. Pérez García

*[Handwritten signatures: Guillermo Salgado Maldonado, José Villalobos A.]*

*[Handwritten signature: Eduardo A. Pérez G.]*  
FACULTAD DE CIENCIAS  
U. N. A. M.

*[Handwritten signature: Edna María Suárez D.]*  
Consejo Departamental de Biología  
Dra. Edna María Suárez Díaz



DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

## **Agradecimientos**

Antes que nada quiero agradecer el apoyo incondicional de mi Mama y Papa, ya que gracias a ellos he podido culminar muchos sueños, entre ellos el haber podido estudiar una licenciatura. Ellos siempre estuvieron de acuerdo en que estudiara Biología y eso realmente no se como pagárselos; los quiero mucho. También quiero agradecer el constante apoyo de mis tíos Nora y Nacho.

Dedico esta tesis a mi hermano Román, que ha tenido un proceso muy difícil en su vida, pero se que se repondrá.

Alguien que quiero mucho y que ha estado siempre conmigo en las buenas y en las malas es Marina Castilla, mi novia, que en todo este tiempo que hemos estado juntos ha sido esencial.

Agradezco mucho a mi director de tesis el Dr. Luis Zambrano González, ya que aparte de ser un gran investigador es una gran persona y amigo. El haber realizado esta tesis juntos fue una gran experiencia, ya que pudimos intercambiar opiniones y experiencias que nos han servido como biólogos y como personas.

Agradezco también, al Dr. Héctor Arita Watanabe por su constante apoyo en el desarrollo de esta tesis. De igual manera a Eduardo Pérez, Guillermo Salgado y José Luis Villalobos por sus valiosos comentarios y sugerencias.

La experiencia de la carrera no hubiera sido igual sin todos mis amigos (la onda men y compañeros) a los cuales quiero mucho (Uds. saben quienes son).

Este trabajo no se hubiera podido realizar sin la ayuda de Víctor Aguirre. De igual manera agradezco a Rosendo, Rodolfo, Alejandro, Leonel, Samuel, Víctor y Martín quienes realizaron su servicio social como estudiantes del CEBETA 40 en el proyecto.

## Índice

<b>I.- Introducción.....</b>	<b>1</b>
a) Objetivo general	
b) Objetivos particulares	
<b>II.- Antecedentes.....</b>	<b>3</b>
a) Interacciones.....	3
b) Carpa.....	6
c) Acocil.....	10
d) Interacción potencial acocil-carpa.....	11
<b>III.- Sitio de estudio.....</b>	<b>14</b>
<b>IV.- Método.....</b>	<b>15</b>
1) Colecta Acambay.....	16
2) Colecta estación “El Cerrillo”.....	17
3) Parte experimental.....	18
<b>V.- Resultados.....</b>	<b>20</b>
<b>VI.- Discusión.....</b>	<b>27</b>
<b>VII.- Conclusiones.....</b>	<b>36</b>
<b>VIII.- Literatura citada.....</b>	<b>37</b>

## Resumen

La introducción de especies exóticas en ecosistemas terrestres generalmente afecta la dinámica de diferentes poblaciones. En ecosistemas de agua dulce estos cambios se acentúan más, ya que la velocidad de los procesos es aun mayor. Un ejemplo de esto son los cambios que produce la carpa al ser introducida en diferentes ecosistemas dulceacuícolas. Por desgracia en México no se ha generado información referente al impacto producido por la carpa, y por lo tanto no se conoce su interacción con las diferentes especies dulceacuícolas, entre estas los acociles. Comúnmente se cree que la carpa se alimenta de acociles, y que por esta razón desaparecen éstos de los cuerpos de agua donde se introduce carpa. El presente trabajo analiza bajo un estudio de redes tróficas, cómo se relaciona la especie nativa de acocil *C. montezumae* variedad *lermensis* (Saussure) y la carpa común (*C. carpio* L.) en embalses de bordos del municipio de Acambay, Edo. de México. Con esto se podrá determinar que tipo de interacción biótica (directa y/o indirecta) se presenta entre el acocil y la carpa.

Los resultados sugieren que la casi nula presencia de acociles en la dieta de la carpa indica que la relación depredador-presa es circunstancial, y que por lo tanto, existe un efecto negativo indirecto por medio de la modificación del hábitat del acocil. Es decir, al modificar factores como la turbidez del agua y el incremento de nutrientes la carpa promueve la fragmentación y destrucción del hábitat preferencial del acocil (plantas enraizadas como *Potamogeton* sp. y *Cladophora* sp. y sumergidas como *Miriophyllum verticillatum*, *Elatine americana* e *Hydrocotyle verticillata*), causando un efecto negativo sobre la distribución y abundancia de acociles en los embalses de bordos. Por otro lado,

los elementos encontrados en la dieta de la carpa fueron : semillas de gramíneas, tejido vegetal, algas clorofitas, detritus y larvas de dípteros.

## I.- Introducción

Los acociles son organismos que se conocen desde los primeros asentamientos indígenas, y han jugado un papel importante en la dieta de los mexicanos desde entonces (Villalobos, 1953). Actualmente en México a los acociles se les captura en forma artesanal, teniendo un consumo y comercialización tanto regional como local. Una de las principales especies utilizadas para el comercio es *Cambarellus montezumae* variedad *lermensis*. Se distribuye ampliamente desde la cuenca del río Lerma y la cuenca del Valle de México, hasta la costa del Pacífico, ocupando los estados de México, Michoacán y el D.F., siendo una especie endémica de esta cuenca (Villalobos, 1983).

Hoy en día los grandes cuerpos de agua donde habitan estos organismos presentan una serie de problemas ocasionados por el hombre, entre los que destacan la constante contaminación y destrucción de sus hábitats. Esto último ha provocado que especies dulceacuícolas como el acocil, encuentren refugio en pequeños cuerpos de agua artificiales como lo son los embalses de bordos.

Dichos embalses son muy comunes en todo el Edo. de México y es posible que sean sistemas de dispersión y colonización para muchas especies dulceacuícolas, entre ellas el acocil (Zambrano com. per.).

El agua contenida en los bordos se emplea para el riego de los campos de cultivo en la temporada de secas (Zambrano y Tapia, 1998). Por un tiempo, se habían mantenido al margen de la contaminación y de las políticas de cultivo dulceacuícola por su reducido tamaño; sin embargo, en las últimas dos décadas, la acuicultura de especies exóticas se ha visto como una alternativa a los problemas alimentarios de las poblaciones rurales (Hernández *et al.*, 1995). Un ejemplo de esto es el cultivo de la carpa común (*C. carpio*), que es un pez proveniente de China, y que ha sido difundido en el 95 % de los cuerpos de

agua dulce del país (Mújica, 1987). La carpa genera efectos negativos sobre la riqueza y abundancia de flora y fauna dulceacuícola. Por desgracia en México no se ha generado información referente a los efectos producidos por la carpa, y por lo tanto no se conoce su interacción con el acocil. En estudios preliminares se ha encontrado que en zonas donde se introduce carpa la población de acociles disminuye en gran medida (Zambrano *et al.*, en prensa). Esto se puede deber, ya sea que por un lado la carpa tenga una relación directa de depredación hacia la población de acociles, y/o a un efecto negativo indirecto producido al promover la destrucción y fragmentación del hábitat del acocil (plantas acuáticas).

Con este trabajo se pretende conocer un poco más la dinámica de las interacciones de las especies exóticas en ecosistemas mexicanos, y con esto, se podrán plantear alternativas que permitan proteger las especies nativas de agua dulce del Altiplano Mexicano, así como del resto del país.

### **a) Objetivo general**

Determinar qué tipo de interacciones bióticas (directa y/o indirecta) se presentan entre la especie nativa de acocil *C. montezumae* variedad *lermensis* y la especie exótica de pez *Cyprinu carpio* en embalses someros del municipio de Acambay, Edo. de México.

### **b) Objetivos particulares**

1) Determinar si existe una relación depredador-presa entre el acocil y la carpa.

- 2) Determinar la abundancia, el patrón de distribución y la preferencia de hábitat del acocil *C. montezumae* variedad *lermensis*, en las distintas especies de plantas acuáticas dentro de los embalses de bordos.
- 3) Describir el patrón de actividad de los acociles a lo largo del día, en las distintas especies de plantas acuáticas.
- 4) Analizar la relación que se presenta entre los acociles y las distintas especies de plantas acuáticas, en presencia de diferentes densidades de carpas en los embalses de bordos.
- 5) Determinar si el comportamiento de la carpa puede afectar el comportamiento y distribución de los acociles en los embalses de bordos.

## **II.- Antecedentes**

### **a) Interacciones**

Existen distintos tipos de interacciones entre los organismos dependiendo del papel ecológico que desempeñen en una comunidad. Las interacciones directas son aquellas en las cuales se presenta una relación depredador-presa, entre las que destacan la competencia por interferencia. En este tipo de interacción el depredador regula la población de la presa y viceversa, teniendo implicaciones evolutivas, de comportamiento, así como en la estructura de población de la presa y del depredador (Begon *et al.*, 1996). El segundo tipo de interacciones son menos estudiadas, se conocen como efectos indirectos. Los efectos indirectos se definen como el efecto que causa una especie a otra, que a su vez mantiene una relación mutua con una tercera (Miller y Kerfoot, 1987). En estos efectos interactúan conjuntamente una variedad de especies, las cuales alteran el grado de relación entre ellas por

- 2) Determinar la abundancia, el patrón de distribución y la preferencia de hábitat del acocil *C. montezumae* variedad *lermensis*, en las distintas especies de plantas acuáticas dentro de los embalses de bordos.
- 3) Describir el patrón de actividad de los acociles a lo largo del día, en las distintas especies de plantas acuáticas.
- 4) Analizar la relación que se presenta entre los acociles y las distintas especies de plantas acuáticas, en presencia de diferentes densidades de carpas en los embalses de bordos.
- 5) Determinar si el comportamiento de la carpa puede afectar el comportamiento y distribución de los acociles en los embalses de bordos.

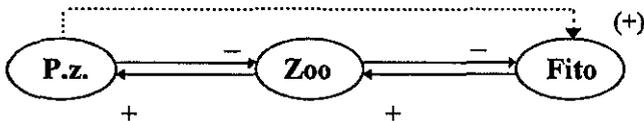
## **II.- Antecedentes**

### **a) Interacciones**

Existen distintos tipos de interacciones entre los organismos dependiendo del papel ecológico que desempeñen en una comunidad. Las interacciones directas son aquellas en las cuales se presenta una relación depredador-presa, entre las que destacan la competencia por interferencia. En este tipo de interacción el depredador regula la población de la presa y viceversa, teniendo implicaciones evolutivas, de comportamiento, así como en la estructura de población de la presa y del depredador (Begon *et al.*, 1996). El segundo tipo de interacciones son menos estudiadas, se conocen como efectos indirectos. Los efectos indirectos se definen como el efecto que causa una especie a otra, que a su vez mantiene una relación mutua con una tercera (Miller y Kerfoot, 1987). En estos efectos interactúan conjuntamente una variedad de especies, las cuales alteran el grado de relación entre ellas por

medio de diferentes mecanismos. La presencia de la tercera especie puede cambiar tanto el signo de las interacciones directas entre las especies focales, así como la intensidad con que se presenta (Strauss, 1991). Este tipo de efectos se han agrupado en tres grandes categorías: los efectos indirectos sobre la abundancia de organismos de una especie, los efectos indirectos causados por cambios en el comportamiento de una especie y los efectos indirectos producidos por cambios de tipo químico.

En ecosistemas acuáticos se presentan relaciones indirectas entre diferentes poblaciones. La mayoría de estos efectos son producidos por especies de peces, las cuales afectan la relación existente entre la comunidad de macrofitas, bentos y plancton. Por ejemplo, los peces zooplanctívoros generan distintos tipos de efectos sobre la abundancia de algunas especies. Anderson *et al.* (1978) observaron que en encierros en los cuales no podían entrar peces zooplanctívoros, los Cladoceros incrementaban su tamaño, a diferencia de la concentración de clorofila *a*, la cual se veía reducida considerablemente. Mientras que en los encierros en los cuales los peces podían entrar, las concentraciones de clorofila *a* aumentaban. Por otro lado, la composición de fitoplancton cambió, ya que *Microcystis* se volvió dominante en los encierros con peces, mientras que en los encierros sin peces el fitoplancton presentó una mayor diversidad de especies. En este tipo de efecto indirecto se presentan cambios en la abundancia de una especie que se reflejan a lo largo de la trama trófica (Fig. 1).



**Fig. 1.** Efecto indirecto causado por un pez zooplanctívoro (P.z.) sobre la abundancia y diversidad de fitoplancton (Fito), por medio de efectos sobre el zooplancton (Zoo). La línea punteada indica la dirección del efecto indirecto sobre la abundancia de fitoplancton.

Por otro lado el segundo y tercer tipo de efectos indirectos no están relacionados con la abundancia, sino con el comportamiento de las especies. Existe un comportamiento del zooplancton en relación a la presencia de un pez zooplanctívoro. Esto es, cuando existe solamente una especie de pez, en este caso zooplanctívoro, el zooplancton presenta patrones de migración hacia la zona con macrofitas, ya que les permiten refugiarse de su depredador (Timms y Moss, 1984). Pero cuando se introduce un pez picívoro, el pez zooplanctívoro es el que busca refugio en las macrofitas para evitar ser depredado, permitiendo que el zooplancton migre hacia la columna de agua (Fig. 2).

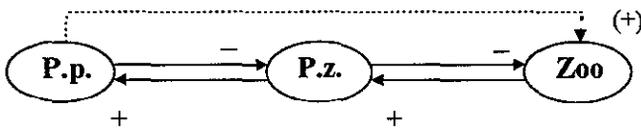
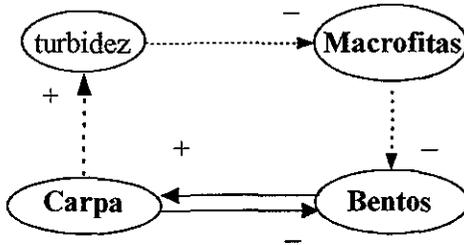


Fig.2. Efecto indirecto causado por la presencia de un pez picívoro (P.p.), el cual va a afectar el comportamiento del zooplancton, al depredar al pez zooplanctívoro (P.z). La línea punteada indica la dirección del efecto indirecto sobre el comportamiento del zooplancton (Zoo).

Por último, existe un tercer tipo de efecto indirecto el cual se presenta en forma de alteraciones de los elementos químicos presentes en el agua. Los ciprínidos son un grupo de peces muy relacionados con este fenómeno. En lagos donde se han introducido ciprínidos existe un incremento en la disponibilidad de nutrientes, sobre todo de amonio, nitrógeno y sólidos suspendidos (Lammens, 1988). Estos últimos son alterados cuando los organismos se alimentan en el fondo, provocando que gran cantidad del sedimento se resuspenda hacia la columna de agua (Cahn, 1929; Anderson, 1950; McCrimmon, 1986; Breukelaar *et al.*, 1994; Cline *et al.*, 1994). Esto trae como consecuencia por un lado, que la comunidad de algas pueda crecer

rápidamente por la disponibilidad de nutrientes, y/o por otro que la turbidez del agua se incremente y esto afecte directamente la comunidad de macrofitas así como la de organismos bentónicos (Fig. 3).



**Fig.3.** La línea punteada indica la dirección del efecto indirecto hacia la comunidad de macrofitas y bentos, causado por el incremento en la turbidez en la columna de agua producto de la acción de la carpa sobre el fondo. Las líneas enteras indican la relación directa entre la carpa y el bentos.

Es claro que la comunidad de peces, en especial los ciprínidos, tiene una influencia directa sobre la dinámica de otras comunidades. Por un lado puede depredar a la comunidad de zooplancton y de invertebrados; por otro lado, cuentan con interacciones indirectas hacia la comunidad de macrofitas, por medio de cambios en la disponibilidad de nutrientes y sólidos suspendidos.

## b) Carpa

La carpa común es un pez exótico de gran importancia comercial en nuestro país, se introdujo hace un siglo, pero en los años setenta se dio un auge a su cultivo como una medida para resolver problemas alimentarios en las comunidades rurales. Este pez es de régimen omnívoro, pero presenta una preferencia por consumir organismos bentónicos tales como quironómidos, oligoquetos, y microcrustáceos. También es común encontrar semillas de gramíneas, así como clorofitas asociadas a su dieta (Vaas y Vaas-Van Oven,

1959; Stein y Kitchell, 1975; Zur, 1980; Spataru *et al.*, 1983; Crivelli, 1981; García y Adelman, 1985; Wood y Ghannudi, 1985), la cual se ajusta dependiendo de los recursos. El tamaño de partícula del alimento que prefieren los peces, es menor al tamaño de la boca del pez (Thorpe y Wankowski 1979; Dabrowski *et al.*, 1984, citado por Dabrowski y Bardega 1983; Mills *et al.*, 1984). En carpas de 13-31 mm de largo total, se encontró una relación del 0.2 - 0.4% del tamaño de la partícula con respecto al tamaño de la boca del pez, es decir partículas que rebasen este tamaño (125-1000  $\mu\text{m}$ ) son poco probable que sean ingeridas (Hasan y Macintosh, 1992). Es así que la carpa se alimenta generalmente de organismos y materia orgánica de tamaño pequeño con respecto al tamaño de su boca. Por esta razón, en Estados Unidos es común encontrar cultivo de carpas en granjas donde se producen acociles, ya que la disponibilidad de zooplancton es alta en verano, pudiéndose cultivar ambos organismos sin presentarse una competencia por recursos (Huner, 1993).

Esta especie es muy resistente ya que puede sobrevivir en condiciones bajas de oxígeno ( $> 5 \text{ mg/l}$ ), así como en zonas donde fluctúe mucho la temperatura. Para su reproducción necesita una temperatura promedio cercana a los  $20^\circ\text{C}$  (Maitland y Campbell, 1992). La carpa es depredada sólo en estadios juveniles, sus depredadores son insectos (libélulas), serpientes acuáticas, sapos, ajolotes y principalmente aves como garzetas y gallaretas (Valdez González y Montemayor, 1995).

Algunos autores plantean que la carpa es responsable de producir cambios en los ecosistemas limnéticos, uno muy importante es el aumento de la turbidez en la columna de agua, así como el incremento en la concentración de nutrientes (Cahn, 1929; Anderson, 1950; McCrimmon, 1986; Breukelaar *et al.*, 1994; Cline *et al.*, 1994). Este fenómeno provoca la disminución en la tasa fotosintética, afectando de forma indirecta a diferentes especies de macrofitas

sumergidas (Robel, 1961; Westlake 1971; Barko *et al.*, 1986; Engel y Nichols 1994). El incremento en la turbidez se produce por la resuspensión de sólidos y nutrientes provenientes del fondo que son alterados cuando la carpa se alimenta, ya que succiona el fondo y arrastra una gran cantidad de lodo a la boca. Después desecha por las branquias el exceso de lodo y así ingiere los organismos y materia orgánica contenidos en el fondo. También se ha visto que los ciprínidos en general producen cambios importantes en las comunidades bentónicas y de macrofitas. La carpa se alimenta en zonas donde haya una mayor disponibilidad de organismos bentónicos, que generalmente es la zona con una abundancia mayor de macrofitas. La abundancia y diversidad de insectos acuáticos está muy relacionada con la presencia de plantas acuáticas (Moss, 1988). La carpa afecta directamente la abundancia de plantas, ya que desenraiza y disgrega las zonas más densas (Crivelli, 1983). Afectando la diversidad y abundancia de insectos acuáticos.

El forrajeo es la primera forma de interacción entre las plantas acuáticas y peces herbívoros. La carpa es omnívora pero se puede alimentar en gran medida de plantas y algas (Prejs, 1984). Esto provoca que haya una disminución en el número de refugios, que utilizan muchos organismos que son consumidos por los ciprínidos, produciendo cambios en la dinámica de los organismos bentónicos. En lagos eutroficados se ha encontrado que las macrofitas forman parte importante en la dieta de los ciprínidos, sobre todo en los adultos (30 a 90% del peso de la dieta está constituida por plantas), dentro de las cuales la mayoría son plantas sumergidas y algas (Niederholzer y Hofer, 1980). Esta capacidad les sirve como una estrategia alimenticia en relación a otras especies. Así, cuando la comida animal escasea, los ciprínidos pueden alimentarse de plantas y así complementar el alimento animal. La proporción de detritus en la dieta de los ciprínidos puede ser alta (hasta en un 80%), y esta

varía estacionalmente. Gracias a la utilización de alimento no animal, los ciprínidos han podido incrementar la habilidad para alimentarse de otros recursos, siendo esto una estrategia de competencia (Persson, 1983).

La carpa presenta efectos indirectos sobre los productores primarios, ya que aumenta la disponibilidad de nutrientes en el agua (Tatrai y Istvanovics, 1986); la carpa también es responsable del incremento de nitrógeno y fósforo. Estudios realizados determinan que estos elementos se incrementaron hasta en un quinto de su concentración anual normal, resultado de las excreciones de altas densidades de ciprínidos presentes en diferentes lagos (Tatrai, 1987). Esto produce variaciones en el pH, que a la larga produce una eutroficación del medio. Al variar el pH se incrementa la resuspensión del fósforo proveniente del sedimento, y desacopla el proceso de nitrificación-denitrificación al incrementar el amonio (Hansen *et al.*, 1991). Lo anterior puede incrementar el crecimiento del fitoplancton, y cambiar las características fisicoquímicas del agua. Esto se ve reflejado sobre todo en la disminución de la riqueza y diversidad de macrofitas, así como de organismos bentónicos.

Con lo antes visto, es claro que los ciprínidos producen cambios en la diversidad tanto animal como vegetal en las zonas donde se introducen. México presenta una alta diversidad de especies dulceacuícolas, las cuales, en su mayoría están sometidas a la presencia de especies exóticas como la carpa común (*C. carpio*). Por desgracia no se conoce la dinámica de interacción que se presenta entre este pez y las diferentes especies dulceacuícolas del país, como con el acocil, por ejemplo. Este decápodo, es una de tantas especies que se está viendo afectado por la introducción de carpa (Zambrano *et al.*, en prensa).

### a) Acocil

México cuenta con 138 especies de decápodos que habitan en aguas lóxicas y léxicas, de climas templados como cálidos (Hobbs, Jr., 1976). Una de las familias más diversas de acociles es la familia Cambaridae, la cual contiene 49 especies. Dentro de esta familia se encuentra el género *Cambarellus* representado en México por 10 especies (Hobbs, 1989). *C. montezumae* variedad *lermensis* se distribuye en el límite sur del Valle de México, así como en la región central del país (Estado de México y Michoacán), distribuyéndose en los afluentes de la cuenca Lerma-Chapala que han sido producto de la destrucción y contaminación de hábitats. Esta especie de acocil tiene una importancia tanto económica como biológica en nuestro país. Por generaciones se ha comercializado y utilizado como platillo tradicional, formando parte importante en la dieta de las comunidades rurales.

De acuerdo con Hobbs la variedad *lermensis* es sinonimia de la variedad *montezumae*, ya que no ha encontrado diferencias entre estas dos variedades. Actualmente se están desarrollando trabajos a nivel molecular que van a permitir reconocer si realmente es una variedad o simplemente un sinónimo. Por esta razón en el presente trabajo se ha utilizado la variedad *lermensis*.

*C. montezumae* es una especie omnívora que se distribuye en zonas someras de ríos y lagos, es de hábitos nocturnos, mide de 3-5 cm de largo total. Presenta uno ó dos eventos reproductivos al año, su dieta está basada principalmente en diatomeas, protozoarios, rotíferos, clorofitas y microcrustáceos, pero puede variar dependiendo de la edad del organismo, así como de los recursos presentes en la zona. Los acociles pueden también, especializarse en algún tipo de alimento, aunque generalmente son oportunistas generalistas, y se alimentan en todos los niveles tróficos (politróficos); pueden depredar individuos de vertebrados como invertebrados, ocasionando un

impacto sobre la estructura y dinámica de los ecosistemas acuáticos, que se ve reflejado en las relaciones que establece con diversas especies en los diferentes niveles tróficos (Hobbs y Jass, 1991). El acocil gracias a su flexibilidad alimenticia (tanto herbívoro como carnívoro) puede mantener altas densidades poblacionales. La actividad de este organismo decrece cuando la temperatura está cercana a los 14°C (Covich, 1978), se alimenta y distribuye en zonas con gran abundancia de macrofitas, reduciendo la riqueza y biomasa de la vegetación acuática (Lorman y Magnuson 1978; Lodge y Lorman, 1987).

Estos cambáridos presentan dimorfismo sexual. Las hembras ponen de 30 a 40 huevecillos que son retenidos en el abdomen durante tres meses. Posteriormente las larvas se fijan a los pleópodos de la hembra, y permanecen ahí de 8 a 10 días, (durante este proceso las larvas reabsorben el vitelo) para quedar libres posteriormente. En el transcurso del primer año los juveniles pueden mudar de 6 a 7 veces (Villalobos, 1983).

Los acociles son consumidos por diversos carnívoros, tales como los Odonatos, reptiles, anfibios y algunos peces como el bagre (*Ictalurus punctatus*), el pez dorado, entre otros, incluyendo a los acociles mismos. (Huner, 1993).

Los acociles tienen un papel importante en el procesamiento de la materia orgánica de plantas y animales muertos, para su transformación a energía (Thorp y Covich, 1996).

#### **d) Interacciones acocil-carpa**

En un trabajo preliminar realizado en ocho bordos en el mismo sitio del presente estudio, determinaron que existe una relación negativa entre las altas densidades de carpas (0.8, 2, 2.5, 3.8, 6.8 carpas m<sup>-2</sup>) y la abundancia de acociles. También se encontró una relación inversamente proporcional entre las

altas densidades de carpas y el porcentaje de cobertura de macrofitas (Zambrano *et al.*, en prensa) (Fig. 4).

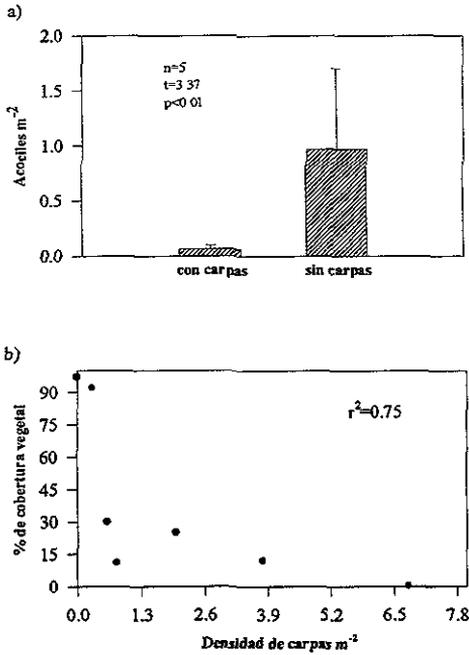


Fig. 4. (a) Abundancia promedio de acociles en ocho bordos que presentan diferencias en la densidades de carpa. (b) Porcentaje de cobertura vegetal en ocho bordos en relación a diferentes densidades de carpa (con datos de Zambrano *et al.*, en prensa).

Lo anterior se puede presentar ya que la carpa por un lado puede alimentarse de acociles, y presentar una relación directa depredador-presa (Fig. 5a).



Fig. 5a. Posible relación depredador-presa entre la carpa y el acocil.

Pero también existe la posibilidad de que se presente una interacción indirecta afectando el comportamiento del acocil (Fig. 5b).

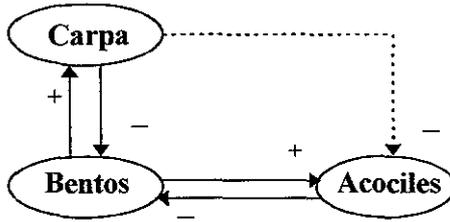


Fig. 5b. Posible efecto indirecto en el comportamiento del acocil, generado por la carpa al alimentarse de bentos. Las línea completas indican las relaciones directas. Las líneas punteadas indican el efecto indirecto.

Si es así, la carpa afectaría el comportamiento (velocidad de desplazamiento, alimentación, reproducción, etc.) de los acociles creando cierto estrés al competir tanto por el recurso, como por el hábitat, ya que ambos organismo se alimentan en zonas que presentan macrofitas (Lorman y Magnuson 1978; Lodge y Lorman, 1987). Pero si no compite por recursos ni hábitat, lo que podría estar sucediendo, es que la carpa esté afectando a las macrofitas, que pueden ser el hábitat del acocil (Fig. 5c).

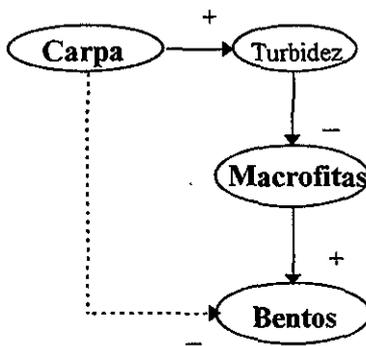


Fig. 5c. Posible efecto indirecto de tipo químico causado por la carpa hacia la comunidad de macrofitas y bentos, al incrementar la turbidez de la columna de agua. Las líneas completas indican las relaciones directas. Las líneas punteadas indican el efecto indirecto.

Este efecto lo podría hacer por medio del aumento en la turbidez del agua. Lo cual produciría una disminución en la tasa fotosintética, que ocasionaría una fragmentación en el hábitat del acocil, que se vería reflejado en la variación tanto de la abundancia de acociles como en el porcentaje de cobertura vegetal en los embalses de bordos.

### III.- Sitio de Estudio

El Municipio de Acambay, se localiza en el Alto Lerma, dentro del Cinturón Volcánico Mexicano, al noroccidente del Estado de México (19° 57'N, 99° 51'O). Sus límites son, al norte, el municipio de Aculco y al sur, el municipio de Atlacomulco.

Acambay se encuentra a 2,500 m s.n.m., la temperatura promedio anual es de 14.2°C, presentándose en promedio las más bajas en diciembre con 11.7°C y las más altas en mayo con 16.3°C. La precipitación anual promedio es de 903.8 mm. Las lluvias más abundantes aparecen durante julio, con 182.2 mm en promedio y terminan en octubre. El clima para la región se clasifica como Cb (w<sub>2</sub>)(w)(i)g., templado húmedo, con lluvias en verano y un porcentaje de lluvias invernales menor al 5%, con poca oscilación de temperatura a lo largo del año, siendo el mes más caliente mayo (García, 1988).

Esta región se caracteriza por contar con un gran número de lagos y bordos. Los bordos del Valle de Acambay son utilizados generalmente para riego, y últimamente se han utilizado para la acuicultura de la carpa (*C. carpio*). Los bordos miden de una a ocho hectáreas, presentan formas tanto cuadradas como rectangulares y no superan los tres metros de profundidad. Los bordos sufren variaciones climáticas extremas, durante la mañana la temperatura del agua puede ser muy baja (menores a 8°C), mientras que a media tarde la temperatura se puede elevar hasta cerca de los 20°C (Zambrano

y Tapia, 1998). Con base en las concentraciones de fósforo y de nitrógeno, estos bordos se clasifican como hipereutroficionados (sitios con gran cantidad de nutrimentos) (Wetzel, 1983).

La flora asociada a estos embalses es típica del Alto Lerma: las libres flotadoras son el lirio (*Nuphar advena*) y la lenteja (*Lemna minor*); las enraizadas sumergidas son el pasto sumergido (*Potamogeton* sp.) y el alga sumergida (*Cladophora* sp.); las enraizadas emergentes como los tulares (*Thypha latifolia* y *T. angustifolia*), el berro (*Hydrocotyle verticillata*), la cola de zorro (*Myriophyllum verticillatum*), *Elatine americana*, *Sagittaria mexicana* y el junco (*Eleocharis palustris*).

La fauna presente en estos bordos la podemos clasificar como: a) zooplancton (Cladoceros, Copepodos y Rotíferos). b) bentos: compuesto generalmente por invertebrados como el acocil (*Cambarellus montezumae* variedad *lermensis*), insectos (dípteros y odonatos) y caracoles. Existen también vertebrados como los sapos, ranas (*Hyla eximia*) y el ajolote (*Ambystoma mexicano*). En cuanto a los reptiles se conocen tres culebras de agua *Tamnophis eques*, *T. melanogaster* y la culebra cochalera *T. scolaris*. También existen diversas especies de aves (gallaretas y garzas) que utilizan estos bordos como sitio de anidación. Por último, se conoce sólo una especie de pez, *Girardinichthys multiradiatus* el cual es endémico (Zambrano y Tapia, 1998).

#### IV.- Método

El estudio comprende tres partes: la primera se realizó en dos bordos someros ubicados en el municipio de Acambay, Edo. de México; la segunda en cinco pozas experimentales de la estación "El Cerrillo" Facultad de Biología UAEM y la tercera parte consistió en una serie de experimentos. Los resultados

y Tapia, 1998). Con base en las concentraciones de fósforo y de nitrógeno, estos bordos se clasifican como hipereutroficionados (sitios con gran cantidad de nutrimentos) (Wetzel, 1983).

La flora asociada a estos embalses es típica del Alto Lerma: las libres flotadoras son el lirio (*Nuphar advena*) y la lenteja (*Lemna minor*); las enraizadas sumergidas son el pasto sumergido (*Potamogeton* sp.) y el alga sumergida (*Cladophora* sp.); las enraizadas emergentes como los tulares (*Thypha latifolia* y *T. angustifolia*), el berro (*Hydrocotyle verticillata*), la cola de zorro (*Myriophyllum verticillatum*), *Elatine americana*, *Sagittaria mexicana* y el junco (*Eleocharis palustris*).

La fauna presente en estos bordos la podemos clasificar como: a) zooplancton (Cladoceros, Copepodos y Rotíferos). b) bentos: compuesto generalmente por invertebrados como el acocil (*Cambarellus montezumae* variedad *lermensis*), insectos (dípteros y odonatos) y caracoles. Existen también vertebrados como los sapos, ranas (*Hyla eximia*) y el ajolote (*Ambystoma mexicano*). En cuanto a los reptiles se conocen tres culebras de agua *Tamnophis eques*, *T. melanogaster* y la culebra cochalera *T. scolaris*. También existen diversas especies de aves (gallaretas y garzas) que utilizan estos bordos como sitio de anidación. Por último, se conoce sólo una especie de pez, *Girardinichthys multiradiatus* el cual es endémico (Zambrano y Tapia, 1998).

#### IV.- Método

El estudio comprende tres partes: la primera se realizó en dos bordos someros ubicados en el municipio de Acambay, Edo. de México; la segunda en cinco pozas experimentales de la estación "El Cerrillo" Facultad de Biología UAEM y la tercera parte consistió en una serie de experimentos. Los resultados

de la parte de laboratorio así como de las cinco pozas experimentales se utilizaron para comparar y determinar si los resultados obtenidos en el campo describían realmente el tipo de interacción que se presentaba entre el acocil y la carpa en los embalses de bordo.

### 1) Colecta de datos en Acambay, Edo. de México

En Acambay se escogieron bordos con características hidrológicas y geológicas similares, sólo diferían en la abundancia y diversidad de vegetación así como en la presencia de carpas. El primer bordo (A) mide 1 ha, contiene 0.6 carpas (CPUE) que son consideradas como mediana densidad (Zambrano *et al.*, en prensa), y predominan las plantas libre flotadoras. En cambio el segundo bordo (B) mide 1.6 ha, no contiene carpas, y las plantas en su mayoría son sumergidas y enraizadas.

Para la colecta de acociles se realizaron arrastres en los dos diferentes bordos a lo largo de seis meses con una red de cono (red beam) de 2 x 3 m (Renfro, 1962). El patrón de distribución de los acociles en ambos bordos se obtuvo utilizando la fórmula  $\sigma^2/\bar{x}$ , para comparar con una distribución de Poisson (Begon *et al.*, 1996). Los muestreos se realizaron en zonas con diferentes profundidades (entre 5 y 100 cm) y diferente vegetación. Los arrastres se llevaron a cabo en distancias entre 45 y 90 m de largo. Para determinar la abundancia de los acociles en plantas con distintos hábito de crecimiento (sumergida, emergente y libre flotadora) se utilizaron pruebas de análisis de varianza de una y dos vías (ANOVA) y análisis de varianza no paramétricas Kruskal-Wallis (Daniel, 1978). También para comparar las abundancias de acociles, así como los porcentajes de cobertura vegetal entre ambos bordos se realizaron pruebas pareadas de t y pruebas no paramétricas Mann-Whitney (Daniel, 1978).

Aunado a lo anterior, se realizaron mediciones en porcentaje de cobertura vegetal, con 12 transectos y seis puntos de colecta por cuadro. Aprovechando que los bordos eran cuadrados se trazaron tres transectos de 12 m perpendicularmente a la orilla. Cada transecto contó con seis cuadros de colecta de 40 cm, así como dos metros de distancia de un transecto a otro.

## **2) Colecta de datos estación “El Cerrillo” ( Facultad de Biología UAEM)**

En el Cerrillo (Facultad de Biología UAEM) se realizaron las mismas actividades que en Acambay, sólo que aquí se trabajó en cinco pozas experimentales que miden entre 0.04 y 0.05 ha. Estas pozas presentaban diferencias tanto en las densidades de carpa (0.2, 0.8, 0.4, 1.1, 1 carpas m<sup>-2</sup>), así como en diversidad de plantas enraizadas, emergentes y libres flotadoras. Las distancias de los arrastres fueron entre 10 y 20 m, con profundidades entre los 20 y 90 cm. Se utilizó análisis de correlaciones lineales para determinar el grado de relación entre los acociles, la densidad de carpas así como las plantas con distinto hábito de crecimiento en las diferentes pozas.

Por otro lado se obtuvo el contenido estomacal de 100 carpas de diferentes tallas, 30 carpas en Acambay y 70 en el Cerrillo. Para esto se utilizaron dos técnicas: la primera fue sacrificando al organismo y la segunda fue utilizando una jeringa junto con una manguera. Para la segunda técnica se utilizó una jeringa de 20 ml en la cual se colocaba una manguera de 3 mm de diámetro por 20 cm de largo. Esta manguera se introducía hasta el estomago del pez para verter agua a presión, la cual creaba turbulencias en el estomago y permitía posteriormente, extraer el agua junto con el contenido estomacal. Dicho contenido fue preservado en alcohol y analizado en un microscopio estereoscópico. Posteriormente se determinó el peso húmedo de cada elemento presente en los contenidos estomacales mediante la utilización de una báscula

analítica, para así poder determinar la proporción de cada elemento y relacionarlo con la edad, tamaño y densidad de las carpas presentes tanto en los bordos como en las diferentes pozas.

### **3) Parte experimental**

#### **a) Patrón de actividad**

Se colocaron seis peceras que contenían distintas plantas: berro (*H. verticillata*), lirio (*N. advena*), *S. mexicana*, junco (*E. palustris*), cola de zorro (*M. verticillatum*) y pasto sumergido (*Potamogeton* sp.) procedentes de los embalses de bordo del municipio de Acambay, Edo. de México. Junto con esto se introdujeron siete acociles de diferentes tallas en cada pecera, esto para determinar la actividad a lo largo del día en las distintas plantas.

Las observaciones fueron directas y se hicieron cada dos horas. Dichas observaciones consistieron en determinar la actividad y la ubicación de los organismos tanto en la pecera como en la planta correspondiente. Para analizar la actividad, se determinó si los organismos estaban quietos o moviéndose en la pecera y/o en la planta (esto es si se desplazaban de lugar, o si se encontraban en la planta), para la ubicación, se analizó si estaban en el fondo y/o en la planta únicamente.

Se hicieron cinco réplicas del experimento, y los acociles de cada pecera fueron escogidos al azar.

#### **b) Preferencia de hábitat**

Se utilizó una pequeña pileta de 1.50 m de diámetro por 25 cm de alto la cual se dividió en cuatro secciones, cada una de ellas contenía una distinta planta (berro, lirio, flor y pasto sumergido). En dicha pileta se introdujeron 40

acociles de diferentes tallas (10 acociles en promedio por planta), que fueron liberados en el centro de la misma. Las mediciones fueron hechas cada 2 horas, y consistieron en determinar el número de organismos presentes en cada planta a lo largo de 24 horas. Para esto se utilizó una red cuchara, la cual se introducía en cada sección, se retiraba la planta junto con los acociles, y se hacía la cuantificación. Posteriormente los organismos eran depositados en el centro de la alberca, el cual no contenía plantas, para así permitir que los acociles se desplazaran hacia la zona que prefirieran. Las plantas fueron rotadas de sección a medida que se realizó el experimento, esto con el fin de determinar realmente la preferencia de hábitat de los organismos a lo largo del experimento. Para el análisis de los resultados se utilizaron pruebas de análisis de varianza (ANOVA) de una vía.

#### **d) Relación acocil -carpa**

Se utilizó la misma pileta y se dividió en dos secciones, cada una de ellas contenía una planta, carpas y acociles. De un lado se colocaron carpas de distintas tallas como biomásas (100, 150, 200 g), las cuales no podían cruzar al otro lado, y en ambos lados se colocaron acociles los cuales podían cruzar libremente de lado a lado. Se realizaron dos muestreos, a las 11:00 a.m. y a las 9:00 p.m. (estos horarios se eligieron en base a los resultados obtenidos en el experimento del patrón de actividad). Se utilizó una red cuchara, la cual se introducía en cada sección para extraer tanto la planta como los acociles. El análisis de los resultados de este experimento se realizó mediante pruebas de t pareadas.

También se utilizó una cámara de vídeo 8 mm la cual se colocó en la parte superior de la pileta, para poder medir la velocidad de desplazamiento de los organismos en presencia y ausencia de carpas. Las tomas se realizaron en

distintas horas del día, para poder comparar tanto la actividad de los peces como de los acociles. Los resultados fueron analizados mediante pruebas de t.

## V.- Resultados

### 1) Acambay

El porcentaje total de cobertura vegetal del bordo B (76.7%) fue significativamente mayor en comparación al del bordo A (41%) (Fig. 6a). Sobre todo en plantas sumergidas como *Potamogeton* sp. y *Cladophora* sp. (Fig. 6b). En el bordo B el 47.8% correspondió a plantas sumergidas, seguido de libres flotadoras 28.7% y enraizadas emergentes 23.5%. Por el contrario el bordo A presentó 63.4% en plantas libres flotadoras, seguido de enraizadas emergentes 28% y sumergidas 9%.

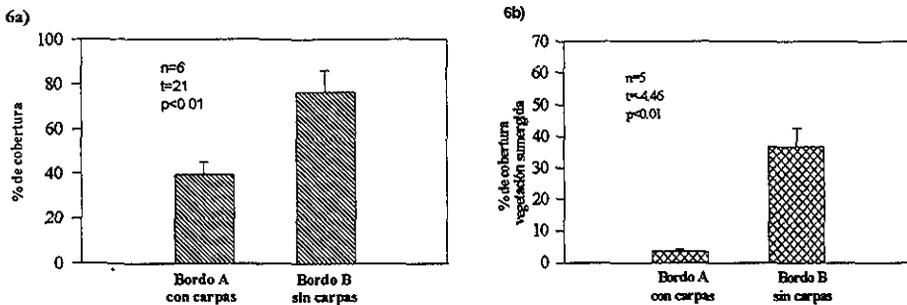


Fig. 6. (a) Porcentaje de cobertura vegetal total en los bordos A y B. (b) Porcentaje de cobertura vegetal de vegetación sumergida en los bordos A y B. Los datos fueron analizados mediante pruebas de t no paramétricas Mann-Whitney.

La abundancia promedio de acociles en el bordo B fue de 0.55 acociles  $m^{-2}$ , significativamente mayor al bordo A el cual presentó 0.03 acociles  $m^{-2}$  (Fig. 7). En cuanto a la abundancia de acociles en los diferentes tipos de plantas, en el bordo B la abundancia de acociles fue significativamente mayor en plantas sumergidas como *Potamogeton* sp. y *Cladophora* sp. (Fig. 8a). Por

distintas horas del día, para poder comparar tanto la actividad de los peces como de los acociles. Los resultados fueron analizados mediante pruebas de t.

## V.- Resultados

### 1) Acambay

El porcentaje total de cobertura vegetal del bordo B (76.7%) fue significativamente mayor en comparación al del bordo A (41%) (Fig. 6a). Sobre todo en plantas sumergidas como *Potamogeton* sp. y *Cladophora* sp. (Fig. 6b). En el bordo B el 47.8% correspondió a plantas sumergidas, seguido de libres flotadoras 28.7% y enraizadas emergentes 23.5%. Por el contrario el bordo A presentó 63.4% en plantas libres flotadoras, seguido de enraizadas emergentes 28% y sumergidas 9%.

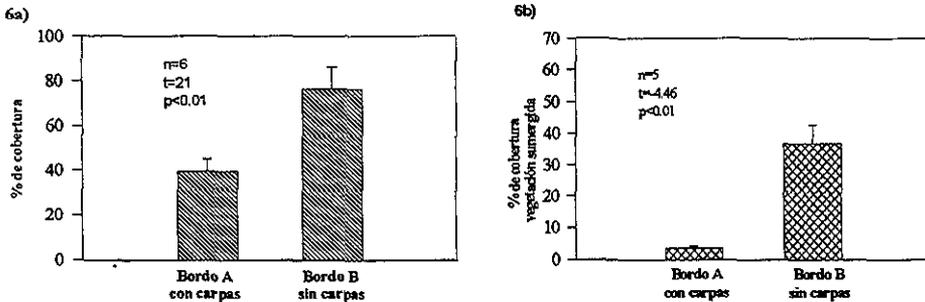


Fig. 6. (a) Porcentaje de cobertura vegetal total en los bordos A y B. (b) Porcentaje de cobertura vegetal de vegetación sumergida en los bordos A y B. Los datos fueron analizados mediante pruebas de t no paramétricas Mann-Whitney.

La abundancia promedio de acociles en el bordo B fue de 0.55 acociles  $m^{-2}$ , significativamente mayor al bordo A el cual presentó 0.03 acociles  $m^{-2}$  (Fig. 7). En cuanto a la abundancia de acociles en los diferentes tipos de plantas, en el bordo B la abundancia de acociles fue significativamente mayor en plantas sumergidas como *Potamogeton* sp. y *Cladophora* sp. (Fig. 8a). Por

el contrario el bordo A no presentó diferencias significativas en la abundancia de acociles en las diferentes plantas (Fig. 8b).

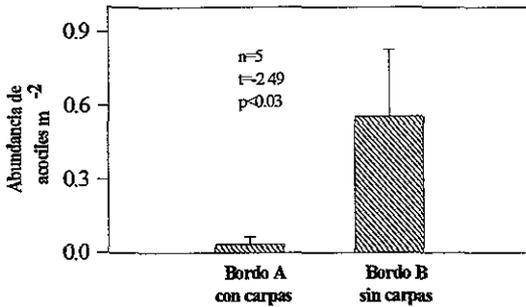


Fig. 7. Abundancia de acociles en los bordos A y B, los cuales presentan diferencias en la densidad de carpas. Los datos fueron analizados mediante pruebas de t.

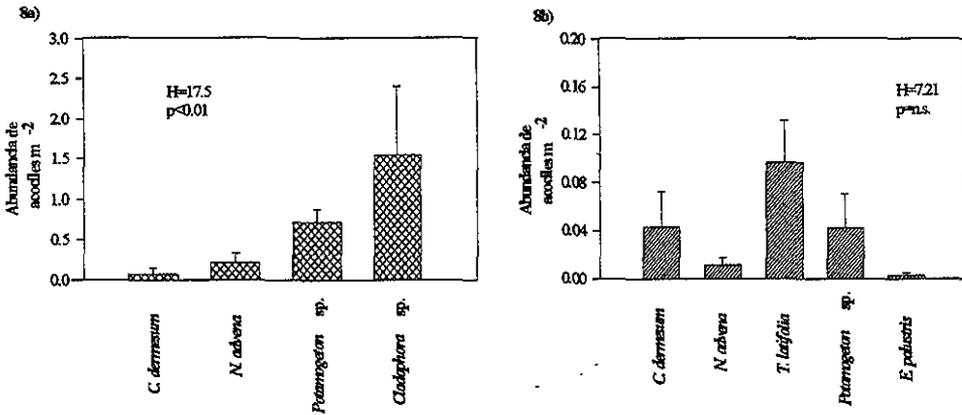


Fig. 8. (a) Abundancia de acociles en relación a la presencia de plantas sumergidas y enraizadas en el bordo B. (b) Abundancia de acociles en el bordo A, en el cual predominan las plantas libres flotadoras y contiene carpas. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) no paramétrica Kruskal-Wallis.

El patrón de distribución de los acociles en el bordo B fue aleatorio (0.81), encontrándose los acociles a una profundidad promedio de 50.2 cm ( $\pm$  d.e. 30.36). Por el contrario en el bordo A no se encontró un patrón de distribución definido, y los acociles se encontraron a una profundidad promedio de 47 cm ( $\pm$  d.e. 35.05).

## 2) Estación "El Cerrillo" (Facultad de Biología UAEM)

En el Cerrillo la correlación entre las diferentes densidades de carpas por poza (0.2, 0.8, 0.4, 1.1, 1 carpas  $m^{-2}$ ) y la abundancia de acociles no fue significativa (Fig. 9).

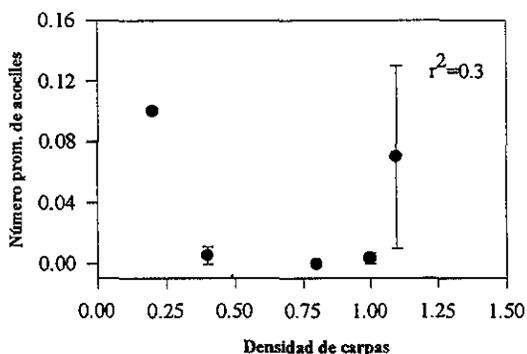


Fig.9. Correlación entre la abundancia de acociles y diferentes densidades de carpas en cinco pozas experimentales.

De los 100 contenidos estomacales analizados (30 en el Cerillo y 70 en Acambay) sólo en uno se encontraron restos de acociles juveniles. Los elementos encontrados en la dieta de las carpas fueron semillas de gramíneas, tejido vegetal, algas filamentosas, detritus y larvas de díptero (Tabla 1a). La frecuencia de cada elemento presente en el contenido estomacal, varió

dependiendo de la talla de los organismos, así como de las densidades de carpas en cada pozas (Tabla 1b).

a)

Talla	Alga Filamentosa	Semilla de gramínea	Tejido Vegetal	Detritus	Larva de díptero
10-14 cm	1.208 g (30.3%)	0.222 g (5.5%)	0.216 g (5.4%)	2.207 g (55.2%)	0.145 g (3.6%)
15-20 cm	0.219 g (4.3%)	0.442 g (8.4%)	1.128 g (22.4%)	3.188 g (63.3%)	0.054 g (1.0%)
20-30 cm	0.542 g (10.6%)	2.980 g (58.5%)	1.234 g (24.2%)	0.333 g (6.5%)	0 g (0%)

b)

	Poza A	Poza B	Poza C	Poza D	Poza E
Alga Filamentosa	28%	33%	40%	22%	80%
Detritus	71%	66%	50%	66%	90%
Semilla de gramínea	28%	33%	20%	55%	10%
Filamento de gramínea	28%	33%	20%	22%	20%
Larvas de dípteros	42%	0%	0%	44%	10%

**Tabla 1.** (a) Tabla de peso húmedo de los elementos encontrados en el contenido estomacal de 100 carpas de tallas diferentes. (b) Tabla de frecuencia de los elementos encontrados en el contenido estomacal de carpas en cinco pozas experimentales con diferentes densidades de carpa (A=0.2, B= 0.8, C= 0.4, D= 1.1, E=1 carpas m<sup>-2</sup>).

### 3) Resultados parte experimental

#### a) Patrón de actividad

Los acociles presentaron dos picos de actividad a lo largo del día, uno a las 11:00 a.m. y el otro a las 9:00 p.m.. También se determinó la actividad de los acociles con respecto al tipo de planta, quedando de la siguiente forma: con mayor actividad, berro (*H. verticillata*), lirio (*N. advena*), junco (*E. palustris*), con mediana actividad, *E. americana*, cola de zorro (*M. verticillatum*), y con poca actividad, pasto sumergido (*Potamogeton* sp.). Pudiéndose determinar dos tipos de plantas con base en el comportamiento de los acociles: en el primer tipo (*Potamogeton* sp., *M. verticillatum* y *E. Americana*), los organismos pasaron la mayor parte del tiempo sobre la planta, con poca actividad en el día, incrementándose ésta a medida que atardecía; en el segundo tipo (*E. palustris*,

*N. advena* y *H. verticillata*), los organismos pasaron la mayor parte del tiempo en el fondo de la pecera con una mediana actividad, incrementándose de igual manera al atardecer (Fig. 10).

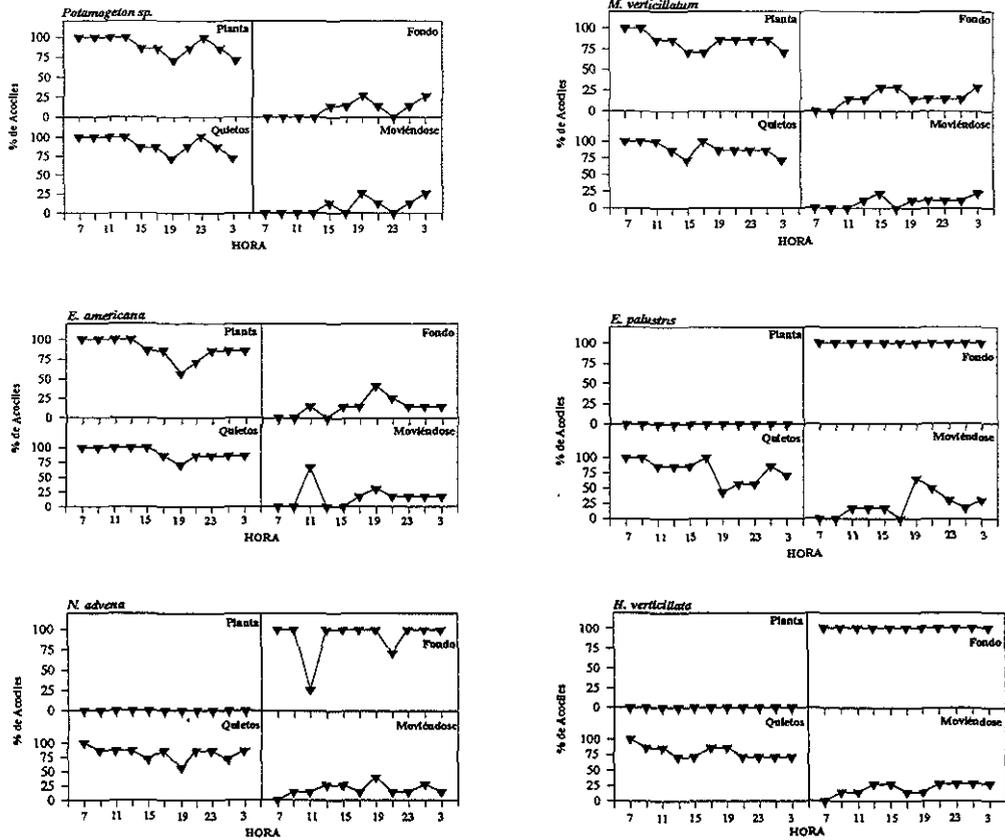


Fig. 10. Patrón de actividad del acicil a lo largo de 24 horas en plantas con diferente habito de crecimiento. La actividad del acicil se midió en función de su posición (si se encontraba en la planta y/o el fondo), así como por su actividad (si estaba moviéndose y/o estaba quieto tanto en la planta como en el fondo).

## b) Preferencia de hábitat

Los acociles tuvieron una preferencia significativa por las plantas enraizadas expuestas como *E. americana*, *H. verticillata* y enraizadas sumergidas como *Potamogeton* sp. Con menor preferencia las libres flotadoras como *N. advena*. Este comportamiento fue similar al observar en el campo (Fig. 11).

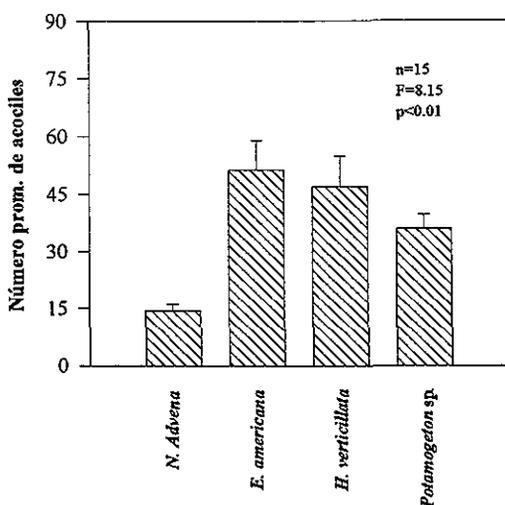


Fig.11. Preferencia de hábitat del acocil en laboratorio en plantas con diferente habito de crecimiento. El análisis de los datos se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA) de una vía.

## c) Relación acocil-carpa

Se obtuvo una abundancia significativamente mayor de acociles en la zona que no contenía carpas, así como en la que contenía plantas (Fig. 12). Por el contrario en las zonas con carpas y sin plantas la abundancia de acociles fue mucho menor. Comparando la respuesta de los acociles con las diferentes

biomasas de carpa, se observa una tendencia similar. Es decir, el comportamiento de los acociles es independiente a la biomasa de la carpa, ya que los organismos tienden a preferir mayormente la zona sin carpas y con plantas en presencia de diferentes biomasas de carpa.

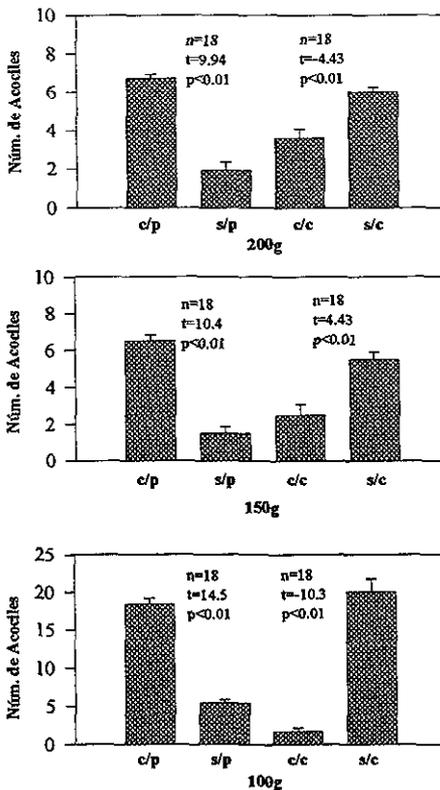


Fig. 12. Distribución del acocil en relación a la presencia (c/c) y ausencia de carpas (s/c) con diferente biomasa. Junto con las carpas los tratamientos presentaron zonas con plantas (c/p) y sin planta (s/p). El análisis de los datos fue realizado por medio de pruebas de t pareadas.

En las videograbaciones se encontró que existe una mayor velocidad de desplazamiento en la zona que contenía carpas. El promedio de desplazamiento en la zona con carpas fue 1.8 cm/seg y en la zona sin carpas fue 1.08 cm/seg (Fig. 13).

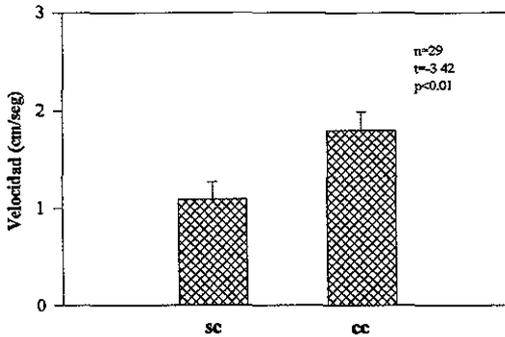


Fig. 13. Velocidad de desplazamiento del acocil en ausencia (sc) y presencia (cc) de carpas. El análisis de los datos se realizó mediante pruebas de t.

## VI.- Discusión

El análisis del contenido estomacal determina que la casi nula presencia de acociles en la dieta de la carpa puede deberse a que la relación depredador-presa entre estas especies es circunstancial. Por otro lado, la carpa puede tener una relación directa al alimentarse de acociles, sobre todo en estadios juveniles, pero esto no parece tener un efecto sobre la población de acociles, independientemente de la densidad de carpas contenidas en los embalses. Bajo condiciones experimentales no se encontró evidencia de depredación de juveniles con diferentes tallas de carpas. En la pileta experimental las carpas estuvieron en contacto con diversos estadios de acociles, pudiendo ingerir desde juveniles hasta adultos a lo largo de los tratamientos; sin embargo, no ocurrieron eventos de depredación. Físicamente es difícil que la carpa se

En las videograbaciones se encontró que existe una mayor velocidad de desplazamiento en la zona que contenía carpas. El promedio de desplazamiento en la zona con carpas fue 1.8 cm/seg y en la zona sin carpas fue 1.08 cm/seg (Fig. 13).

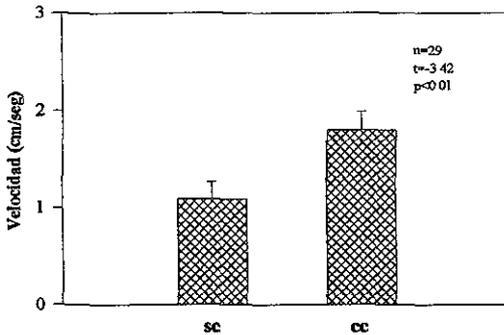


Fig. 13. Velocidad de desplazamiento del acocil en ausencia (sc) y presencia (cc) de carpas. El análisis de los datos se realizó mediante pruebas de t.

## VI.- Discusión

El análisis del contenido estomacal determina que la casi nula presencia de acociles en la dieta de la carpa puede deberse a que la relación depredador-presa entre estas especies es circunstancial. Por otro lado, la carpa puede tener una relación directa al alimentarse de acociles, sobre todo en estadios juveniles, pero esto no parece tener un efecto sobre la población de acociles, independientemente de la densidad de carpas contenidas en los embalses. Bajo condiciones experimentales no se encontró evidencia de depredación de juveniles con diferentes tallas de carpas. En la pileta experimental las carpas estuvieron en contacto con diversos estadios de acociles, pudiendo ingerir desde juveniles hasta adultos a lo largo de los tratamientos; sin embargo, no ocurrieron eventos de depredación. Físicamente es difícil que la carpa se

alimento de organismos que rebasan el tamaño de su boca (Hasan y Macintosh, 1992).

Sería lógico pensar que las carpas adultas pueden ingerir partículas más grandes, y que por esto pudiera haber una mayor probabilidad de que comieran acociles sobre todo de estadios juveniles. Los resultados del contenido estomacal sugieren que a medida que la carpa crece su dieta es más selectiva, en el sentido de que no se alimenta en toda la columna de agua, sino que se especializa más hacia el consumo de plantas, semillas y algas, y menos hacia los organismos bentónicos. Las carpas juveniles, por el contrario, son más generalistas ya que se alimentan en toda la columna de agua (Tabla 1a). Dicho comportamiento se presenta en este estadio debido a que las carpas necesitan un mayor aporte de energía para su crecimiento, de tal forma que ingieren la mayor cantidad de alimento posible.

Dado que el único contenido estomacal en el que se encontraron restos de acociles fue de una carpa juvenil, se puede suponer que esta carpa ingirió a los acociles de forma circunstancial, coincidiendo en alguna planta o parte del fondo en el momento que se alimentaba. También los acociles pudieron estar mudando o pudieron estar muertos previamente, lo cual facilita su ingestión, ya que el pez no necesariamente debe masticarlos para ingerirlos. En relación con esto hay que recordar que la carpa no es un depredador de organismos grandes (por ejemplo acociles adultos), ya que su aparato mandibular no contiene dientes. Existe mucha información referente a la dieta de la carpa, y de cómo ésta se modifica dependiendo de los recursos animales como vegetales presentes en los ecosistemas, pero en ninguno de estos trabajos se determina la presencia de decápodos asociados a la dieta de este pez.

A la par se observó que las proporciones de los elementos encontrados en los contenidos estomacales variaron dependiendo de la talla del pez, así

como de las densidades presentes en cada poza. En las pozas con menores densidades de carpa se observó una mayor frecuencia en elementos como algas, detritus, semillas, larvas de dípteros y detritus. Esto se puede deber a que en estas pozas existe una mayor disponibilidad de recursos, y las carpas pueden escoger en consumir alimento animal y/o vegetal. Por el contrario en pozas con mayores densidades de carpa, predominó el consumo de semillas y detritus. Esto puede deberse a que los recursos como algas y plantas escasearan (producto de un incremento en la turbidez en la columna de agua, y/o por una alta depredación) , pudiéndose por esto incrementar el consumo de semillas y bentos.

En Acambay se encontró que los acociles tienen una marcada preferencia por distribuirse en plantas sumergidas y enraizadas. Estas plantas por su estructura (ramas y filamentos) pueden permitir un mejor desplazamiento, alimentación y protección de juveniles de la población de acociles (Lodge, 1991; Newman, 1991; Lodge *et al.* 1987). Las plantas con hábitos de crecimiento sumergido y enraizadas no son muy ricas en nutrientes como C y N. Se ha observado que los acociles se alimentan de este tipo de vegetación, no por su valor nutricional, sino porque su forma les facilita a los acociles su manejo, fraccionamiento y consumo (Cronin, 1992).

Relacionado con lo anterior en los resultados de preferencia de hábitat de la parte experimental, se determinó que los acociles prefirieron como hábitat a las plantas enraizadas y sumergidas, y que en los bordos se distribuían en relación a la presencia de estas plantas, y no por razones abióticas o circunstanciales de los bordos; presentándose la misma tendencia de los organismos sobre estas plantas, en el campo como en el laboratorio. En la relación acocil-carpa se observó esta misma tendencia en la cual los acociles prefirieron estar asociados a alguna planta, independientemente de la biomasa

y del tamaño que presentarían las carpas (Fig. 12). Esto se relacionó con la protección que ofrecen las plantas sumergidas y enraizadas a los acociles, a diferencia de las zonas con plantas flotantes, las cuales no brindan un refugio adecuado por su distribución en la parte somera de los bordos, así como por su forma. Cronin (1992) observó que plantas libres flotadoras como *N. advena*, no son consumidas por los acociles, ya que contienen altas concentraciones de metabolitos secundarios como protección química contra la herbivoría, a diferencia de las plantas sumergidas las cuales no contienen metabolitos secundarios. Es así que las plantas libres flotadoras no brindan refugio ni alimento a los acociles.

Al analizar los resultados del patrón de actividad, se puede observar que los acociles tuvieron una menor actividad en plantas sumergidas enraizadas como *Potamogeton* sp., y una mediana actividad en plantas enraizadas expuestas como *E. americana* y *M. verticillatum*. Esto indica que en plantas con una forma enraizada o sumergida los acociles van a presentar un menor gasto energético, ya que pueden desplazarse con mayor facilidad, y encontrar los recursos necesarios. Por el contrario, en las plantas libres flotadoras como *N. advena* se presentó la mayor actividad a lo largo del día, ya que los organismos se desplazaban constantemente en busca de recursos y/o refugio. Es así que las plantas sumergidas van a regular la distribución y permanencia de los acociles.

En Acambay la ausencia de vegetación sumergida en el bordo "A" es muy evidente, y se puede deber a que la turbidez en la columna de agua es mayor a la del bordo "B". La reducción en la entrada de luz a la cortina de agua por efecto de la turbidez puede provocar una disminución en la tasa fotosintética (Robel, 1961; Weslake 1971; Barko *et al.*, 1986; Engel y Nicols 1994) afectando negativamente la abundancia de plantas sumergidas. Este

cambio en la turbidez del agua es uno de los efectos comúnmente producidos por la carpa en ecosistemas limnéticos (Cahn, 1929; Anderson, 1950; McCrimmon, 1968; Breukelaar *et al.*, 1994; Cline *et al.*, 1994). Es por esto que en este bordo la densidad de carpas puede estar afectando la permanencia y distribución de vegetación sumergida, reflejándose a su vez en la baja abundancia de acociles encontrados, así como en un bajo porcentaje de cobertura vegetal de plantas sumergidas y enraizadas. Es importante resaltar que el agua contenida en los bordos puede presentar dos tipos de coloración: café, provocada por los sólidos suspendidos, ó una coloración verdosa, provocada por el rápido crecimiento de algas promovido por la alta disponibilidad de nutrientes en la columna de agua. En el bordo "A" se presentó una coloración café, la cual está fomentada tanto por la acción de las carpas como por el agua con gran cantidad de sedimentos que recibe este bordo al inicio de la temporada de lluvias (Zambrano y Tapia, 1998).

Por otro lado, el bordo "B" contiene una mayor abundancia de acociles. Esto puede deberse a que presenta una mayor diversidad de plantas enraizadas y sumergidas, así como una ausencia total de carpas. Las plantas sumergidas como enraizadas pueden facilitar la alimentación, reproducción, y refugio de los acociles (Lodge, 1991; Newman, 1991). Una evidencia de esto, es que en este tipo de plantas una quinta parte de los organismos colectados fueron juveniles, lo cual sugiere que aquí los organismos pueden presentar diferentes épocas de reproducción, que se refleja en la estructura de población de acociles encontrados a lo largo de los muestreos.

Es así que la presencia de vegetación sumergida en el bordo "B" se puede deber a que la turbidez en este bordo es menor, y a que no contiene carpas. Al no contener carpas, el bordo adquiere características que le permiten tener un estabilidad en cuanto a la perturbación (incremento en la resuspensión

de sólidos, disminución en la diversidad de macrofitas, etc.) que genera este pez. Es decir, cuando el efecto producido por las carpas es pequeño, la dinámica del bordo puede soportarlo, restableciendo por diversos mecanismos los ciclos tanto químicos como ecológicos (Scheffer *et al.*, 1993). Uno de estos mecanismos lo establecen las plantas enraizadas emergentes, las cuales pueden reincorporar al sedimento los sólidos y nutrientes resuspendidos por la acción de la carpa (James y Barko, 1990; Crowder y Painter, 1991). Es claro que cuando existe una alta diversidad de macrofitas y una baja densidad de carpas, los bordos presentan una mayor estabilidad, es decir que pueden contener carpas, y a su vez también contener una alta diversidad de organismos. Esto último fomentado por una mayor cantidad de refugios y hábitats producidos por las macrofitas para organismos de todos los niveles tróficos (Jones *et al.*, 1997).

Datos de un trabajo anterior realizado por Zambrano *et al.* (en prensa), describen una relación inversamente proporcional entre la densidad de carpas y la abundancia y riqueza de macrofitas. Es decir, a medida que se incrementa la densidad de carpas la abundancia y riqueza de macrofitas disminuye y viceversa. Esto sugiere que la carpa puede producir estos cambios en los ecosistemas que presenten una alta diversidad de macrofitas (Fletcher *et al.*, 1985).

En las cinco pozas experimentales de la estación el Cerrillo no se obtuvo una relación entre las plantas sumergidas y los acociles. Esto pudo deberse, por un lado, a que la población de acociles no se estableció bien, ya que estas pozas tenían poco tiempo de formadas. Lo cual pudo generar condiciones no favorables para el establecimiento de la población de acociles, sobre todo en estadios juveniles, reflejado en la abundancia de estos organismos. Por otro lado, pudo haber un error de muestreo que generara un sesgo en la información.

Contrario a esto, en los bordos de Acambay se encontró que hay una relación entre las altas abundancias de acociles y la presencia de macrofitas sumergidas (*Potamogeton* sp. y *Cladophora* sp.) (Fig. 8a). La distribución de los acociles también está relacionada con la presencia de plantas sumergidas. En el bordo "B" los acociles tuvieron un patrón de distribución aleatorio, que se pudo deber a que en este bordo existe un alto porcentaje de cobertura de plantas sumergidas, lo cual permite una distribución al azar de acociles sobre estas plantas. Por el contrario, en el bordo "A" no se obtuvo un patrón definido. Esto se pudo deber a que la población de acociles en este bordo es muy pequeña, lo cual no describe un patrón definido.

Estos resultados junto con los del contenido estomacal refuerzan la hipótesis de que la carpa produce un efecto negativo indirecto sobre la abundancia de macrofitas sumergidas (Fig. 14). Que se refleja en la abundancia y diversidad de acociles, así como de otros organismos bentónicos en los bordos que contiene carpas (en el bordo "B" aparte de acociles y charales se encontraron ajolotes, los cuales no estaban presentes en el bordo "A").

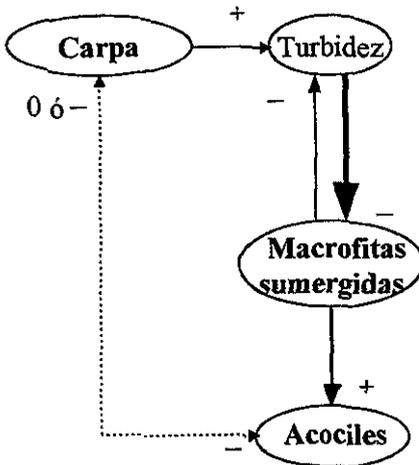
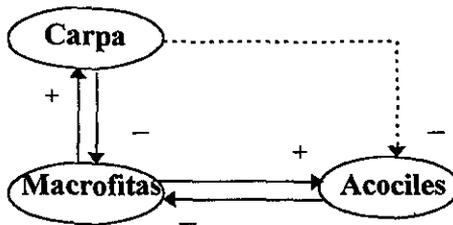


Fig. 14. Esquema de la relación existente entre la carpa, el acocil y la comunidad de macrofitas sumergidas. Las líneas continuas indican efectos directos. Las líneas punteadas describen el efecto indirecto sobre la abundancia de acociles.

Las videograbaciones sugieren que la carpa crea estrés sobre los acociles. El promedio de desplazamiento en la zona sin carpas fue de 1.08 cm/seg a diferencia del sitio con carpas que fue de 1.8 cm/seg. Es así, que los acociles se desplazan más rápido en la zona que presenta carpas, pero aunque exista estrés los acociles siguen prefiriendo las plantas para refugiarse. Esto puede afectar a los acociles de diferentes formas, una es que al estar sujetos a un estrés constante tanto por el recurso como por el hábitat, el organismo gaste más energía en desplazarse o refugiarse. Esto se puede reflejar tanto en la energía destinada al crecimiento como a la reproducción. Es decir, cuando el organismo no destina la suficiente energía requerida para los diversos procesos biológicos (crecimiento, reproducción y alimentación) el efecto puede llegar a afectar la población, y si el estrés es muy intenso puede colapsar la población (Hobbs *et al.*, 1989). Con esto se puede observar que el estrés generado por las carpas va en dos sentidos, por un lado afecta el hábitat, y por otro crea un cambio en la conducta de los acociles (Fig. 15).



**Fig. 15.** Efecto indirecto en el comportamiento del acocil, generado por la carpa al alimentarse de organismos bentónicos en zonas con macrofitas enraizadas y sumergidas. Las líneas completas indican las relaciones directas. Las líneas punteadas indican el efecto indirecto hacia la población de acociles.

Es así que la introducción de la carpa en México genera una serie de problemas ecológicos. Los cuales, como en este caso, afectan negativamente a las especies nativas (en algunos casos endémicas), modificando tanto su

distribución como su permanencia en los diversos cuerpos dulceacuícolas. También es importante mencionar que las plantas analizadas en este trabajo son refugio y hábitat de muchas especies más (ajolote, charal, insectos acuáticos, ranas, sapos, etc.). Estas especies también se pueden ver afectadas por la presencia de la carpa. En función de lo mencionado se puede concluir que la introducción de especies exóticas no es una cuestión trivial, sino que involucra una serie de variables que deben ser analizadas con anticipación antes de ser liberadas en los ecosistemas dulceacuícolas mexicanos.

Por lo antes analizado, es necesario realizar más investigaciones que permitan, a su vez, generar más información referente a la conservación de cuerpos de agua dulce, así como el manejo y protección de tanto de especies nativas como endémicas. Por otro lado, si se desea cosechar o cultivar acociles de la especie *C. montezumae* variedad *lermensises* preferible no cultivar carpa en el mismo sitio. Junto con esto es preferible tener una alta diversidad de plantas en los bordos, ya que permitirá tener una gran riqueza de invertebrados y vertebrados, así como buenas condiciones en la calidad del agua. También es importante resaltar el papel ecológico que presentan actualmente los embalses de bordos en el Altiplano Mexicano, ya que por la constante destrucción de los grandes cuerpos de agua, estos embalses son los últimos sistemas en los que podrán sobrevivir especies como el acocil.

Por lo anterior, es de carácter prioritario que los programas de cultivo e introducción de especies exóticas en México sean analizados desde un punto de vista de las interacciones y relaciones tróficas, y no solamente desde un aspecto productivo, como se ha hecho siempre. Esto permitirá controlar y minimizar el impacto que producen las especies exóticas en los ecosistemas mexicanos y particularmente los acuáticos.

## VII.- Conclusiones

Las carpas modifican la abundancia y distribución de los acociles en los embalses someros del Edo. de México.

La distribución y abundancia de acociles está relacionada directamente con la diversidad y abundancia de la vegetación sumergida y enraizada contenida en los diferentes embalses de bordos.

El hábitat preferencial en embalses de bordos para el acocil *C. montezumae* variedad *lermensis* es la vegetación de tipo enraizada emergente como *M. verticillatum*, *E. americana*, *H. verticillata* y las sumergidas como *Potamogeton* sp. y *Cladophora* sp.

Los elementos encontrados en el contenido estomacal de la carpa (*C. carpio*) en embalses del Alto Lerma son: detritus, semillas, tejido vegetal, larvas de dípteros y algas clorofitas. La proporción de estos elementos varía dependiendo de la densidad de carpas así como su edad. La poca presencia de acociles en el contenido estomacal de carpas, sugiere que la relación depredador-presa es circunstancial, y que por lo tanto esta interacción directa no debe de estar afectando en gran medida la población de acociles. Por lo tanto, el efecto negativo que se presenta sobre los acociles es debido a efectos indirectos, es decir la carpa genera la destrucción y fragmentación del hábitat de dichos crustáceos, al modificar variables tales como la turbidez de la columna de agua y la cobertura de macrofitas sumergidas.

Los acociles presentan un patrón de distribución aleatorio en plantas sumergidas como *Potamogeton* sp. y *Cladophora* sp., en bordos donde predominan tanto las plantas sumergidas como la ausencia de carpas. Por el

contrario en bordos donde la vegetación sumergida es escasa, predominan las plantas libres flotadoras como *N. advena* y existen carpas, los acociles no presentan un patrón de distribución definido.

Las carpas con biomasa mayor a 100 g crean un estrés sobre los acociles que se refleja en un incremento en la velocidad desplazamientos.

### VIII.-Literatura citada

- Anderson, J.H. 1950. Some aquatic vegetation changes following fish removal. *J. Wild. Mgmt.* **14**: 206-209.
- Anderson, G., H. Bergger, G. Cronberg y C. Gelin. 1978. Effects of planctivorous and benthivorous fish on organisms and water chemistry in eutrophic lake. *Hydrobiologia.* **59**: 9-15.
- Barko, J.W., M.S. Adams y N.L. Clesceri. 1986. Environmental factors and their consideration in the management of submersed aquatic vegetation. review. *J. Aquat. Plant. Mgmt.* **24**: 1-40.
- Begon, M., J.L. Harper y C.R. Townsend. 1996. *Ecology.* Blackwell Science. Londres. 1068 pp.
- Breukelaar, A., E. Lammens, J. Breteler e I. Tatrai. 1994. Effects of benthivorous bream (*Abramis brama*) and carp (*Cyprinus carpio*) on sediment resuspension and concentrations of nutrients and chlorophyll *a*. *Fresh. Biol.* **32**: 112-121.
- Cahn, A.R. 1929. The effect of carp on a small lake: The carp as dominant. *Ecology.* **10**: 271-274.
- Cline J.M., T.L. East y S.T. Threlkeld. 1994. Fish interactions with the sediment-water interface. *Hydrobiologia.* **275/276**: 301-302.
- Covich, A.P. 1978. Spatial and temporal patterns of foraging activity among radio-monitored crayfish. En: 26th Annual Meeting of North American Benthological Society. 350 pp.

contrario en bordos donde la vegetación sumergida es escasa, predominan las plantas libres flotadoras como *N. advena* y existen carpas, los acociles no presentan un patrón de distribución definido.

Las carpas con biomasa mayor a 100 g crean un estrés sobre los acociles que se refleja en un incremento en la velocidad desplazamientos.

### VIII.-Literatura citada

- Anderson, J.H. 1950. Some aquatic vegetation changes following fish removal. *J. Wild. Mgmt.* **14**: 206-209.
- Anderson, G., H. Bergger, G. Cronberg y C. Gelin. 1978. Effects of planctivorous and benthivorous fish on organisms and water chemistry in eutrophic lake. *Hydrobiologia.* **59**: 9-15.
- Barko, J.W., M.S. Adams y N.L. Clesceri. 1986. Environmental factors and their consideration in the management of submersed aquatic vegetation. review. *J. Aquat. Plant. Mgmt.* **24**: 1-40.
- Begon, M., J.L. Harper y C.R. Townsend. 1996. *Ecology.* Blackwell Science. Londres. 1068 pp.
- Breukelaar, A., E. Lammens, J. Breteler e I. Tatrai. 1994. Effects of benthivorous bream (*Abramis brama*) and carp (*Cyprinus carpio*) on sediment resuspension and concentrations of nutrients and chlorophyll *a*. *Fresh. Biol.* **32**: 112-121.
- Cahn, A.R. 1929. The effect of carp on a small lake: The carp as dominant. *Ecology.* **10**: 271-274.
- Cline J.M., T.L. East y S.T. Threlkeld. 1994. Fish interactions with the sediment-water interface. *Hydrobiologia.* **275/276**: 301-302.
- Covich, A.P. 1978. Spatial and temporal patterns of foraging activity among radio-monitored crayfish. En: 26th Annual Meeting of North American Benthological Society. 350 pp.

- Crivelli, A.J. 1981. The biology of common carp in the Camargue, Southern France. *J. Fish. Biol.* **18**: 271-290.
- Crivelli, A.J. 1983. The destruction of aquatic vegetation by carp. *Hydrobiologia*. **106**: 37-41.
- Cronin, G. 1998. Feeding choice of a generalist crayfish. En: E. Jeppesen, M. Sondergaard, N. Sondergaard y K. Christoffersen (eds) *The structuring role of submerged macrophytes in lakes*. Springer, Nueva York. 307-317 pp.
- Crowder, A. y D.S. Painter. 1991. Submerged macrophytes in Lake Ontario: Current knowledge, importance, threats to stability and neede studies. *Can J. Aquat. Sci.* **48**(8): 1539-1545.
- Daniel, W.W. 1978. Applied nonparemetric statistics. Houghton Mifflin Company. Boston. 505 pp.
- Dabrowki, K. y R. Bardega. 1984. Mouth size and predicted food size preferences of larvae of three cyprinid fish species. *Aquaculture*. **40**: 41-46.
- Dabrowki, K., R. Bardega y R. Przedwojski. 1983. Dry diet formulation study with common carp (*Cyprinus carpio*) larvae. *Zeuschrift für Tierphysiologie. Tiernahrung and Futtermittelkunde*. **50**: 40-52.
- Engel, S. y S.A. Nichols. 1994. Aquatic macrophyte growth in a turbid windswept lake. *J. Fresh. Ecol.* **9**: 97-109.
- Fletcher, A.R., A.K. Morison y D.J. Hume. 1985. Effects of carp, *Cyprinus carpio* L., on communities of aquatic vegetation and turbidity of waterbodies in the Lower Goulburn River Basin. *Aust J. Mar. Freshwat. Res.* **36**: 311-327.
- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*, México. 250 pp.
- García, L.M. e I.R. Adelman. 1985. An in situ estimate of daily food consumption and canal evacuation rates of common carp (*Cyprinus carpio*). *J. Fish Biol.*, **18**: 271-290.

- Hansen A.M. , J.V. Christensen y O. Sortkjaer. 1991. Effect of high pH on zooplankton and nutrients in fish-free enclosures. *Arch. Hydro.* **123**: 143-64.
- Hasan, M.R. y D.J. Macintosh. 1992. Optimum food size in relation to body size of common carp *Cyprinus carpio* L.. *Fry. Aquat. Fisher. Mgmt.* **23**: 315-325.
- Hernández, A., Ma. C. Santiago y P. Loera. 1995. Bordos o microembalses En: G. de la Lanza, J. L. Espino y García-Calderón (eds). *Lagos y Presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo. México D.F. 317 pp.
- Hobbs, H.H. Jr. 1991. Adaptations and convergence in North American crayfishes. En: Trop y A. P. Covich (eds) *Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press, Inc. 858 pp.
- Hobbs, H.H. Jr. 1989. *An illustrated checklist of American Crayfishes (Decapoda: Astacidae, Cambaridae and Parastacidae)*. Smithsonian Institution Press. 236 pp.
- Hobbs III, H. H. y J. P. Jass. 1991. Trophic relationships of North American freshwater crayfishes and shrimps. *Contrib. in Biol. and Geology, Milwaukee Public Museum, Milwaukee, Wisconsin*. In press.
- Huner, J.V. 1993. *Freshwater crayfish aquaculture in North America, Europe, and Australia*. Food Products Press. Nueva York. 300 pp.
- James, H.T y A.P. Covich. 1996. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press. 857 pp.
- James, W.F. y J.W. Barko. 1990. Macrophyte influence on the zonation of sediment accretion and composition in a north-temperate reservoir. *Arch. Hydro.* **120**: 129-142.
- Jones, C.G., J.H. Lawton y M. Shachak. 1997. Positive and negative effects of organism as physical ecosystem engineers. *Ecology.* **78**: 1946-1957.
- Lammens, E.H. 1991. The role of cyprinids in ecosystems. En: Winfield I.J. y C.R. Townsend (eds) *Cyprinid fishes*. Systematic, biology and exploitation. Chapman and Hall. Londres. 552-571 pp.

- Lodge, D.M. 1991. Herbivory on freshwater macrophytes. *Aquat. Bot.* **41**: 195-224.
- Lodge, D.M. y J.G. Lorman. 1987. Reduction in submersed macrophyte biomass and species richness by the crayfish *Orconectes rusticus*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **44**: 591- 597.
- Lorman, J.G. y J.J. Magnuson. 1978. The role of crayfishes in aquatic ecosystems. *Fisheries*, **3**: 8-10.
- Maitland, P.S. y R. Campbell. 1992. *Fresh water Fishes*. Londres. 218 pp.
- McCrimon, H.R. 1986. Carp in Canada. *Bull. Fish. Res. Bd Can.* 165 pp.
- Mills, E.L., J.L. Confer y R.C. Ready. 1984. Prey selection by young yellow perch: the influence of capture success, visual acuity, and prey choice. *Trans. Am. Fish. Sci.* **6**: 79-92.
- Miller, E. y Ch. Kerfoot, 1987. Redifining Indirect Effects. En: Kerfoot, Ch. and Sih, A. *Predation Direct and Indirect Impacts on Aquatic Communities*. Nueva Inglaterra. 386 pp.
- Milstein, A., B. Hefher y B. Teltsch, 1987. The effect of fish species combination in fish ponds on plankton composition. *Aquat. Fish. Mgmt.* **19**: 127-37.
- Moss, B. 1988. *Ecology of Freshwater, Man and medium*. Blackwell. 417 pp.
- Mújica, E. 1987. Los cuerpos de agua continentales adecuados para el cultivo de carpa. *Rev. Mex. de Acuac.* **9**: 7-10.
- Newman, R.M. 1991. Herbivory and detritivory on freshwater macrophytes by invertebrates: a review. *J. North Am. Benth. Soc.* **10**: 89-114.
- Niederholzer, R. y R. Hofer. 1991. Interspecific interactions. En: Winfield I.J. y C.R.Towsend (eds) *The role of cyprinids in ecosystems. Cyprinid fishes. Systematic, biology and exploitation*. Chapman and Hall. London. 530-551 p.

- Persson, L. 1991. Interspecific interactions. En: Winfield I.J. y C.R.Townsend (eds) *The role of cyprinids in ecosystems. Cyprinid fishes. Systematic, biology and exploitation*. Chapman and Hall. London. 530-551 p.
- Prejs, A. 1991. Interspecific interactions. En: Winfield I.J. y C.R.Townsend (eds) *The role of cyprinids in ecosystems. Cyprinid fishes. Systematic, biology and exploitation*. Chapman and Hall. London. 530-551 p.
- Renfro, W. 1962. Small beam net for sampling post larva shrimp. *US. Fish. and Wild Service. Circ.* 161: 86-87.
- Robel, R.J. 1961. Water depth and turbidity in relation to growth of sago pond. *J. Wildl. Mgmt.* 25: 436-438.
- Scheffer, M., S.H. Hosper, M.L. Meijer, B. Moss y E. Jeppesen. 1993. Alternative equilibria in shallow lake. *TREE.* 8: 275-279.
- Spataru, P., G.W. Wohlfarth y G. Hulata. 1983. Studies in the natural food of different fish species in intensively manured polyculture ponds. *Aquaculture.* 35 : 283-298.
- Stein, R.A. y J.F. Kitchell. 1975. Selective predation by carp (*Cyprinus carpio*) on benthic molluscs in Skador Lake, Yugoslavia. *J. Fish. Biol.* 7: 391-399.
- Strauss, S.Y. 1991. Indirect effects in community ecology: Their definition, study and importance. *TREE.* 6(7): 206-210.
- Tatrai, I. y V. Istvanovics. 1991. The role of cyprinids in ecosystems. En: Winfield I.J. y C.R.Townsend (eds) *Cyprinid fishes. Systematic, biology and exploitation*. Chapman and Hall. Londres.
- Tatrai, I. 1987. The role of fish and benthos in the nitrogen budget of Lake Balaton, Hungary. *Arch. Hydro.* 110: 291-302.
- Thorpe J.E. y J.W. Wankowski. 1979. Feed presentation and food particle size for juvenile Atlantic salmon *Salmo salar*. En: *Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, Vol.1. ed. by J. E. Halver, K. Tiews, H. Heenermann GmbH y Co. Berlín. 501-513 pp.

- Thorp, J.H. y A.P. Covich. 1996. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press, Nueva York. 858 pp.
- Timms, R.M. y B. Moss. 1984. Prevention of growth of potentially dense phytoplankton population by zooplankton grazing, in the presence of zooplanktivorous fish, in a shallow wetland ecosystem. *Limn. Ocea.* 29: 472-486.
- Vaas, F.F. y A. Vaas Oven. 1959. Studies on the production and utilisation of natural food in Indonesian carp ponds. *Hydrobiologia.* 12: 308-392.
- Valdéz González, A. y J. Montemayor. 1995. Predation potential of some aquatic insects (Pantala, Coenagrion, Tropisternus, Notonecta and Sigara) on common carp fry. *J. App. Aqua.* 25: 77-82.
- Villalobos, F.A. 1953. Distribución geográfica y notas ecológicas de los camarinos mexicanos. *Memoria del Congreso Científico Mexicano*. IV. Centenario de la Universidad de México. 7: 343-374.
- Villalobos, F.A. 1983. *Crayfish of Mexico (Crustacea: Decapoda)*. Smiths. Inst. Librar. Washington. 276 pp.
- Westlake, D.F. 1971. Water plants and the aqueous environment. *Biol. Hum. Aff.* 36: 10.
- Wetzel, R.G. 1983. *Limnology*. Sanders College Publishing. Londres. 762 pp.
- Wood, C.S. y S.A. Ghamudi. 1985. Study of shallow carp (*Cyprinus carpio* L.) pond and relevance to inland fish farming in Libyan Jamahiriya. *Aquaculture.* 44: 125-131.
- Zambrano-González L. y M. Tapia. 1998. Estudio ecológico y social del cultivo de carpas en Acambay, Estado de México. Reporte técnico presentado a Biodiversity Support Program (programa conjunto entre World Wildlife Fund, The Nature Conservancy y World Resources Institute con fondos de U.S.A.I.D). 104 pp.
- Zambrano-González L., M.R. Perrow, C. Macías y V. Aguirre. 1999. Impact of introduce carp (*Cyprinus carpio*) in subtropical shallow ponds in central Mexico. *J. Aquat. Eco. Stre. and Recov.* In press.

Zur, O. 1980. The importance of Chironomid larvae as natural feed and as a biological indicator of soil conditions in ponds containing common carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Sarothero aureus*) *Bamidgeh*. **32(1)**: 66-77.